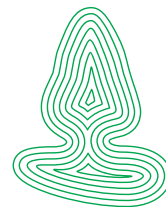


Oppdragsrapport
fra Skog og landskap

09/2012



KLIMAOPTIMALT SKOGBRUK

En vurdering av utvalgte skogskjøtseltiltak
i Akershus fylke

Gunnhild Søgaard og Aksel Granhus

skog+
landskap

NORSK INSTITUTT FOR
SKOG OG LANDSKAP



Rapport til ekstern oppdragsgiver fra Skog og landskap

Postboks 115, 1431 Ås. Telefon 64 94 80 00

www.skogoglandskap.no

Tittel: Klimaoptimalt skogbruk En vurdering av utvalgte skogskjøtseltiltak i Akershus fylke	Nr. i serien: 09/2012	Dato godkjent av oppdragsgiver: 22.8.2012			
Forfatter: Gunnhild Søgaard Aksel Granhus	Antall sider: 39 s (inkl. vedlegg)				
Forfatterens kontaktinformasjon: Gunnhild Søgaard gunnhild.sogaard@skogoglandskap.no Tlf. 64 94 90 51 Aksel Granhus aksel.granhus@skogoglandskap.no Tlf. 64 94 90 61					
Oppdragsgiver: Akershus Fylkeskommune	Prosjektnr. Skog og landskap / Kontraksdato 347051-0	Tilgjengelig: Lukket: Begrenset: Åpen: X			
Andel privat finansiering:					
Sammendrag: <p>Aktuelle skogskjøtseltiltak er vurdert med hensyn på effekten på karbonlagring og karbonoptak i Akershus. Analysene er basert på areal- og skogdata fra Landsskogtakseringen, og prognoser som framskriver skogtilstanden med hensyn på volum, tilvekst og biomasse i en hundreårsperiode ut fra definerte forutsetninger om skogbehandling. Vurderte tiltak er økt plantetetthet, endret avvirkningsnivå og økt omløpstad, tynning, uttak av hogstavfall til energiformål, og gjødsling. I tillegg er andre aktuelle tiltak kort omtalt.</p> <p>Det har i hele perioden 1920 – 1999 vært en økning i stående volum i Akershus, med totalt stående volum i Akershus på 31,9 mill. m³, og årlig tilvekst på nærmere 1,3 mill. m³ i siste fylkestakst (1999). Omregnet til CO₂-ekvivalenter utgjør den levende trebiomassen i skog 54,5 mill. tonn, mens årlig brutto tilvekst er på nærmere 1,9 mill. tonn CO₂.</p> <p>Hovedeffektene av ulike skjøtseltiltak er sammenstilt i tabellen under. Disse viser at det gjennom økt fokus på en klimarettet skogskjøtsel vil være mulig å øke CO₂-bindingen i skogen i vesentlig grad. Gjennom høsting av hogstavfall og økt tynning og gjødsling er det rom for å ta ut et større energipotensiale fra skogen enn det som utnyttes i dag. Tiltak som øker skogproduksjonen vil på sikt kunne gi grunnlag for substitusjonseffekter utover dette, men slike effekter har vi ikke vurdert spesifikt her.</p>					
	Effekt på CO₂-binding (mill. tonn CO₂-ekv.)		Substitusjons-effekt per år		
Tiltak	20 år	90 år	Energi-mengde TWh	Mill. tonn CO₂-ekv.	Merknad
Økt plantetetthet	Marginal	+5 til +12	Ikke vurdert	Ikke vurdert	Økende effekt med økende plantetetthet
Økt omløpstad - 30 år	+5 til +6	+6 til +9	Ikke vurdert	Ikke vurdert	Redusert avvirkning på kort sikt. Avtagende tilvekst på lang sikt
Bruk av hogstavfall til bioenergi	-	-	0,53	0,13	Forutsetter at hogstavfall erstatter olje i fyringsanlegg
Tynning	Reduksjon, avhengig av tynningsintensitet og plantetetthet		0,12-0,62	0,03-0,15	Forutsetter utnytting av stammevirke til energi
Gjødsling	+0,38	+1,75	0,08	0,02	Substitusjon = uttak av hogstavfall

Opgaver fra skogfondsstatistikken og resultatkontrollen viser at det plantes med underoptimal tetthet i dag, både ut fra et mål om optimal verdiproduksjon og økt karbonbinding på skogarealet. Ved å øke plantetettheten fra dagens nivå til anbefalt nivå for optimal verdiproduksjon, vil effekten på karbonopptaket være marginal i et kortsiktig perspektiv mens en i et 90-års perspektiv vil kunne øke den årlige tilveksten i fylket med ca. 70 000 m³ og stående skogbiomasse med ca. 5 mill. tonn CO₂-ekvivalenter i forhold til prognoser der dagens plantetetthet forutsettes. Ved å øke plantetettheten til et nivå utover dagens anbefalinger (alternativet «klimaskog», jf. fig 6, s 15) vil forskjellen i stående biomasse øke ytterligere, tilsvarende en differanse på ca. 12 mill. tonn CO₂-ekvivalenter i forhold til nivået med dagens planteinnsats.

Sluttavvirkningen i Akershus har ligget på nivå med netto balansekvantum over lengre tid. Det synes derfor ikke å være rom for å øke den totale avvirkningen på kort sikt.

Den hogstmodne skogen i fylket er heller ikke så overårig som i landet som helhet, og en forlengelse av omløpstiden med 30 år vil gi positiv effekt på stående volum. Økningen i forhold til å avvirke ved normal hogstmodenhetsalder tilsvarer 6-9 mill. tonn CO₂-ekvivalenter ved slutten av prognoseperioden (90 år), avhengig av forutsetningene om plantetetthet i prognosene. En slik forlengelse av omløpstiden vil redusere tilgjengelig volum for sluttavvirkning på kort sikt. En større andel virke vil i så fall måtte tas ut gjennom tynninger og hogst av furu, dersom en vil opprettholde dagens hogstkvantum de nærmeste tiårsperiodene. En forlengelse av omløpstiden ut over 30 år vil føre til betydelige negative effekter på tilgjengelig kvantum på kort sikt, og vil på lang sikt redusere årlig tilvekst vesentlig.

De fleste tiltakene vil i større eller mindre grad påvirke tilvekst og stående biomasse. Her står uttak av hogstavfall fra vanlig avvirkning i en særstilling ved at stående skogbiomasse eller tilvekst ikke påvirkes ved uttak av inntil 70 % av biomassen. Med dagens avvirkningsnivå er det et biologisk potensial for å høste hogstavfall til bioenergi tilsvarende en energimengde på inntil 0,53 TWh/år (gitt et uttak på 70 %). Dersom en forutsetter at dette energipotensialet erstatter bruk av olje i fyringsanlegg, vil en kunne redusere årlige utslipp i størrelsesorden 0,13 mill. tonn CO₂-ekvivalenter.

Dagens tynningsnivå på om lag 60 000 m³/år utgjør et potensial på 0,12 TWh/år dersom hele uttaket brukes til bioenergi (0,03 mill. tonn CO₂-ekvivalenter). Beregninger basert på fylkestaksten antyder et tynningsbehov på over 400 000 daa, med en overvekt av gran- og lauvskog på middels og høy bonitet. Det langsiktige produksjonsnivået og fremtidig stående volum påvirkes av antall tynninger og utgangstetthet på skogen før tynning. Ved én tynning, uavhengig av utgangstetthet, vil det totale avvirkningskvantumet kunne økes noe i forhold til et tynningsfritt alternativ, men stående volum og årlig tilvekst reduseres i et 90-års perspektiv. Ved høy plantetetthet kan tynningsaktiviteten øke, og en kan likevel oppnå økt tilvekst og et fremtidig høyt stående karbonlager i skogen.

Det gjødsles svært lite skog i Akershus i dag. Her ligger et betydelig potensial for å øke karbonbindingen på kort og lang sikt. Det samlede CO₂-opptaket vil i løpet av de nærmeste 20 år kunne økes med opp mot 0,38 mill. tonn CO₂ dersom en gjødsler aktuelle vegetasjonstyper og boniteter i hogstklasse IV og V, og forutsetter en årlig tilvekstøkning på 0,15 m³/daa per år i 8 år etter gjødsling. Dersom en holder arealer innenfor markagrensen utenfor, vil det estimerte potensialet for økt CO₂-opptak ligge på 0,29 mill. tonn.

Ansvarlig signatur

Jeg inntar for at denne rapporten er i samsvar med oppdragsavtalen og Skog og landskaps kvalitetssystem for oppdragsrapporter.



.....
Avdelingsdirektør

KLIMAOPTIMALT SKOGBRUK

En vurdering av utvalgte skogskjøtseltiltak i Akershus fylke

Gunnhild Søgaard og Aksel Granhus

Omslagsfoto: Maskinell tynning med flertreaggregat. Aggregatet er fleksibelt. Det kan håndtere trær enkeltvis eller i bunter, og er egnet til å håndtere ulike sortiment. Sagtømmer, massevirke og småvirke til energi kan dermed høstes i samme operasjon. Foto: Gunnhild Søgaard, Skog og landskap.

Norsk institutt for skog og landskap, Pb. 115, NO-1431 Ås

FORORD

Prosjektet ble initiert av Akershus Fylkeskommune. Akershus Fylkeskommune, sammen med Hvam Agroutvikling og Fylkesmannen i Oslo og Akershus, har vært del av en styringsgruppe for prosjektet. Det har vært tre møter med styringsgruppa underveis. To planleggingsmøter (1.12.2011 og 24.1.2012), og et møte hvor et første rapportutkast ble presentert, og videre arbeid med analyser og presentasjon av resultatene ble diskutert (10.5.2012).

Oppdragsrapporten er finansiert av Akershus Fylkeskommune.

Ås, 28.8.2012

Gunnhild Søgaard

Aksel Granhus

SAMMENDRAG

Aktuelle skogskjøtselstiltak er vurdert med hensyn på effekten på karbonlagring og karbonopptak i Akershus. Analysene er basert på areal- og skogdata fra Landsskogtakseringen, og prognoser som framskriver skogtilstanden med hensyn på volum, tilvekst og biomasse i en hundreårsperiode ut fra definerte forutsetninger om skogbehandling. Vurderte tiltak er økt plantetetthet, endret avvirkningsnivå og økt omløpstid, tynning, uttak av hogstavfall til energiformål, og gjødsling. I tillegg er andre aktuelle tiltak kort omtalt.

Det har i hele perioden 1920 – 1999 vært en økning i stående volum i Akershus, med totalt stående volum i Akershus på 31,9 mill. m³, og årlig tilvekst på nærmere 1,3 mill. m³ i siste fylkestakst (1999). Omregnet til CO₂-ekvivalenter utgjør den levende trebiomassen i skog 54,5 mill. tonn, mens årlig brutto tilvekst er på nærmere 1,9 mill. tonn CO₂.

Hovedeffektene av ulike skjøtselstiltak er sammenstilt i tabellen under. Disse viser at det gjennom økt fokus på en klimarettet skogskjøtsel vil være mulig å øke CO₂-bindingen i skogen i vesentlig grad. Gjennom høsting av hogstavfall og økt tynning og gjødsling er det rom for å ta ut et større energipotensiale fra skogen enn det som utnyttes i dag. Tiltak som øker skogproduksjonen vil på sikt kunne gi grunnlag for substitusjonseffekter utover dette, men slike effekter har vi ikke vurdert spesifikt her.

Tiltak	Effekt på CO ₂ -binding (mill. tonn CO ₂ -ekv.)		Substitusjons- effekt per år		Merknad
	20 år	90 år	Energi- mengde TWh	Mill. tonn CO ₂ -ekv.	
Økt plantetetthet	Marginal	+5 til +12	Ikke vurdert	Ikke vurdert	Økende effekt med økende plantetetthet
Økt omløpstid - 30 år	+5 til +6	+6 til +9	Ikke vurdert	Ikke vurdert	Redusert avvirkning på kort sikt. Avtagende tilvekst på lang sikt
Bruk av hogstavfall til bioenergi	-	-	0,53	0,13	Forutsetter at hogstavfall erstatte olje i fyringsanlegg
Tynning	Reduksjon, avhengig av tynningsintensitet og plantetetthet		0,12-0,62	0,03-0,15	Forutsetter utnytting av stammevirke til energi
Gjødsling	+0,38	+1,75	0,08	0,02	Substitusjon = uttak av hogstavfall

Oppgaver fra skogfondsstatistikken og resultatkontrollen viser at det plantes med underoptimal tetthet i dag, både ut fra et mål om optimal verdiproduksjon og økt karbonbinding på skogarealet. Ved å øke plantetettheten fra dagens nivå til anbefalt nivå for optimal verdiproduksjon, vil effekten på karbonopptaket være marginal i et kortsiktig perspektiv mens en i et 90-års perspektiv vil kunne øke den årlige tilveksten i fylket med ca. 70 000 m³ og stående skogbiomasse med ca. 5 mill. tonn CO₂-ekvivalenter i forhold til prognoser der dagens plantetetthet forutsettes. Ved å øke plantetettheten til et nivå utover

dagens anbefalinger (alternativet «klimaskog», jf. fig 6, s 15) vil forskjellen i stående biomasse øke ytterligere, tilsvarende en differanse på ca. 12 mill. tonn CO₂-ekvivalenter i forhold til nivået med dagens planteinnsats.

Sluttavvirkningen i Akershus har ligget på nivå med netto balansekvantum over lengre tid. Det synes derfor ikke å være rom for å øke den totale avvirkningen på kort sikt.

Den hogstmodne skogen i fylket er heller ikke så overårig som i landet som helhet, og en forlengelse av omløpstiden med 30 år vil gi positiv effekt på stående volum. Økningen i forhold til å avvirke ved normal hogstmodenhetsalder tilsvarer 6-9 mill. tonn CO₂-ekvivalenter ved slutten av prognoseperioden (90 år), avhengig av forutsetningene om plantetetthet i prognosene. En slik forlengelse av omløpstiden vil redusere tilgjengelig volum for sluttavvirkning på kort sikt. En større andel virke vil i så fall måtte tas ut gjennom tynninger og hogst av furu, dersom en vil opprettholde dagens hogstkvantum de nærmeste tiårsperiodene. En forlengelse av omløpstiden ut over 30 år vil føre til betydelige negative effekter på tilgjengelig kvantum på kort sikt, og vil på lang sikt redusere årlig tilvekst vesentlig.

De fleste tiltakene vil i større eller mindre grad påvirke tilvekst og stående biomasse. Her står uttak av hogstavfall fra vanlig avvirkning i en særstilling ved at stående skogbiomasse eller tilvekst ikke påvirkes ved uttak av inntil 70 % av biomassen. Med dagens avvirkningsnivå er det et biologisk potensial for å høste hogstavfall til bioenergi tilsvarende en energimengde på inntil 0,53 TWh/år (gitt et uttak på 70 %). Dersom en forutsetter at dette energipotensialet erstatter bruk av olje i fyringsanlegg, vil en kunne redusere årlige utslipp i størrelsesorden 0,13 mill. tonn CO₂-ekvivalenter.

Dagens tynningsnivå på om lag 60 000 m³/år utgjør et potensial på 0,12 TWh/år dersom hele uttaket brukes til bioenergi (0,03 mill. tonn CO₂-ekvivalenter). Beregninger basert på fylkestaksten antyder et tynningsbehov på over 400 000 daa, med en overvekt av gran- og lauvskog på middels og høy bonitet. Det langsiktige produksjonsnivået og fremtidig stående volum påvirkes av antall tynninger og utgangstetthet på skogen før tynning. Ved én tynning, uavhengig av utgangstetthet, vil det totale avvirkningskvantumet kunne økes noe i forhold til et tynningsfritt alternativ, men stående volum og årlig tilvekst reduseres i et 90-års perspektiv. Ved høy plantetetthet kan tynningsaktiviteten øke, og en kan likevel oppnå økt tilvekst og et fremtidig høyt stående karbonlager i skogen.

Det gjødsles svært lite skog i Akershus i dag. Her ligger et betydelig potensial for å øke karbonbindingen på kort og lang sikt. Det samlede CO₂-opptaket vil i løpet av de nærmeste 20 år kunne økes med opp mot 0,38 mill. tonn CO₂ dersom en gjødsler aktuelle vegetasjonstyper og boniteter i hogstklasse IV og V, og forutsetter en årlig tilvekstøkning på 0,15 m³/daa per år i 8 år etter gjødsling. Dersom en holder arealer innenfor markagrensen utenfor, vil det estimerte potensialet for økt CO₂-opptak ligge på 0,29 mill. tonn.

Nøkkelord: Plantetetthet, tynning, gjødsling, sluttavvirkning, hogstavfall, CO₂

INNHold

Forord.....	ii
Sammendrag.....	iii
1. INNLEDNING.....	1
2. MATERIALE OG METODER.....	2
2.1. Datasettet.....	2
2.1.1. Landsskogtakseringens fylkestakst for Akershus.....	2
2.1.2. Framskrivning av hogstklasser.....	2
2.2. Forutsetninger for beregningene.....	3
2.2.1. Netto areal.....	3
2.2.2. Balansekvantum.....	3
2.2.3. Langsiktige avvirkningsberegninger.....	3
2.2.4. Omregning til CO ₂	4
2.2.5. Omregning til TWh.....	4
2.2.6. Middelfeilen.....	5
2.2.7. Tidsperspektiv.....	5
3. RESULTATER.....	6
3.1. Nøkkeltall for Akershus fylke.....	6
3.1.1. Arealfordeling med hensyn på treslag, bonitet mv.....	6
3.1.2. Stående volum og tilvekst.....	7
3.2. Plantetetthet.....	8
3.2.1. Plantetetthet alle treslag og foryngelsesmetoder.....	8
3.2.2. Foryngelsesareal og plantetetthet for gran.....	8
3.2.3. Fremtidige effekter av økt plantetetthet.....	10
3.3. Gjødsling.....	11
3.4. Tynning.....	13
3.4.1. Tynningsbehov og muligheter.....	13
3.4.2. Effekter på tilvekst, stående volum og karbonlager.....	15
3.5. Sluttavirkning.....	16
3.5.1. Nivå på avvirkningen.....	16
3.5.2. Forlenget omløpstid.....	17
3.6. Hogstavfall.....	19
3.7. Andre aktuelle skjøtseltiltak.....	20
3.7.1. Bruk av foredlet plantemateriale.....	20
3.7.2. Treslagsskifte på egnede arealer.....	20
3.7.3. Gjengroing med skog på nye arealer.....	22
3.7.4. Dyrking av energiskog for bioenergi på tidligere dyrket mark.....	23
3.7.5. Ungskogpleie.....	23
3.7.6. Høsting av trevirke utenfor skogen.....	23
4. OPPSUMMERING OG DISKUSJON.....	24
5. REFERANSER.....	28
VEDLEGG 1.....	31
Forutsetninger for prognosene.....	31
Tabell A-C.....	32

1. INNLEDNING

Skog og skogbruk har en viktig rolle i klimasammenheng, både gjennom karbonlagring i skog, og gjennom bruk av råstoff fra skogen som substitusjon for ikke-fornybare kilder. Skogen og skogbrukets rolle har blitt fremhevet i flere dokumenter, blant annet *Klimakur 2020 – tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020* (Anon 2010) og den oppfølgende rapporten *Skog som biomasseressurs* (Haugland mfl. 2011). I den nylig fremlagte stortingsmeldingen *Norsk klimapolitikk* (Miljøverndepartementet 2012) legges det stor vekt på en aktiv, bærekraftig skogforvaltning som et viktig virkemiddel i klimapolitikken. Forvaltning og skjøtsel av skogen vil påvirke både mengden karbon som bindes i skogen, og kvantitet og kvalitet på råstoffgrunnlaget som kan hentes fra skogen. Blant tiltakene som trekkes frem i klimameldingen er bruk av foredlet plantemateriale og økt plantetetthet, gjødsling av skog, og uttak av råstoff fra skogen til bioenergi. I tillegg er det lagt vekt på planting av skog på nye arealer og treslagsskifte.

Formålet med dette prosjektet var å belyse ulike tiltak i skogskjøtselen som kan være aktuelle for Akershus fylke ved et klimaoptimalt skogbruk. I rapporten er det lagt vekt på tiltak som økt plantetetthet, gjødsling, tynning, justert tidspunkt for sluttavvirkning, og høsting av hogstavfall. I tillegg er bruk av foredlet plantemateriale, skog på nye arealer, treslagsskifte, høsting av bioenergi i ungskogpleien og andre relevante skjøtseltiltak drøftet.

2. MATERIALE OG METODER

2.1. Datasettet

2.1.1. LANDSSKOGTAKSERINGENS FYLKESTAKST FOR AKERSHUS

Analysene er basert på Landsskogtakseringens fylkestakst for Akershus 1995 - 1999 (Tomter mfl. 2001). Landsskogtakseringen består av et systematisk nett av permanente prøveflater i et forband på 3x3 km. Alle prøveflater sjekkes på flybilder, og oppsøkes dersom det finnes trær på arealet (med unntak av i bebyggelse, skytefelt mv.). På prøveflatene er det beskrevet en rekke variable angående arealet der prøveflata ligger, og alle trær innenfor et areal på 250 m² er målt. Dataene fra den enkelte prøveflata kan deretter skaleres opp til det areal den enkelte prøveflata representerer. Det samme gjelder for volum.

I de fleste tilfeller gir de permanente prøveflatene et for begrenset datamateriale til å gi tilfredsstillende resultater på fylkesnivå. Materialet suppleres derfor med et visst antall temporære (engangs-) flater i fylkestaksten. Disse legges i tilknytning til de permanente flatene og utgjør til sammen en flateklynge (cluster). I det enkelte fylke utføres disse registreringene i løpet av en femårsperiode. For Akershus vedkommende er registreringene for den beskrevne taksten utført i perioden 1995-99, og data for de permanente flatene som inngår stammer også fra samme tidsrom.

Flateklyngene er lagt ut med 3 km avstand både i retning vest-øst og i retning syd-nord. Hver flateklynge representerer et areal på 900 ha, og omfatter 3 prøveflater med innbyrdes avstand på 300 meter. Den nord-østre flata i hver klynge tilhører det landsomfattende nettet av permanente prøveflater, mens de øvrige flatene er temporære.

Kun produktiv skog med arealanvendelse «skog/utmark» er med i denne analysen (dette arealet omtales heretter som «skogbruksmark»). Det vil si at produktiv skog i for eksempel naturreservat, boligfelt og kraftlinjer er utelatt fra analysen. For at en prøveflate skal defineres som produktiv skogmark må den ligge innenfor et areal på minst 1 daa, som holder kravet til skog, og den må ha en produksjonsevne på minst 1 m³/ha/år.

Beregningene og analysene er supplert med data for skogbehandling og avvirkning innhentet fra resultatkontrollen, Fylkesmannen i Oslo og Akershus (FMOA) og Statistisk sentralbyrå (Landbruksundersøkinga og skogfondstatistikk). Resultatkontrollen er en årlig kontroll av foryngelsesfelter («foryngelseskontroll») som gjennomføres av kommunene. Vi har brukt data fra resultatkontrollen for 2009, 2010 og 2011. Resultatkontrollen er fra og med 2010 utført tre år etter avvirkning (mot to år tidligere), og flatene som er kontrollert i vårt materiale er dermed foryngelsesflater avvirket i perioden 2007 - 2008. For nærmere beskrivelse av resultatkontrollen henvises til Granhus mfl. (2010).

2.1.2. FRAMSKRIVNING AV HOGSTKLASSER

Landsskogtakseringens fylkestakst for Akershus ble gjennomført i perioden 1995 – 1999 (7. omdrev). Det var derfor nødvendig å fremskrive datasettet for å gi et oppdatert bilde av situasjonen i Akershus med hensyn på tynning og gjødslingsbehov i dag. Datasettet er fremskrevet med 10 år, frem til 9. omdrev (2005 – 2009). Hver flate er tilordnet en sannsynlighet for avvirkning basert på en modell utviklet for Landsskogtakseringen data (Antón-Fernández og Astrup 2012). Flater ble valgt ut fra beregnet sannsynlighet for avvirkning i perioden, til gitt avvirkningsvolum ble nådd. Avvirkningsvolumet ble basert på tall for avvirkning av industrivirke i Akershus. Vi har forutsatt at 85 % av omsatt industrivirke kommer fra sluttavvirkning, 10 % fra tynning og 5 % fra annet omsatt virke. Denne fordelingen er basert på tall fra Landbruksundersøkelsene i 1999, 2003 og 2007 (Statistisk

sentralbyrå 2006, 2009, 2010). Stående volum under bark på hver flate er redusert med 16 % for topp og greiner samt miljøhensyn (Hobbelstad 2002).

2.2. Forutsetninger for beregningene

2.2.1. NETTO AREAL

I en undersøkelse av avvirkningsmuligheter i Oslo og Akershus fant Aalde og Gotaas (1999) at 99 % av det produktive skogarealet i Oslo og Akershus ga positiv driftsnetto ved avvirkning. Denne andelen var lite følsom for endringer i pris- og kostnadsnivå. Aalde og Gotaas (1999) konkluderte med at nullområder ikke utgjør noen begrensning av betydning for skogbruksaktiviteten i fylket. Vi har derfor forutsatt at all skogbruksmark er aktuell for skogskjøtseltiltakene som er analysert. Med tanke på gjødsling av skog har vi vurdert det dithen at gjennomføring av tiltaket innenfor markagrensen kan være konfliktfylt i forhold til allmennhetens bruk av marka. For dette tiltaket har vi derfor beregnet potensielt areal både totalt for hele fylket og for skog utenfor markagrensen.

2.2.2. BALANSEKVANTUM

Balansekvantum er beregnet samlet for Oslo og Akershus for tiårsperioder i fylkestakstene. Balansekvantum for perioden 1987 - 1996 er hentet fra fylkestaksten fra 1986 (Tomter 1990), og balansekvantum for årene før 1987 er satt lik dette. Balansekvantum for perioden 1997 til 2096 er beregnet i fylkestaksten fra 1995-99 (Tomter mfl. 2001). Andelen av balansekvantumet for Akershus ble forutsatt som tilsvarende andelen stående volum (91 %). Netto balansekvantum er beregnet ved å trekke 25 % fra brutto balansekvantum. Dette er en vanlig brukt størrelse (Aalde og Gotaas 1999, Gjølshøg og Hobbelstad 2009, Landbruks- og matdepartementet 2009, Haugland og Rosland 2010). Disse 25 % omfatter reduksjoner på grunn av beregningstekniske årsaker, miljøhensyn, forskjellen mellom skogsvirke og salgsvirke (hogstavfall), og ugunstige driftsforhold.

2.2.3. LANGSIKTIGE AVVIRKNINGSBEREGNINGER

Langsiktige avvirkningsberegninger er utført ved hjelp av AVVIRK-2000 (Eid og Hobbelstad 2000). I en AVVIRK-2000 prognose vil det på basis av takstgrunnlaget (her fylkestaksten), forutsetninger for skogbehandling og avvirkningsnivå (beskrevet nedenfor) og modellgrunnlaget, bli beregnet utviklingsbaner for hvert enkelt prøveflate. Disse utviklingsbanene vil danne grunnlaget for den ferdige prognosen.

Noen av de viktigste forutsetningene for skogbehandlingen er plantetetthet, foryngelsesmetode og ventetid (Tabell 1, Figur 6), antall tynninger, og alder for hogstmodenhet. Vi analyserte tre ulike scenario for plantetetthet i gran: 1) dagens nivå, 2) anbefalt plantetetthet, og 3) svært høy plantetetthet, «klimaskog». Dagens nivå er basert på tall fra foryngelseskontrollen og tall for solgte planter til nyplanting. Anbefalt plantetetthet ble satt i henhold til den nye standarden for utplantingstall for Innlandet (Skogbrukets kursinstitutt 2011). Klimaskogalternativet, med svært høy plantetetthet, ble satt til 400 planter/daa. En utplantingstetthet på 400 planter/daa er ansett som øvre grense for det som kan håndteres med rimelig nøyaktighet i funksjoner for vekst og avgang (Raymer mfl. 2011). Gitt en svært høy pris på CO₂ vil optimalt utplantingstall nå dette «taket» uavhengig av bonitet (analysert for bonitet G11 – 17) (Raymer mfl. 2011). For furu og bjørk er plantetallet likt i alle analysene (Tabell 1), og de valgte plantetall er basert på tilrådd plantetall for furudominert skog i *Forskrift for bærekraftig skogbruk* (midtverdi av intervallene angitt i forskriften).

På bonitet 6 – 11 er det ikke lagt inn tynning, på bedre boniteter én tynning (ved treantall over 120 tre/daa). I klimaskogalternativet er det lagt inn én tynning også på bonitet 6 – 11.

Minstekrav til utgangstetthet er satt til 120 tre/daa. I tillegg er det kjørt beregninger med ingen og to tynninger, og med ulikt minstekrav til utgangstetthet.

Hogstmodenhetsalder er satt til nedre aldersgrense for h.kl. V (60 år ved G23 og F23, 70 år ved G20 og F20, osv., og 40 år ved B23, 50 år ved B20, osv.). I tillegg er det kjørt prognoser hvor 30 og 50 år er lagt til hogstmodenhetsalderen.

To strategier for avvirkning i skogen er brukt. For analyser av ulike plantetettheter og hogstmodenhetsaldre er avvirkningen satt til dagens nivå for alle perioder. For analyser av ulike tynningsregimer er avvirkningsnivået basert på balansekvantum.

Fremtidig diameterilvekst er justert ned til 90 %.

Tabell 1. Forutsetninger i prognosene med hensyn på planteantall (Ant), foryngelsesmetode (For) og ventetid (Tid) for ulike treslag og boniteter, for ulike valg av foryngelsesstrategi (dagens plantetall, anbefalt plantetall i ny anbefaling for Hedmark og Oppland, og et «klimaskog»-alternativ). Valgt plantetall for furu og bjørk er identisk i alle scenarioene og er basert på tilrådd plantetall for furudominert skog i Forskrift for bærekraftig skogbruk (midtverdi av intervallene angitt i forskriften). Valgte foryngelsesformer er planting (Pl.), naturlig foryngelse (Nat.) og frøtrestilling (Frø.).

Bon	GRAN						FURU				BJØRK				
	Dagens			Anbefalt			Klima				Anbefalt		Anbefalt		
	Ant	For	Tid	Ant	For	Tid	Ant	For	Tid	Ant	For	Tid	Ant	For	Tid
23	160	Pl.	0	250	Pl.	0	400	Pl.	0	340	Frø.	0	340	Nat.	0
20	160	Pl.	0	250	Pl.	0	400	Pl.	0	265	Frø.	0	265	Nat.	0
17	160	Pl.	0	230	Pl.	0	400	Pl.	0	265	Frø.	0	265	Nat.	0
14	150	Nat.	5	210	Pl.	0	400	Pl.	0	180	Frø.	5	180	Nat.	0
11	130	Nat.	10	160	Nat.	10	400	Pl.	0	180	Frø.	10	180	Nat.	5
8	120	Nat.	15	100	Nat.	15	400	Pl.	0	105	Frø.	15	105	Nat.	5
6	110	Nat.	20	100	Nat.	20	400	Pl.	0	105	Frø.	20	105	Nat.	5

2.2.4. OMREGNING TIL CO₂

Biomassen brukes som utgangspunkt for beregninger av CO₂ opptak i skog. Biomassen er beregnet med tre ulike metoder.

For stående volum og årlig tilvekst i fylkestaksten har vi benyttet ekspansjonsfaktorer for å gjøre om stammevolum til biomasse for hele treet (Viken 2012). Disse ekspansjonsfaktorene er utviklet for norske forhold, og tilpasset for bruk på Landsskogtakseringens flatedatasett. Ekspansjonsfaktorene benytter bestandstreslag, bestandsalder og bonitet som inngang.

I avvirkningsberegningene har vi brukt en versjon av AVVIRK-2000 som beregner også total trebiomasse.

For omgjøring av volum direkte til biomasse (aktuelt for virke til GROT og tilvekst etter gjødsling) har vi tatt utgangspunkt i gjennomsnittlig basisdensitet. Utgangspunktet her er 400 kg/fm³ for gran, 440 kg/fm³ for furu, og 510 kg/fm³ for bjørk (Belbo og Gjølshjøl 2008).

Biomassen regnes videre om til karbon (biomasse*0,5) og dette igjen beregnes om til CO₂ ved omregningsfaktoren CO₂ = karbon*(44/12) (Astrup mfl. 2010).

2.2.5. OMREGNING TIL TWH

Brennverdien for alle treslag er den samme i forhold til vekt og fuktighetsinnhold. Effektiv brennverdi er brennverdien når fordampningsvarmen som behøves for å tørke brenselet og til damp dannet under forbrenningen er trukket fra. Effektiv brennverdi vil derfor avhenge av trevirkets fuktighetsinnhold. Ferskt virke, med 50 % fuktighetsinnhold, har en effektiv brennverdi omkring 2,4 kWh/kg virke (råvekt). Ved fortørking ned til 30 % fuktighet stiger

effektiv brennverdi til 3,5 kWh/kg (råvekt), og ved 20 % fuktighet til 4,1 kWh/kg (råvekt). Vi har brukt fortørking til 30 % fuktighet i beregningene.

Energimengden i forhold til volum avhenger imidlertid av basisdensiteten (definert som tørrvekt på rått volum). Den varierer både mellom treslag, innen samme treslag, og mellom ulike deler av det samme treet. Vi har tatt utgangspunkt i gjennomsnittlig basisdensitet for gran og furu (henholdsvis 400 og 440 kg/m³, Belbo og Gjølsjø 2008) for å beregne rådensitet og effektiv brennverdi per volumenhet (Tabell 2).

Tabell 2. Midlere rådensitet (råvekt i kg per fastkubikkmeter) for gran og furu ved 50 og 30 % fuktighet, og effektiv brennverdi per fastkubikkmeter ved 50 og 30 % fuktighet (henholdsvis 2,4 og 3,5 kWh/kg).

	50 % fuktighet	Effektiv brennverdi	30 % fuktighet	Effektiv brennverdi
Gran	800 kg/m ³	1 920 kWh/m ³	571 kg/m ³	1 999 kWh/m ³
Furu	880 kg/m ³	2 112 kWh/m ³	629 kg/m ³	2 202 kWh/m ³

Ved omregning fra energipotensial til CO₂-ekvivaleneter (aktuelt ved estimering av substitusjonsverdi for GROT og tynningsvirke ved anvendelse til bioenergi) har vi benyttet en faktor på 0,25 mill. tonn CO₂ per TWh (Anon. 2011).

2.2.6. MIDDELFEILEN

Nøyaktigheten av de beregnede arealtall vil være knyttet til antallet prøveflater som inngår i beregningene. Et mål for den tilfeldige feilen er middelfeilen. Forutsatt at feilene kan betraktes som normalfordelte, kan en anta at den virkelige verdien mest sannsynlig vil ligge innenfor et intervall på ± middelfeilen i 67 % av tilfellene (Tomter mfl. 2001).

2.2.7. TIDSPERSPEKTIV

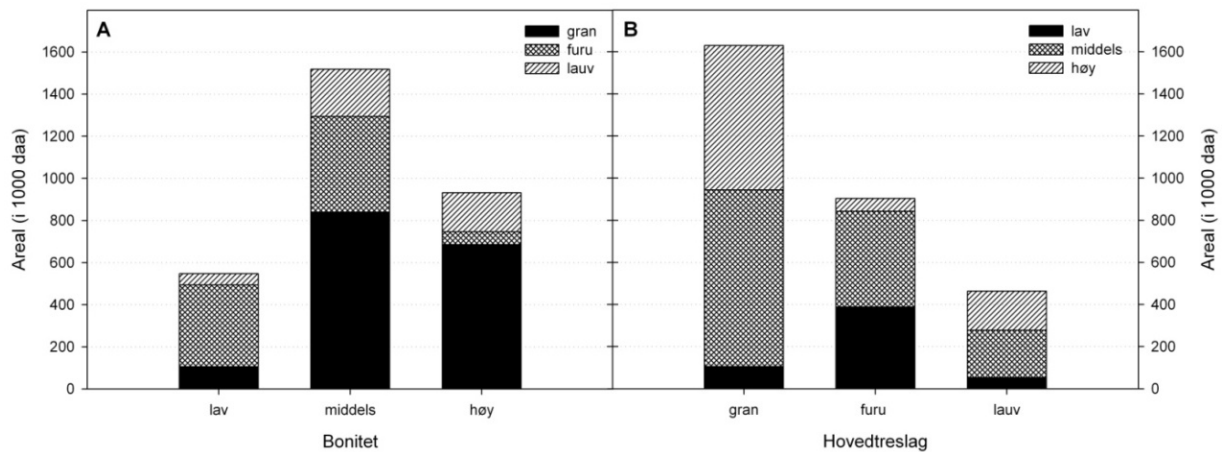
Gjennomsnittlig hogstmodenhetsalder for skogen i Akershus er 92 år. Valgt tidsramme for et langsiktig tidsperspektiv er derfor satt til 90 år. Kort tidsperspektiv er satt til 20 år.

3. RESULTATER

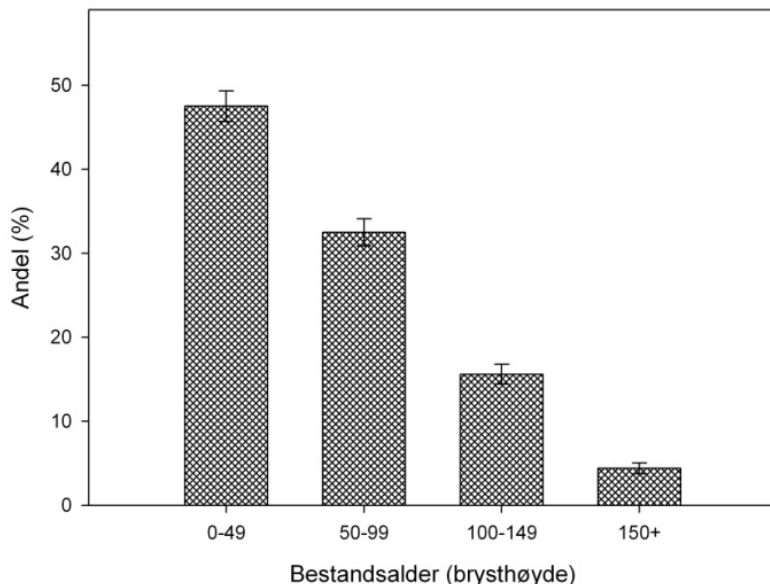
3.1. Nøkkeltall for Akershus fylke

3.1.1. AREALFORDELING MED HENSYN PÅ TRESLAG, BONITET, MV.

Det er i Akershus fylke i alt 3,217 mill. daa skog, hvorav 3,055 mill. daa er produktiv skog. Av det produktive skogarealet i fylket har 2 % en annen arealanvendelse enn skog/utmark (f.eks. naturreservat, boligfelt og kraftlinjer). Arealet som kan defineres som skogbruksmark er dermed på totalt 2,997 mill. daa. Den produktive skogen domineres av granskog og midlere boniteter (Figur 1).



Figur 1. Arealfordelingen med hensyn på bonitet og hovedtreslag på det produktive skogarealet med anvendelse skogbruk.

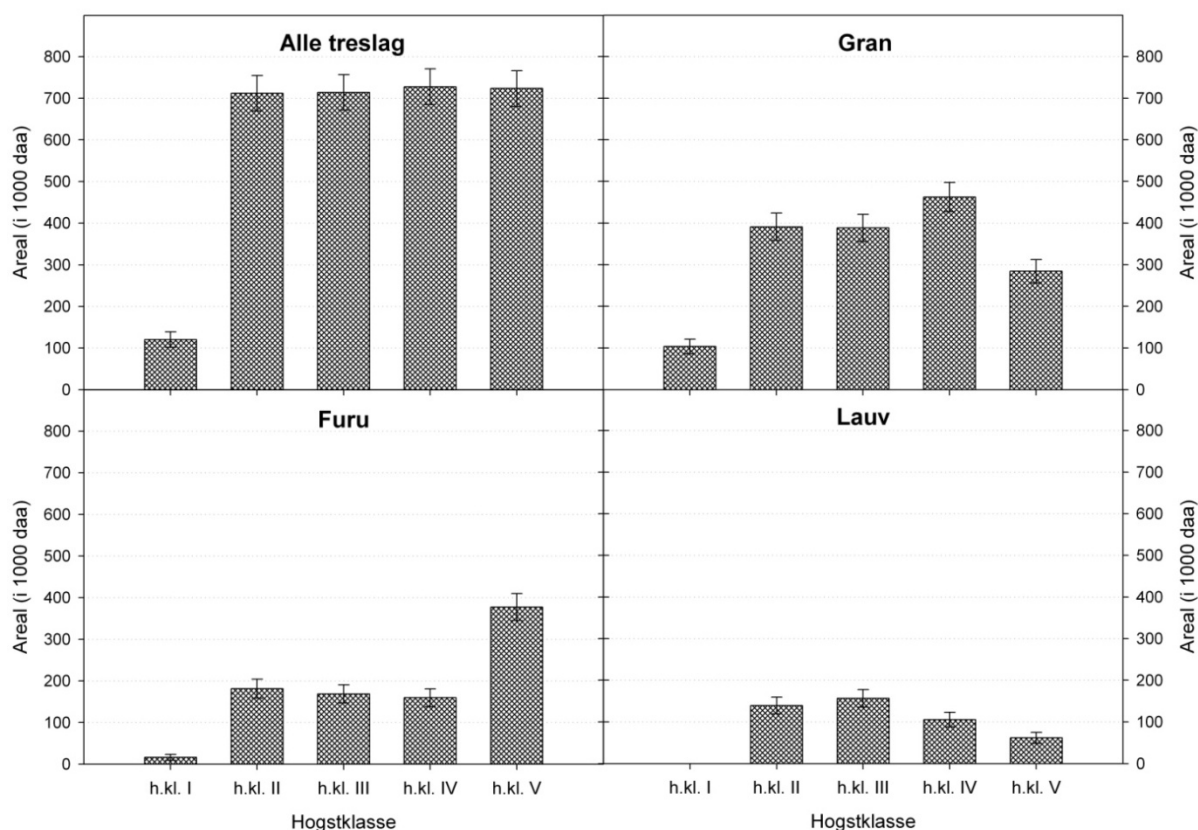


Figur 2. Skogens aldersfordeling (andel i % ± middelfeil), basert på bestandsalder i brysthøyde (kun produktiv skog med anvendelse skogbruk).

Nesten 50 % av den produktive skogen i Akershus er under 50 år (Figur 2). Samtidig er det forholdsvis lite biologisk gammel skog (skog som er vesentlig eldre enn hogstmoden skog).

Andelen biologisk gammel skog er på 6 %. Dette er lavere enn for landet som helhet, hvor biologisk gammel skog utgjør 9 % (Søgaard mfl. 2012).

Samlet sett er fordelingen mellom h.kl. II – V jevn i Akershus (Figur 3). H.kl. II – V utgjør hver 24 %, mens h.kl. I utgjør 4 %. Sammenliknet med fordelingen i all produktiv skog i landet, som er henholdsvis 3, 19, 19, 21 og 39 % for h.kl. I, II, III, IV og V (Søgaard mfl. 2012), er det en betydelig lavere andel hogstmoden skog (h.kl. V) i Akershus. Dersom en ser på de ulike treslagene ser en at h.kl. V er underrepresentert i den grandominerte skogen, mens det er relativt sett mye h.kl. V i den furudominerte skogen. Det er imidlertid forholdsvis mye h.kl. III og IV i grandominert skog som vil bli hogstmoden de nærmeste tiårsperiodene (Figur 3).



Figur 3. Areal (± middelfeil) i de ulike hogstklassene, samlet og fordelt på hovedtreslag (kun produktiv skog med anvendelse skogbruk).

Om skogen ligger innenfor eller utenfor markagrensen kan ha betydning for valg av foryngelsesmetode og hogstform, og for andre tiltak som kan oppleves som negativt i forhold til utøvelse av friluftsliv. Om lag 21 % av den produktive skogen i Akershus ligger innenfor markagrensen (619 000 daa). Hogstklassefordelingen er omtrent som i den øvrige skogen, men med noe høyere andel h.kl. IV og V.

3.1.2. STÅENDE VOLUM OG TILVEKST

Totalt stående volum i Akershus var i fylkestaksten 31,9 mill. m³ under bark, hvorav volumet i den produktive skogen utgjorde 99 % (31,6 mill. m³ under bark). Årlig tilvekst i fylket var nærmere 1,3 mill. m³. Av dette var 69 % i grandominert skog, 21 % i furudominert skog, og 10 % i lauvdominert skog. Stående volum og brutto årlig tilvekst i perioden er omregnet til biomasse og CO₂-ekvivalenter (Tabell 3). Netto årlig tilvekst, endringen i stående volum, vil være brutto årlig tilvekst minus naturlig avgang og avvirkning. Det har i hele perioden 1920 – 1999 vært en økning i stående volum, men med en nedgang for gran i siste del av perioden

(Tomter mfl. 2001). Omregnet til CO₂-ekvivalenter utgjør den levende trebiomassen i skog (inkludert grener, bar, stubbe og røtter) 54,5 mill. tonn, mens årlig brutto tilvekst er på nærmere 1,9 mill. tonn CO₂.

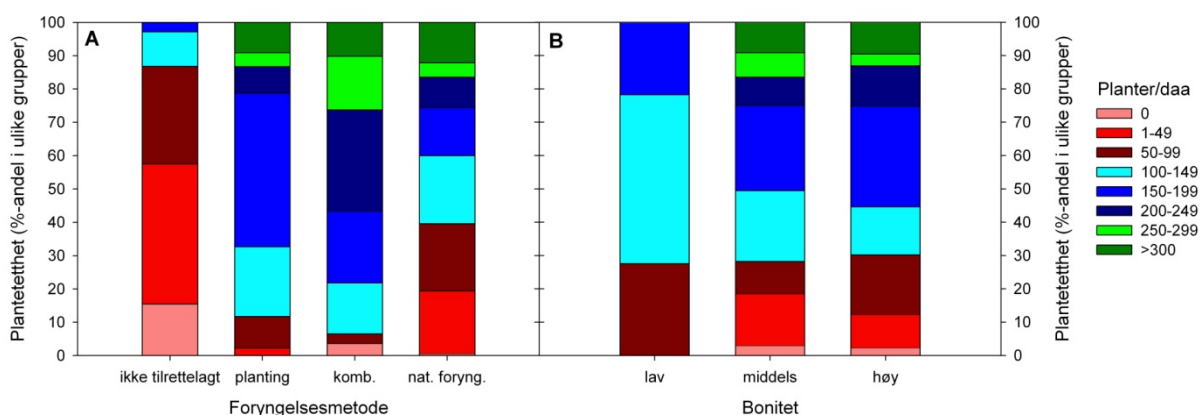
Tabell 3. Oversikt over totalt produktivt skogareal med arealanvendelse skog/utmark, med biomasse i mill. tonn for stående volum og tilvekst (inkludert greiner, topper, bark, nåler, mv.), og biomassen omregnet til CO₂-ekvivalenter. Dette er brutto årlig tilvekst, og ikke det samme som skogen legger på seg (avvirkning og naturlig avgang må trekkes fra). Stående volum og tilvekst er hentet fra fylkestaksten for 1995-99 (ikke fremskrevet).

Hovedtreslag	Areal (1000 daa)	Stående volum		Brutto årlig tilvekst	
		Biomasse (mill. tonn)	CO ₂ -ekv. (mill. tonn)	Biomasse (mill. tonn)	CO ₂ -ekv. (mill. tonn)
Gran	1 630	19,441	35,642	0,717	1,315
Furu	904	7,022	12,873	0,200	0,367
Lauv	464	3,251	5,961	0,118	0,216
Sum	2 997	29,714	54,476	1,035	1,898

3.2. Plantetetthet

3.2.1. PLANTETETTHET ALLE TRESLAG OG FORYNGELSESMETODER

Kontroll av foryngelsesfelt viser at antall levedyktige planter avhenger sterkt av foryngelsesmetode (resultatkontrollen for 2009-2011). Der det ikke er tilrettelagt for foryngelse er plantetallet svært lavt på mesteparten av arealet (under 50 planter/daa). Der arealet forynges ved en kombinasjon av planting og naturlig foryngelse, er plantetettheten høyest (Figur 4A). Plantetettheten er lavere på lave boniteter, enn på middels og høye (Figur 4B). Andelen av foryngelsesarealet hvor det ikke er tilrettelagt for foryngelse utgjør 13 %.

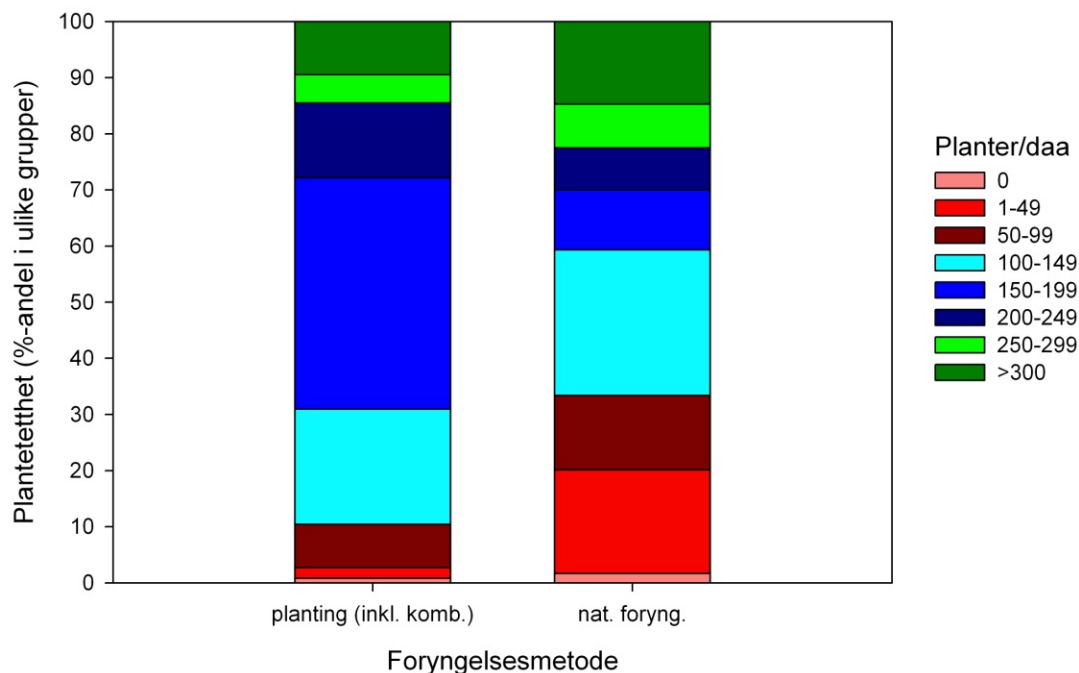


Figur 4. Antall planter/daa for alle treslag, fordelt på foryngelsesmetode (A) og bonitet (B). Plantetallene er fremkommet ved kontroll av foryngelsesfelt to til tre år etter avvirkning (kilde: Resultatkontrollen for 2009-2011).

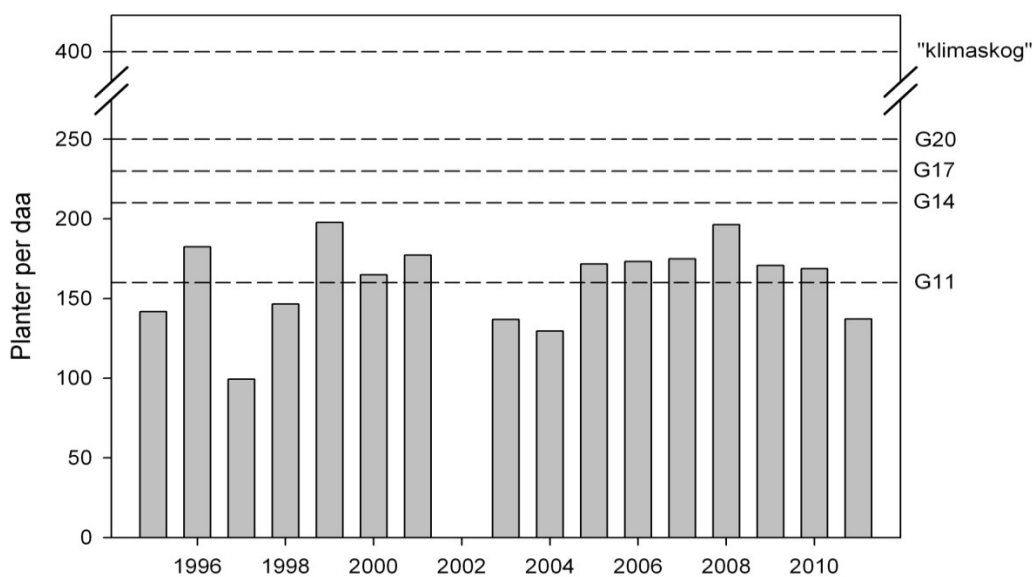
3.2.2. FORYNGELSESAREAL OG PLANTETETTHET FOR GRAN

Av det arealet som var tilrettelagt for foryngelse med gran viser resultatkontrollen at planting, eventuelt planting i kombinasjon med naturlig foryngelse, ble benyttet på 84 % av arealet. Dette tilsvarer et årlig areal som plantes med gran i størrelsesorden 14 000 daa. På om lag 41 % av dette arealet lå plantetallet mellom 150 og 199 planter/daa, på 31 % lavere og på 28 % høyere (Figur 5). Tall for solgte planter til nyplanting indikerer et gjennomsnittlig plantetall/daa på 159 for perioden 2009 – 2011, og 152 for hele tidsserien fra 1995 til 2011 (Figur 6, kilde: FMOA).

Naturlig foryngelse som eneste foryngelsesmåte ble benyttet på 16 % av arealet. Dette tilsvarer et årlig areal på om lag 2 700 daa. Her indikerer resultatkontrollen større spredning i antall planter per daa, med et større areal med god plantetetthet (> 250 planter/daa), men også et større areal med svært lav plantetetthet (< 100 planter/daa) (Figur 5).



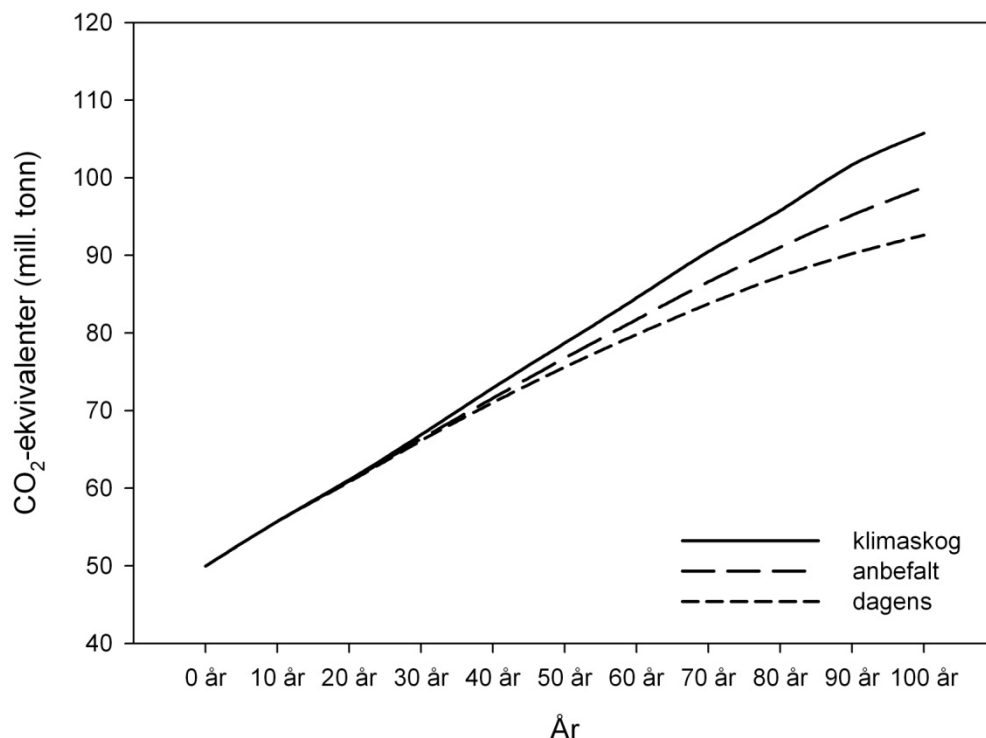
Figur 5. Antall planter/daa for foryngelsesareal med gran som hovedtreslag, fordelt på areal med planting (inkl. areal med kombinasjon av planting og naturlig foryngelse) og areal tilrettelagt for naturlig foryngelse. Plantetallene er fremkommet ved kontroll av foryngelsesfelt to til tre år etter avvirkning (kilde: Resultatkontrollen for 2009-2011).



Figur 6. Data for antall granplanter per dekar med nyplanting i Akershus basert på skogfond (kilde: Fylkesmannen i Oslo og Akershus). De stiplede linjene angir anbefalt utplantingstall per daa for ulike boniteter jamfør ny standard for utplantingstall i gran for Innlandet (Skogbrukets kursinstitutt 2011), og plantetetthet for scenarioriet «klimaskog» (400 planter/daa).

3.2.3. FREMTIDIGE EFFEKTER AV ØKT PLANTETETTHET

Data fra en rekke planteavstandsforsøk i gran viser at tettere planting gir høyere volumproduksjon tidlig i bestandets liv (Braastad 1979, Haveraaen 1981, Handler 1988, Gizachew mfl. 2012). En sammenlikning av tre ulike scenarier for plantetetthet, 1) dagens nivå, 2) anbefalt plantetetthet, og 3) svært høy plantetetthet, «klimaskog», gir da også som forventet at økt plantetetthet gir økt biomasse og dermed mer bundet CO₂ (Figur 7). Økt plantetetthet øker ikke bare mengden CO₂ som er bundet i skogen, men også den langsiktige produksjonsevnen og årlig tilvekst (Tabell 4). Effekten av økt plantetetthet er langsiktig, og det kan forventes enda større effekt av høy plantetetthet i neste omløp, når all skog er forynget på ny.



Figur 7. Utvikling i samlet trebiomasse (omregnet til CO₂-ekvivalenter) gjennom 100 år ved ulike scenarier for plantetetthet. Effekten av ulike plantetettheter er beregnet ut fra en forutsetning om uendret avvirkningsnivå, og at hogst «tillates» ved normal hogstmodenhetsalder.

Tabell 4. Situasjonen for skogen i Akershus etter et omløp (tilsvarer 90 år i figur 7) ved tre ulike scenarier for plantetetthet. Effekten på årlig tilvekst og stående volum ved ulike plantetettheter er beregnet ut fra en forutsetning om uendret avvirkningsnivå, og at hogst «tillates» ved normal hogstmodenhetsalder. Stående volum (stammevolum) er omregnet til total trebiomasse, og videre til CO₂-ekvivalenter.

	Årlig tilvekst (1000 m ³)	Stående volum (1000 m ³)	Biomasse (mill. tonn)	CO ₂ -ekv. (mill. tonn)
Dagens	946	59 241	49,215	90,228
Anbefalt	1 032	62 984	51,927	95,200
Klimaskog	1 117	67 685	55,456	101,669

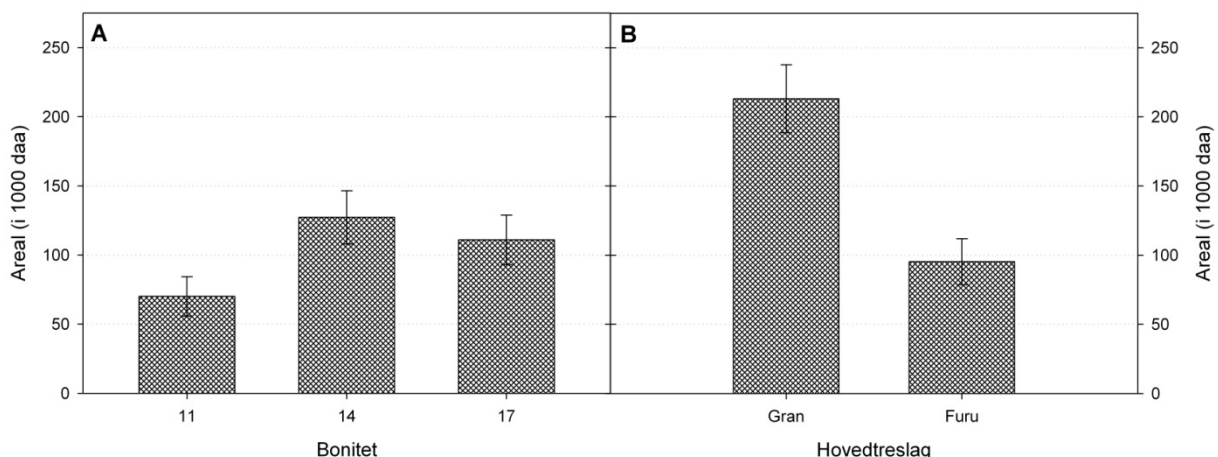
3.3. Gjødsling

Det er gjennomført en rekke gjødslingsforsøk i gran og furuskog på Sør- og Østlandet (Nilsen 2001). Forsøkene viser entydig at tilførsel av nitrogen (N) øker tilveksten. Et større forsøk med ulike gjødseltyper ga økt tilvekst på mellom 0,1 og 0,2 m³/daa i en periode på 6 til 8 år etter gjødsling (gjødsling én gang med 15 kg N/daa). I en forsøksserie med ulike mengder N varierte tilvekstsøkningen fra 0,04 til 0,3 m³ daa/år i en femårsperiode etter gjødsling, med økende tilvekst med økende mengde N. Videre har det blitt vist at en repetert N-gjødsling 5 – 6 år etter første gjødsling kan gi like god eller bedre respons enn første gjødsling. Basert på dette kan en anbefale gjødsling 7 – 8 år før planlagt sluttavvirking, eventuelt før en ny gjødsling (Nilsen 2001). I granbestand ble det en tilleggseffekt av tilførsel av 2-4 kg fosfor (P) og 3-5 kg kalium (K) pr. daa. Det ble ikke funnet tilsvarende tilleggseffekt av P og K i furubestand.

De mest aktuelle skogtyper for gjødsling er gran og furuskog i h.kl. IV, og furuskog i h.kl. V. Effekten er mindre på de aller beste bonitetene der N ikke er en begrensende faktor på samme måte, og på de laveste bonitetene som ofte har liten kubikkmasse per daa vil avkastningen være lav. Arealer på bonitet 11 – 17 er derfor de mest aktuelle for gjødsling.

Det kan være en fordel at jorda har et tykt humuslag. Blåbærskog peker seg dermed ut som en svært aktuell vegetasjonstype, sammen med blokkebær- og bærlyngskog. Det er også på disse vegetasjonstypene, sammen med torvmark med etablert foryngelse, at Norsk PEFC Skogstandard sier at det kan gjødsles for å øke virkesproduksjonen.

I alt 308 000 daa (\pm 29 000 daa) er h.kl. IV i gran- eller furudominert skog, med bonitet og vegetasjonstype som tilsier at det er egnede arealer for gjødsling. Av dette er hovedtyngden grandominert skog, og det er større areal på bonitet 14 og 17 enn bonitet 11 (Figur 8). Av dette arealet er 76 % (234 000 daa) utenfor markagrensen, mens 24 % (74 000 daa) er innenfor.



Figur 8. Aktuelt areal (\pm middelfeil) for gjødsling i h.kl. IV, på vegetasjonstypene blåbær-, blokkebær- og bærlyngskog. Fordelt på bonitetsklassene 11-14 (A) og hovedtreslag (B).

Gjødsling i h.kl. V er fortrinnsvis aktuelt i furuskog. Det er 101 000 daa (\pm 17 000 daa) furudominert skog i h.kl. V i bonitet 11 – 14 på vegetasjonstypene blåbær, blokkebær eller bærlyngskog. Av dette arealet er 82 % (83 000 daa) utenfor markagrensen, mens 18 % (18 000 daa) er innenfor.

Samlet teoretisk økning i stående volum om alt aktuelt areal i h.kl. IV og V gjødsles vil være nærmere 0,5 mill. m³, noe som tilsvarer i underkant av 0,4 mill. tonn CO₂ (Tabell 5). Dersom

en benytter gjødsling kun på areal utenfor markagrensen er potensialet for økt opptak i underkant av 0,3 mill. tonn CO₂ (Tabell 6). Det presiseres at dette er et teoretisk maksimum av én gjødsling på det areal som er i aktuell alder i dag. Deler av arealet vil det antakelig ikke være aktuelt å gjødsle, det være seg på grunn av miljømessige, driftsmessige eller økonomiske forhold. Hvorvidt det er tynnet eller ikke vil også spille en rolle for bestandets egnethet ut fra forventet respons og økonomi i tiltaket.

En årlig økning i tilvekst på 0,15 m³/daa i de aktuelle bestandene utgjør 61 000 m³/år i 8 år. Dette vil komme i tillegg til estimert årlig tilvekst på 0,64 mill. m³ i h.kl. IV og V i gran- og furudominert skog (Tomter mfl. 2001). Totalt gir én gjødsling en økt tilvekst på om lag 0,49 mill. m³ (Tabell 5). Det kan også være aktuelt å gjødsle to ganger i h.kl. IV, og effekten vil da øke ytterligere.

Tabell 5. Alt areal hvor gjødsling kan være aktuelt. Samlet tilvekstøkning i volum, biomasse og CO₂-ekvivalenter forutsatt en gjennomsnittlig økning i tilvekst på 0,15m³/daa/år i 8 år etter gjødsling. I beregningene er det forutsatt én gjødsling.

Treslag	Hogstklasse	Areal (1000 daa)	Økt tilvekst (1000 m ³)	Biomasse (mill. tonn)	CO ₂ -ekv. (mill. tonn)
Gran	IV	213	256	0,102	0,187
Furu	IV	95	114	0,050	0,092
Furu	V	101	121	0,053	0,097
Sum		409	491	0,205	0,376

Tabell 6. Areal utenfor markagrensen hvor gjødsling kan være aktuelt. Samlet tilvekstøkning i biomasse og CO₂-ekvivalenter forutsatt en gjennomsnittlig økning i tilvekst på 0,15m³/daa/år i 8 år etter gjødsling. I beregningene er det forutsatt én gjødsling.

Treslag	Hogstklasse	Areal (1000 daa)	Økt tilvekst (1000 m ³)	Biomasse (mill. tonn)	CO ₂ - ekv. (mill. tonn)
Gran	IV	148	177	0,071	0,130
Furu	IV	86	104	0,046	0,084
Furu	V	83	99	0,044	0,080
Sum		317	380	0,161	0,294

Sett i et lengre perspektiv (80 - 100 år) vil en kunne forutsette at alt areal på de aktuelle boniteter og vegetasjonstyper vil være aktuelt å gjødsle én gang, da normal hogstmodenhetsalder er 80-100 år på bonitetene 11-17. Dette arealet omfatter totalt 1,91 mill. daa som kan gi totalt 2,3 mill. m³ i økt tilvekst om gjødsling utføres. Dette tilsvarer 1,75 mill. tonn CO₂ ekvivalenter, herav om lag 60 % i granskog og resten i furuskog.

Historisk sett har det vært svært lav gjødslingsaktivitet i Akershus. I følge tall fra Statistisk sentralbyrå er det ikke gitt statstilskudd eller brukt skogfond til gjødsling i Oslo og Akershus fra 2001 – 2010. I perioden 1997 – 2000 ble det gitt årlig tilskudd, men arealet det ble gitt tilskudd til var lavt (gjennomsnittlig 337 daa/år).

3.4. Tynning

3.4.1. TYNNINGSBEHOV OG MULIGHETER

Dagens tynningsnivå ligger på om lag 60 000 m³/år. Økt uttak gjennom tynning vil kunne gi mer virke til bioenergi i dag, og bedre kvalitet og dermed høyere substitusjonsverdi senere. Samtidig vil man ved tynning kunne høste en del virke som ellers vil gå tapt gjennom selvtynning. Effekten av tynning på tilveksten avhenger av utgangstetthet, tynningsmetode, tynningsgrad og antall tynninger gjennom omløpet (Nilsson mfl. 2010). Tynningsresponsen vil også påvirkes av faktorer ved bestandet, som grunnvannstand og om trærne har fått utvikle et dypt rotsystem (Skovsgaard 2009). En nyere studie basert på nasjonale data fra Landsskogtakseringen viser at volumtilveksten øker tilnærmet lineært med bestandets tetthet, uavhengig av bonitet og alder (Gizachew og Brunner 2011). Ved et skjøtselregime med sterke tynninger vil den samlede tilveksten på arealet gjennom omløpet derfor gå noe ned. Kortsiktig økning i tilvekst etter tynning kan tilskrives både effekten av fristilling og en gjødslingseffekt fra greiner og topper (Wallentin og Nilsson 2011). Uttak av heltrevirke i forbindelse med tynningshogster er vist å kunne redusere tilveksten etter tynning sammenliknet med uttak av stammevirke (Helmisaari mfl. 2011).

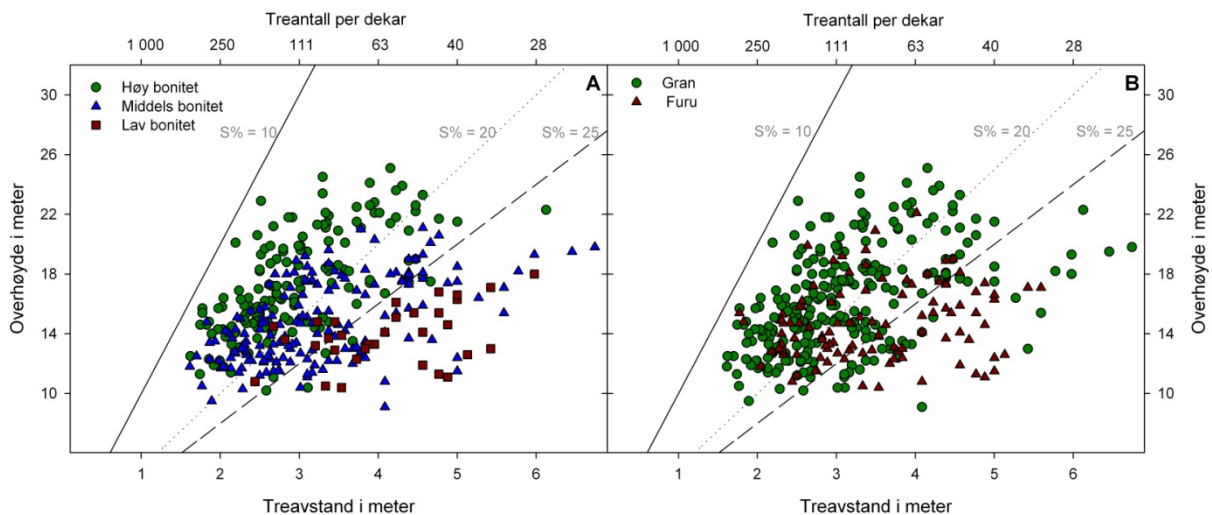
For å bedømme mulighetene for tynning må en ta utgangspunkt i trærnes høyde, da risikoen for kalamiteter grunnet ustabilitet kan være betydelig etter en sen tynning ved stor trehøyde. Tettheten i forhold til høyden spiller også en vesentlig rolle både med hensyn på behovet for tynning som sådan, og risikoen for kalamiteter. Bestandets tetthet uttrykkes derfor gjerne i sammenheng med tynning ved stammetallsprosenten (S-%) som angir gjennomsnittlig treavstand i forhold til høyden av de dominerende trærne i bestandet (overhøyden). Som en tommelfingerregel kan angis at en S-% på over 20 – 25 gir underoptimal produksjon ved at bestandet er for glissent (Fitje 1989), og tynning er da uaktuelt. Vi har i våre analyser forutsatt at arealer som kan være aktuelle for tynning er bestand i h.kl. III og IV med S-% under 20, og hvor trehøyden er mellom 12 og 18 m.

I alt har 34 % av arealet i h.kl. III og IV et tynningsbehov basert på denne definisjonen. Andelen med tynningsbehov er størst i lauv- og grandominert skog, og det er kun tynningsbehov på middels og høye boniteter (Tabell 7). Basert på den opprinnelige fylkestaksten var det et teoretisk tynningsbehov på 403 000 daa (7. omdrev). Forutsatt at den relative fordelingen har holdt seg stabil har dette økt til 426 000 daa for 9. omdrev. Økningen skyldes at det fra 7. til 9. omdrev var en større overgang fra h.kl. II til III, enn fra h.kl. IV til V.

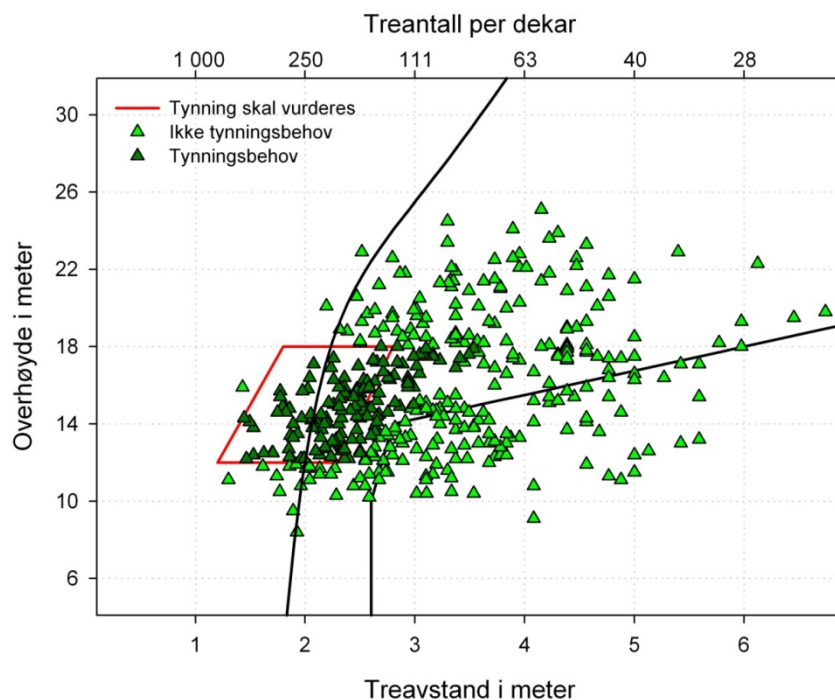
Tabell 7. Andel av arealet i h.kl. III og IV med stammetallsprosent < 20 %, og hvor trehøyden er mellom 12 og 18 m, for hver treslagsgruppe, fordelt på bonitet, sammen med gjennomsnittlig grunnflate og stammetallsprosent for hver gruppe. Tallene er basert på fylkestaksten fra 1995-99 (ikke fremskrevet).

Hovedtreslag	Bonitetsklasse	Andel av areal	Grunnflate (m ² /ha)	S-%
Gran	middels	15 %	24	17 %
	høy	22 %	24	16 %
	sum	37 %	24	16 %
Furu	middels	12 %	20	18 %
	høy	9 %	24	16 %
	Sum	22 %	22	17 %
Lauv	middels	25 %	20	16 %
	høy	17 %	22	14 %
	sum	42 %	21	15 %

Figur 9 viser hvordan Landskogtakseringens prøveflater i h.kl. III og IV fordeler seg i forhold til de kriterier vi har satt (gran og furu), mens figur 10 (alle treslag) viser flatenes spredning i tetthet i forhold til anbefalte grenser for øvre og nedre bestandstetthet ved ulike overhøyde («tynningsslipset»).



Figur 9. Spredningen i tetthet i prøveflater i h.kl. IIIa og IVa, fordelt på A) bonitet, og B) hovedtreslag (grandominerte og furudominerte bestand, lauvskog ikke inkludert). Stammetallprosenten (S-%) på 10, 20 og 25 % er angitt.



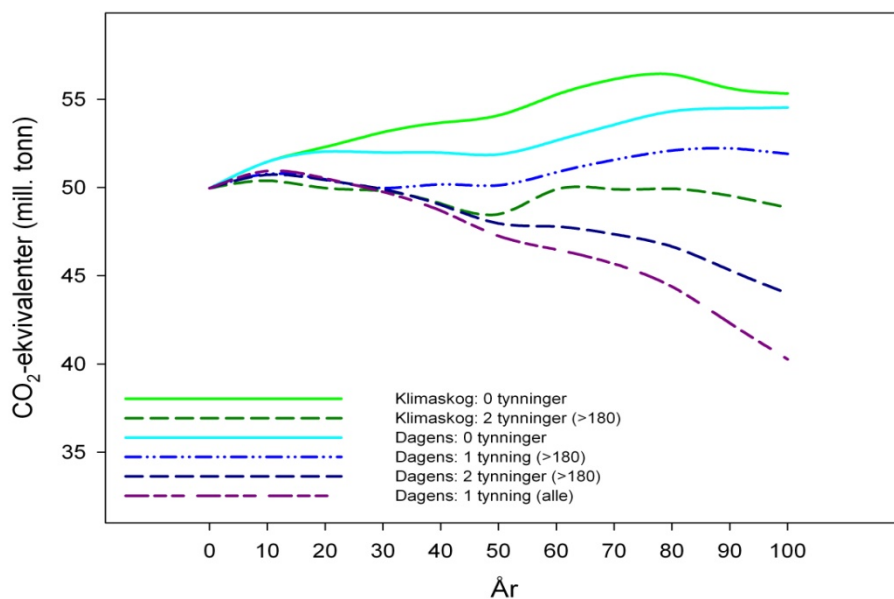
Figur 10. Spredning i tetthet for alle prøveflater i h.kl. IIIa og IVa (alle treslag). Tynningslipsis (svarte linjer) og område hvor det er anbefalt at tynning vurderes (røde linjer) er markert. Prøveflater med stammetallsprosent mellom < 20 % og overhøyde mellom 12 og 18 m er markert med en mørkere grønnfarge.

3.4.2. EFFEKTER PÅ TILVEKST, STÅENDE VOLUM OG KARBONLAGER

Antall tynninger, og hvor de utføres, har stor betydning for den langsiktige produksjonsevnen og stående volum på lang sikt. Utgangstettheten i bestandet er avgjørende. Ved høy plantetetthet vil avvirkningskvantumet kunne økes, og en kan tynne uten å redusere langsiktig produksjonsevne og årlig tilvekst (Tabell 8). Ved kun én tynning i tette bestand kan avvirkningskvantumet økes/opprettholdes uten at langsiktig produksjonsevne eller stående volum påvirkes i stor grad. Ved én tynning uavhengig av utgangstetthet vil avvirkningskvantumet kunne økes noe, men både stående volum og langsiktig produksjonsevne reduseres. Ved en aktiv skogskjøtsel, med høyere utplantingstall og tynning primært i de tetteste bestandene, kan en høste mer tynningsvirke uten å forringe den langsiktige produksjonsevnen (Tabell 8). Teoretisk kan et bærekraftig tynningsuttak på lang sikt økes tilsvarende et energipotensial fra dagens 0,12 TWh/år opp mot 0,62 TWh/år. Figur 11 viser utviklingen i stående karbonlager (mill. tonn CO₂-ekvivalenter) gjennom prognoseperioden ved anvendelse av de samme tynningsalternativene som i tabell 8.

Tabell 8. Effekt på årlig tilvekst, stående volum og årlig gjennomsnittlig hogstkvantum for skogen i Akershus ved tre ulike scenarier for antall tynninger gjennom omløpet (ingen, én og to tynninger), og to alternativ for minimum bestandstetthet før tynning (ingen og > 180). Beregningene er basert på dagens plantnivå, og høy plantetetthet (klmaskog). Effekten på årlig tilvekst er vist for både kort (20 år) og lang sikt (90 år). Årlig hogstkvantum er brutto uttak, og inkluderer også sluttavvirkning. Alle tall er i 1000 m³.

Dagens plantetetthet				
	Årlig tilvekst (20 år)	Årlig tilvekst (90 år)	Stående volum (90 år)	Årlig hogstkvantum
0 tynninger	1 008	987	34 625	992
1 tynning (alle treantall)	1 005	887	25 995	1 031
1 tynning (>180)	1 006	985	32 889	1 000
2 tynninger (>180)	1 007	925	28 166	1 030
Klimaskog				
	Årlig tilvekst (20 år)	Årlig tilvekst (90 år)	Stående volum (90 år)	Årlig hogstkvantum
0 tynninger	1 014	979	35 976	1 034
2 tynninger (>180)	1 007	1 095	30 737	1 123

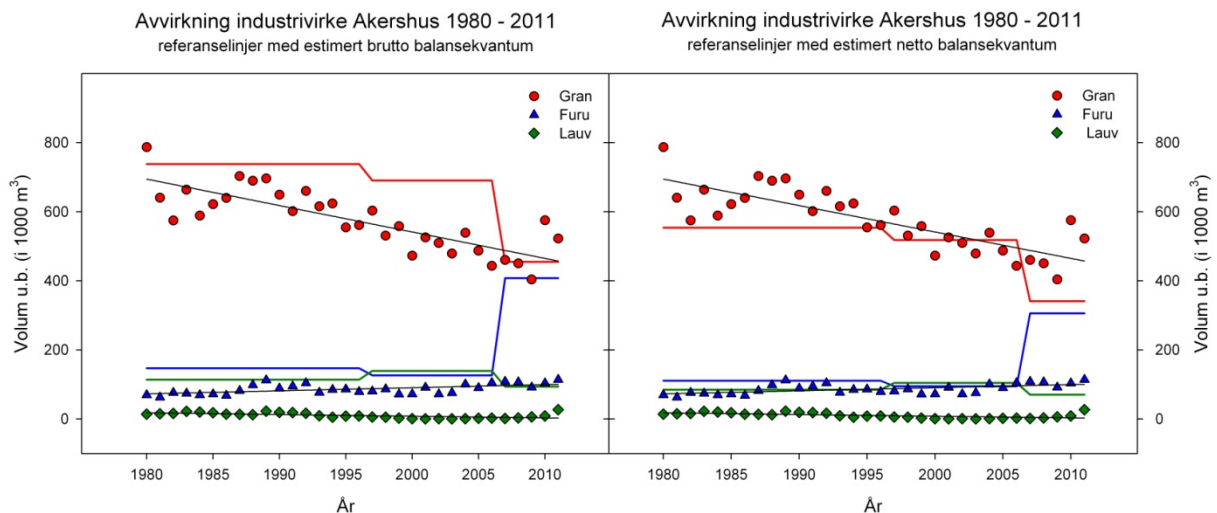


Figur 11. Utviklingen i stående karbonlager (mill. tonn CO₂-ekvivalenter) gjennom en prognoseperiode på 100 år ved ulike scenarier for plantetetthet og tynningsalternativer. Avvirkningsnivå etter balansekvantum.

3.5. Sluttavvirkning

3.5.1. NIVÅ PÅ AVVIRKNINGEN

Prognoser for hele landet i 100 år fremover viser at opprettholdelse av dagens avvirkningsnivå og skogkulturinnsats vil gi større opptak i stående biomasse og større nettotilførsel av karbon til jord og død ved enn alternativer med økt avvirkningsnivå de første 70 år. Deretter vil et alternativ med økt avvirkning og betydelig økt skogkulturinnsats være det alternativet som gir størst CO₂-opptak (Astrup mfl. 2010). Avvirkningen i Akershus har avtatt noe i perioden 1980 til 2011 (FMOA). Generelt har avvirkningen ligget i underkant av estimert brutto balansekvantum de senere årene, men på nivå med netto balansekvantum (Figur 12). En analyse som ble gjort av avvirkningsmuligheter i Akershus på 90-tallet (Aalde og Gotaas 1999) viste at den gjennomsnittlige avvirkningen i perioden 1960 – 1996 hadde ligget over beregnet netto balansekvantum, men at for siste del av perioden (1991 – 96) hadde avvirkningen ligget på nivå med netto balansekvantum.



Figur 12. Total avvirkning av industrivirke i Akershus i perioden 1980 - 2011, fordelt på treslag. Kilde: FMOA. Referanselinjene viser estimert brutto og netto balansekvantum (Tomter 1990, Aalde og Gotaas 1999, Tomter mfl. 2001).

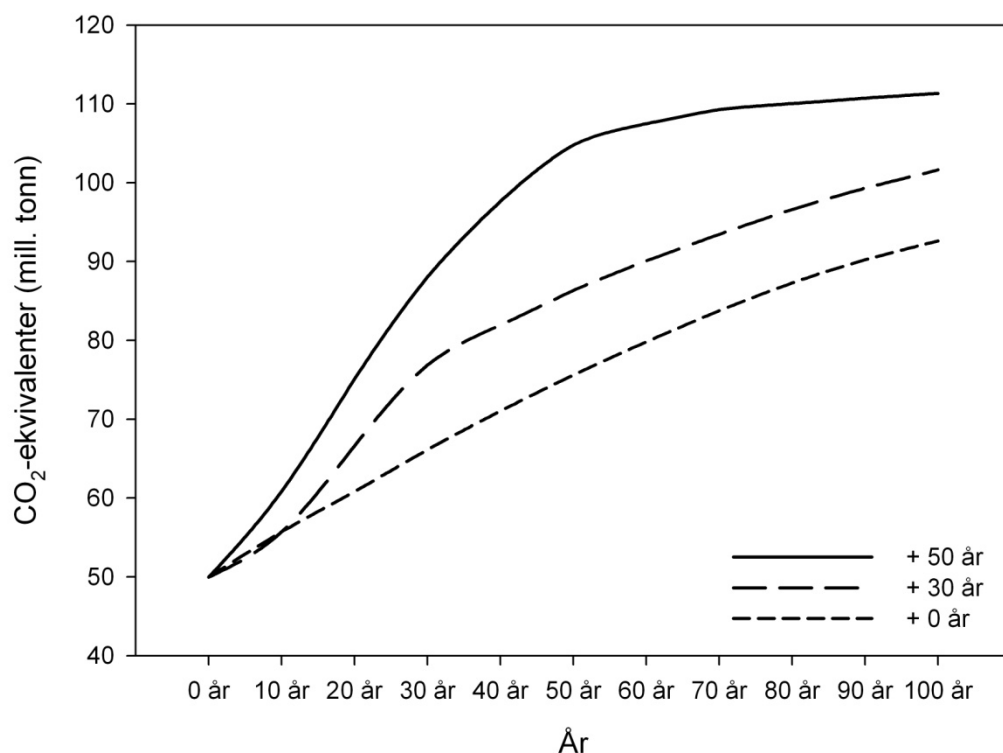
Andelen av balansekvantumet med gran har blitt redusert gjennom de to siste fylkestakster (Tomter 1990, Tomter mfl. 2001). Det er verdt å merke seg at nedgangen i volum for gran er mest markert for inneværende tiårsperiode (2007 – 2016), og skissert økt igjen i neste tiårsperiode (2017 – 2026, ikke med i figuren). For furu er situasjonen motsatt. Den markerte økningen i volum for inneværende tiårsperiode følges av en tilsvarende nedgang i neste tiårsperiode (Tomter mfl. 2001). Dette henger sammen med hogstklassefordelingen (Figur 3), som viser at det er mer hogstmoden furuskog enn granskog i dag, samtidig som det er en relativt høy andel h.kl. III og IV i grandominert skog som vil bli hogstmoden i løpet av de nærmeste tiårene. For både furu og lauv har avvirkningen ligget på nivå med eller i underkant av netto balansekvantum (Figur 12). Fremtidig balansekvantum vil være avhengig av skogforvaltningen.

3.5.2. FORLENGET OMLØPSTID

Modellberegninger viser at kulminasjonspunktet for årlig midlere karbonbinding ligger 30 – 50 år etter normal omløpstid på middels boniteter, noe tidligere på gode boniteter og noe senere på dårlige boniteter. Dette tilsier at forlenget omløpstid med 30 – 50 år kan øke den årlige karbonbindingen. Ytterligere overholdelse vil redusere skogens langsiktige karbonbindingspotensial (Nilsen mfl. 2008). Den eksisterende alderssammensetningen er følgelig viktig for effekten av forlenget omløpstid. Gjennomsnittlig bestandsalder i h.kl. V ligger over hogstmodenhetsalder for både gran- og furudominert skog i Akershus. Majoriteten av arealet, i alt 67 %, har imidlertid en overårighet på 30 år eller lavere (Tabell 9). I alt utgjør arealet med overårighet på 30 år eller mindre 446 000 daa. Dersom en skal ha positiv effekt av å overholde skog med hensyn på karbonbinding er dette det mest aktuelle arealet. Arealet med en bestandsalder som overstiger hogstmodenhetsalder med mer enn 30 år, i alt 33 %, domineres av skog på over 160 år (93 %), og av furudominert skog på lave boniteter (67 %). Ytterligere overholdelse her gir liten gevinst med hensyn på karbonbinding, og kan føre til at skogens langsiktige karbonbindingspotensial går ned (Nilsen mfl. 2008).

Tabell 9. Gjennomsnittlig forskjell mellom bestandsalder og hogstmodenhetsalder for alle gran- og furudominerte bestand i h.kl. V, fordelt på bestandstreslag og bonitetsklasser. For samtlige strata ligger gjennomsnittlig bestandsalder over hogstmodenhetsalder. Fordelingen i hvert stratum mellom andel ≤ 30 år og andel > 30 år over hogstmodenhetsalder.

Treslag	Bonitet	Differanse i alder	Andel med ≤ 30 år	Andel med > 30 år
Gran	Lav	24 år	66 %	34 %
	Middels	17 år	87 %	13 %
	Høy	8 år	94 %	6 %
Furu	Lav	33 år	48 %	52 %
	Middels	24 år	72 %	28 %

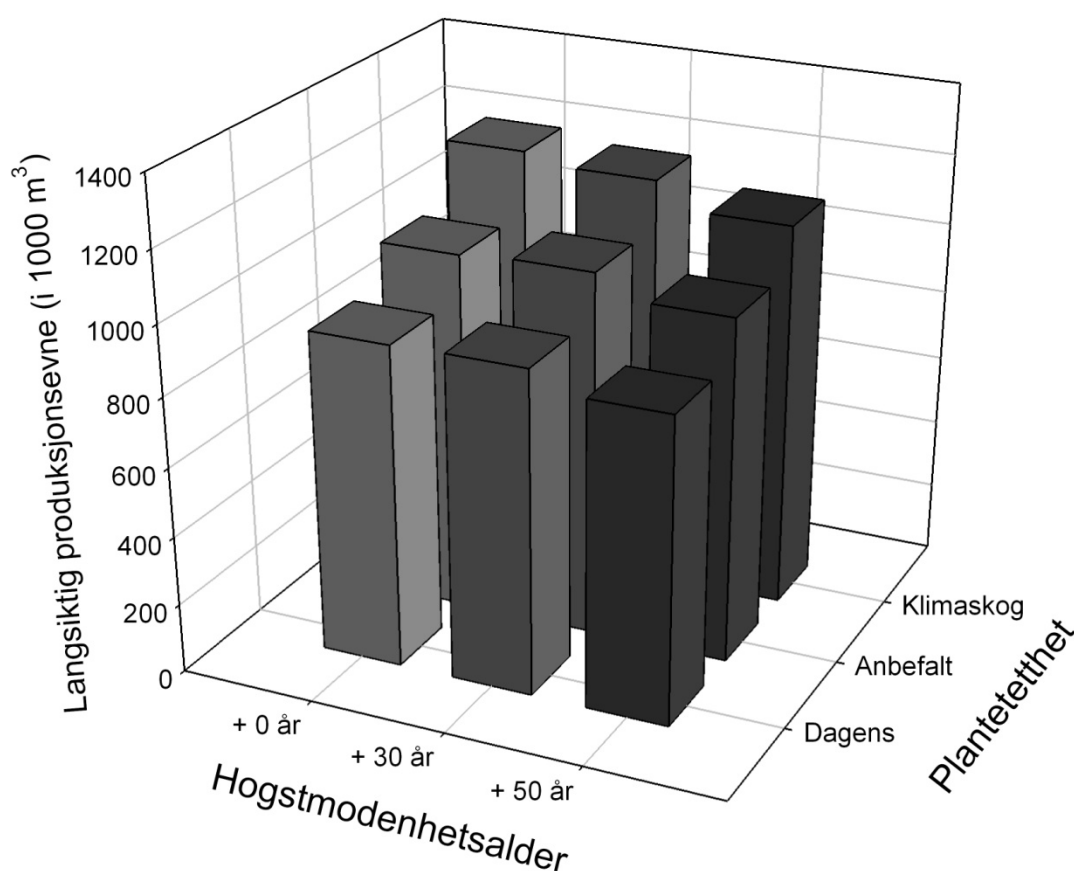


Figur 13. Utvikling i bundet CO₂ gjennom 100 år ved ulike scenario for hogstmodenhetsalder. Effekten ved ulik plantetetthet er beregnet ved et fast balansekvantum basert på dagens avvirkningsnivå, og dagens plantetetthet.

Beregninger viser en klar økning i biomasse, og dermed i CO₂ bundet i skogen, ved å øke hogstmodenhetsalderen. Effekten avtar imidlertid etter noen år, mens alternativet med normal hogstmodenhet fortsetter å øke i stående biomasse, slik at forskjellen blir mindre på lang sikt (Figur 13). En forlengelse av omløpstiden med 30 og 50 år vil redusere tilgjengelig volum for avvirkning i henholdsvis 30 og 50 år. Dagens avvirkningsnivå kan ikke opprettholdes i denne perioden. Ved å øke hogstmodenhetsalderen med 50 år vil den langsiktige produksjonsevnen reduseres betydelig, og årlig tilvekst vil på sikt gå ned (Tabell 10, Figur 14). Forlenget omløpstid kan følgelig ha negativ innvirkning på ressurstilgangen fra skogen på både kort og lang sikt. Det er begrenset kunnskap om trærnes tilvekst utover vanlig omløpstid, og det er derfor usikkerhet knyttet til estimatene ved forlenget omløpstid.

Tabell 10. Effekten på årlig tilvekst og stående biomasse av tre ulike scenario for hogstmodenhetsalder etter et omløp (tilsvarer 90 år i figur 13), beregnet ut fra en forutsetning om uendret avvirkningsnivå (dagens nivå), og med dagens plantetetthet. Stående volum (stammevolum) er omregnet til total trebiomasse, og videre til CO₂-ekvivalenter.

	Årlig tilvekst (1000 m ³)	Stående volum (1000 m ³)	Biomasse (mill. tonn)	CO ₂ -ekv. (mill. tonn)
Normal alder	946	59 241	49,215	90,228
Normal + 30 år	915	66 031	54,167	99,306
Normal + 50 år	767	75 151	60,404	110,741



Figur 14. Langsiktig produksjonsnivå (i 1000 m³) ved ulike scenario for plantetetthet og hogstmodenhetsalder.

3.6. Hogstavfall

En regner at avvirkning av 1 mill. m³ stammevirke genererer 0,63 mill. m³ hogstavfall. Dette inkluderer greiner og topper, nylig dødt virke, småtrær og virke som er uegnet for andre sortiment på grunn av f.eks. råte eller krok (Haugland mfl. 2011). Et teoretisk uttak vil ligge på rundt 70 %. Basert på tall for omsetning av industrivirke de siste 10 år (2001 – 2011) kan en regne seg frem til et teoretisk potensial på 261 000 m³ årlig i Akershus.

Et årlig potensial på 261 000 m³ hogstavfall har en effektiv brennverdi på 0,53 TWh/år etter fortørking til 30 % fuktighet. Dette tallet er uavhengig av om hele potensialet hentes i gran, eller om en andel tilsvarende andelen av omsatt virke (15 %) forutsettes å være furu. Dersom en forutsetter at dette energipotensialet erstatter bruk av olje vil en med dette alene kunne redusere årlig utslipp i størrelsesorden 0,13 mill. tonn CO₂ ekvivalenter.

3.7. Andre aktuelle skjøtselstiltak

3.7.1. BRUK AV FOREDLET PLANTEMATERIALE

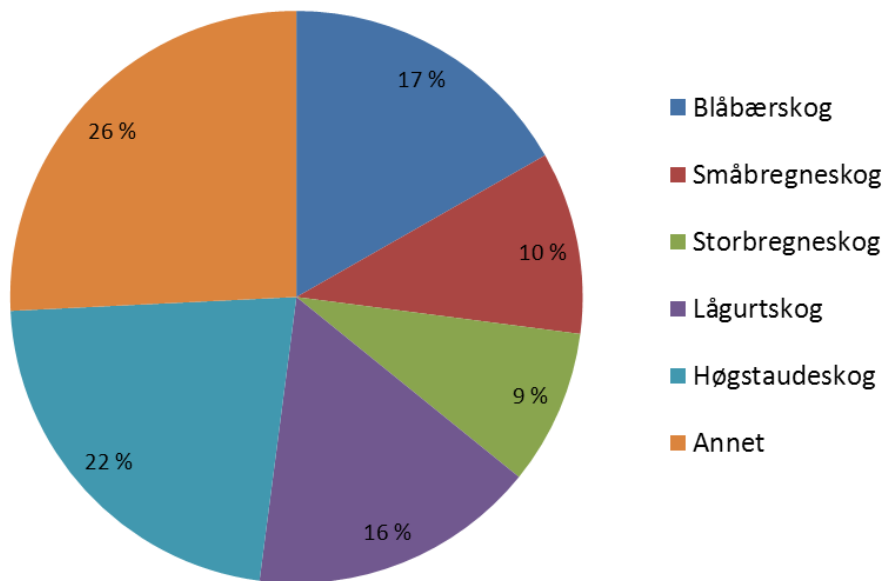
Resultater så langt viser at foredlet plantemateriale av gran gir om lag 10 % større middelhøyde sammenliknet med planter fra bestandsfrø. Dette tilsvarer 10 % økning i H40 bonitet, noe som tilsvarer 15 – 20 % økning i volumproduksjonen sammenliknet med jevngamle planter fra bestandsfrø. Dette kan gi en mulighet for å korte ned omløpstiden. Det foredlede plantematerialet ser også ut til å ha like gode kvalitetsegenskaper som planter fra bestandsfrø med hensyn på kvistdiameter og stammeretthet (Kvaalen 2010). Andelen frøplantasjefrø har økt sterkt de senere årene, og er på Østlandet mer enn 95 % (Skrøppa 2012). Alle planteskolene har planter fra frøplantasjefrø. En kan derfor forutsette at plantematerialet som brukes ved planting av gran i Akershus kommer fra foredlet plantemateriale. Bruk av foredlet plantemateriale gir et optimalt utgangspunkt, men sluttresultatet vil fortsatt være sterkt avhengig av den videre skogskjøtselen (Steffenrem og Kvaalen 2010).

Størstedelen av foryngelsesarealet i Akershus er gran, men det forynges også noe furu. Det er i dag bare en frøplantasje i Norge som produserer foredlet furufrø for Østlandet, men disse proveniensene er ikke egnet for bruk i Akershus. Det er imidlertid mulig å søke om import fra Sverige, og for østlige deler av Akershus kan dette være aktuelt.

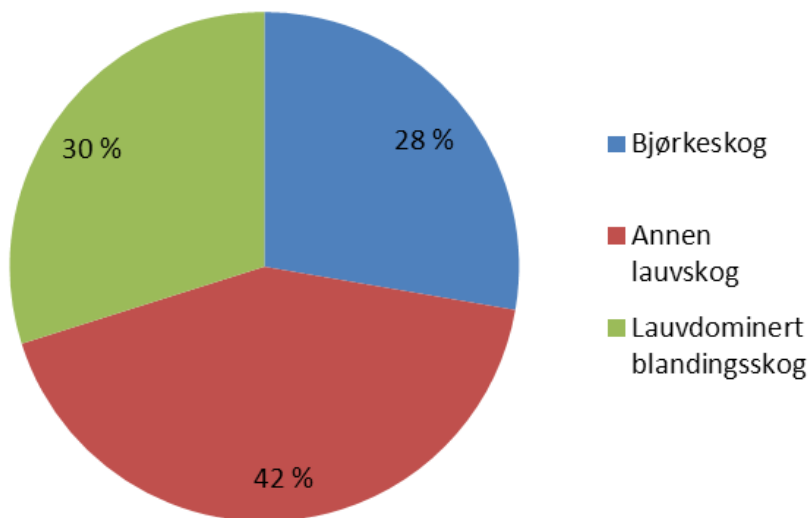
3.7.2. TRESLAGSSKIFTE PÅ EGNEDE AREALER

Analyse av aktuell og potensiell bonitet i Akershus viser at i overkant av 230 000 daa var registrert med en høyere potensiell bonitet enn aktuell bonitet i perioden 1995-99. Dette tilsvarer 8 % av den produktive skogen. Nær halvparten av arealet (49 %) var lauvskog hvor skifte til gran var estimert til å øke potensiell bonitet til G17 eller bedre. Dette arealet utgjør drøyt 115 000 daa.

Treslagsfordeling og fordelingen av vegetasjonstyper for arealet hvor et skifte til gran er estimert til å øke potensiell bonitet til G17 eller bedre er vist i figur 15 og 16. Det er forholdsvis høy andel av næringsrike vegetasjonstyper som høgstaudekog, lågurtskog, småbregneskog og storbregneskog på arealet. Hogstklassefordelingen viser at 5 % er h.kl. I, 37 % h.kl. II og 58 % h.kl. III – V. Arealet i h.kl. III - V med lauv hvor skifte til gran er angitt til å øke boniteten til G17 eller bedre utgjør 67 000 daa. På arealet i h.kl. II kan det tenkes at planting av gran var planlagt, og at foryngelse av lauv dominerte på registreringstidspunktet. Det vil si at dette også omfatter arealer som har vært forsømt i foryngelsessammenheng.



Figur 15. Fordeling av vegetasjonstyper på arealet med lauv hvor skifte til gran er estimert til å øke potensiell bonitet til G17 eller bedre. Fordelingen dekker et areal på i overkant av 115 000 daa (kilde: fylkestakst for Akershus 1995-1999).



Figur 16. Treslagsfordeling på arealet med lauv hvor skifte til gran er estimert til å øke potensiell bonitet til G17 eller bedre. Totalt et areal på i overkant av 115 000 daa (kilde: fylkestakst for Akershus 1995-1999).

For alt arealet vil et treslagsskifte til gran øke boniteten med minst én bonitetsklasse, f.eks. fra B14 til G17. For å kunne si noe om hvilken betydning et slikt treslagsskifte kan ha må en ta utgangspunkt i produksjonsevnen. Produksjonsevnen for en bonitet og et treslag er årlig middeltilvekst ved kulminasjonsalder (m^3/ha). Årlig middeltilvekst for gran, bjørk og osp er gjengitt i tabell 11. I klimasammenheng er tørrstoffproduksjonen viktig, og de ulike trærnes egenskaper må inn i regnestykket.

Tabell 11. Årlig middeltilvekst med bark i m³/ha hentet fra produksjonstabellene for gran (Braastad 1975) og bjørk (Braastad 1967), og simuleringer av produksjon i osp (Opdahl). For bjørk gjelder tabellen lavlandsbjørk for B17 – 23, og vanlig bjørk for B11 – 14.

Bonitet (H40)	Gran	Bjørk	Osp
23	12,0	8,2	11,1
20	9,5	6,5	7,6
17	7,5	5,4	5,5
14	5,1	3,8	3,4
11	3,2	2,5	2,0

For edellauvtrær har vi ikke tilsvarende norske produksjonstabeller, men kan vise til en sammenlikning av vekst og volumproduksjon hos ulike treslag i boreonemoral sone i Sør-Norge. Den viste at ved 40 års alder var differansen i overhøyde mellom edle lauvtrær (ask, bøk, eik, platanlønn, svartor) og vanlig gran fra 3,7 til 7,5 m. Gitt en potensiell produksjonsevne i vanlig gran på 100 % fikk eik og ask i gjennomsnitt en relativ produksjon på 48 %, platanlønn om lag 56 %, og bøk og svartor 63 – 64 % (Øyen og Bøhler 2011). Undersøkelsen ble utført i bestand på svært høg bonitet.

Arealet med edellauvskog i Akershus er omlag 6 000 daa. Men det er stor usikkerhet knyttet til dette tallet, da det representerer kun to prøveflater. Dette gjelder der definisjonen av edellauvskog settes til minst 70 % av volumet. Dersom en også tar med areal der det finnes edellauvtrær (det vil si flater med mer enn 0 % men mindre enn 70 % av volumet) øker arealet til totalt 130 000 daa. Arealet omfatter kun h.kl. III – V.

3.7.3. GJENGROING MED SKOG PÅ NYE AREALER

Skog og landskap har et nasjonalt program for registrering av tilstand og endring i jordbrukets kulturlandskap. Programmet er basert på kartlegging og statistiske analyser av et representativt utvalg jordbrukslandskap som dekker hele landet. Tilstandsregistreringen gjentas hvert femte år. Resultatene fra overvåkingen presenteres som et sett av indikatorer som beskriver tilstand til landskapets arealstruktur, biologisk mangfold, kulturminner og tilgjengelighet. Den første kartleggingen fant sted i perioden 1998 – 2003, før en startet på 2. omdrev i 2004 (Fjellstad og Dramstad 2005). I 2005 kom den første rapporten som viser endringer i Oslo og Akershus. Tabell 12 og 13 er hentet fra denne rapporten.

Tabell 12. Gjennomsnittlig prosent årlig avgang av jordbruksareal i Oslo og Akershus (Fjellstad og Dramstad 2005).

	Prosent årlig avgang
Endringer fra åker/eng/hagebruk	
... til villeng	0,43
... til skog	0,04
... til bebyggt areal	0,18
... til andre arealstyper	0,00
sum	0,65
Endringer fra beitemark	
... til villeng	0,19
... til skog	0,02
... til bebyggt areal	0,01
... til andre arealstyper	0,00
sum	0,22
Totalt (%)	0,87

Tabell 13. Estimert netto endringer mellom jordbruksareal og andre arealtyper i dekar/år (gjennomsnitt for perioden) for Oslo og Akershus. Negative tall betyr netto nedgang i jordbruksareal (Fjellstad og Dramstad 2005).

Totalt jordbruksareal i fylket (SSB 1999)	814 081 daa
Endring mellom jordbruksareal og villeng	-3 577 daa
Endring mellom jordbruksareal og skog	168 daa
Endringer mellom jordbruksareal og bebygd areal	-1 301 daa
Endringer mellom jordbruksareal og andre arealtyper	4 daa
Estimert netto total endring jordbruksareal per år	-4 706 daa

3.7.4. DYRKING AV ENERGISKOG FOR BIOENERGI PÅ TIDLIGERE DYRKET MARK

Energiskog er plantasjer av hurtigvoksende trær som høstes for energiformål. Trærne høstes unge for å få maksimal biomassetilvekst. Høsting skjer maskinelt, og stamme og grener hugges til flis. Foreløpig er det svært lite dyrking av energiskog på dyrket mark i Norge, men dette kan representere en fremtidig ressurs for fornybar energi.

I Sverige kan det gis tilskudd til etablering av energiskog med salix, poppel og hybridosp på dyrket mark. Forutsetningen er maksimal omløpstid på 20 år, og at det plantes minst 10 daa (salix) eller 1 daa (poppel og hybridosp). I følge Store norske leksikon er nå ca. 200 000 daa tilplantet med energiskog i Sverige.

3.7.5. UNGSKOGPLEIE

Ungskogpleie omfatter både tradisjonell avstandsregulering (enkeltstilling av trærne i overtette foryngelser) og fjerning av overvoksende lauvtrær i bartreforyngelser. Ofte er det snakk om begge deler i det samme bestandet. Tradisjonell avstandsregulering vil påvirke kvaliteten på framtidbestandet gjennom effekten bestandstettheten har på oppkasting og avsmalning, og gjennom seleksjonen av framtidstrær med gode kvalitetsegenskaper. Summen av disse effektene vil være avgjørende for virkets framtidige anvendelsesområder. Tette lauvtreoppslag i bartreforyngelser påvirker bestandsutviklingen primært ved at høy konkurranse fra overvoksende lauvtrær vil ha en betydelig tilvekstnedsettende effekt på framtidstrærne (Braathe 1988, Brække og Granhus 2004). Ungskogpleie i slike bestand vil derfor ha stor betydning på den nyttbare produksjonen gjennom omløpet. Undersøkelser viser dog at et skjøtselregime der det settes igjen en lavskjerm med bjørk over granforyngelsen i en tidlig fase av omløpet kan gi noe høyere total volumproduksjon enn et rent granbestand, når en ser hele omløpet under ett (Tham 1994). Dette skyldes at bjørka har en høy volumproduksjon i ungskogfasen og dermed akkumulerer biomasse noe raskere enn gran. Bjørka har imidlertid en mindre utholdende tilvekst, slik at tidspunktet for når bjørkeskjermen avvirkes er avgjørende. Dersom bjørkeskjermen ikke skjøttes optimalt med hensyn på tetthet og ikke fjernes i tide vil tiltaket ha en negativ effekt på produksjonen. Det vil imidlertid per i dag være en utfordring å utnytte dette potensialet da det er vanskelig å få til et lønnsomt uttak av små dimensjoner i forbindelse med sen ungskogpleie (se f.eks. Belbo 2011). Energiflistilskuddet dekker skogsvirke/skogflisråstoff for energiproduksjon som tas ut også fra ungskogpleie (SLF 2012). Dette kan bidra til å aktualisere uttak av virke til bioenergi fra ungskogpleie i et større omfang enn i dag.

3.7.6. HØSTING AV TREVIRKE UTENFOR SKOGEN

Høsting av trevirke utenfor skogen, som for eksempel i kraftlinjer og åkerkanter, kan være en potensiell kilde for råstoff til bioenergi. På nasjonalt nivå er det vist at trær utenfor skogen bidrar lite til den totale biomassen (<1,5 %). En analyse over potensielt bidrag fra trær utenfor skogen estimerte årlig bidrag til under 2 TWh på nasjonalt nivå (Astrup mfl. 2012).

4. OPPSUMMERING OG DISKUSJON

Hovedhensikten med denne rapporten har vært å vurdere, og kvantifisere i den grad det har vært mulig innenfor prosjektets rammer, betydningen av noen utvalgte skogskjøtseltiltak med hensyn på effekter i et «karbonregnskap» for Akershus. Hovedtallene er oppsummert skjematisk i Tabell 14. Resultatene viser at det gjennom økt fokus på en klimarettet skogskjøtsel vil være mulig å påvirke både stående biomasse i skogen («lageret») og tilvekstnivået («støvsugereffekten») i vesentlig grad gjennom målrettede tiltak. Uttak av hogstavfall fra vanlige avvirkninger står i så måte i en særstilling ved først og fremst ved å representere en kilde til fornybar energi, uten at stående skogbiomasse eller tilvekst påvirkes om tiltaket gjennomføres eller ikke. De øvrige tiltakene vil i varierende grad påvirke tilvekst og stående biomasse.

Tabell 14 Muligheter for økt binding av CO₂ ved ulike skoglige tiltak sett i et kortsiktig og langsiktig tidsperspektiv. Effekten av økt plantetetthet og økt omløpstid gjelder økning av biomasse inkludert grener, topp, stubbe og røtter, mens den beregnede effekten av gjødsling på CO₂ binding omfatter økt tilvekst av stammevirke. Beregnet substitusjonseffekt ved gjødsling forutsetter videre at hogstavfallet fra den økte produksjonen anvendes til energiformål.

Tiltak	Effekt på CO ₂ -binding (mill. tonn CO ₂ -ekv.)		Substitusjons- effekt per år		Merknad
	20 år	90 år	Energi- mengde TWh	Mill. tonn CO ₂ -ekv.	
Økt plantetetthet	Marginal	+5 til +12	Ikke vurdert	Ikke vurdert	Økende effekt med økende plantetetthet
Økt omløpstid - 30 år	+5 til +6	+6 til +9	Ikke vurdert	Ikke vurdert	Redusert avvirkning på kort sikt. Avtagende tilvekst på lang sikt
Bruk av hogstavfall til bioenergi	-	-	0,53	0,13	Forutsetter at hogstavfall erstatte olje i fyringsanlegg
Tynning	Reduksjon, avhengig av tynningsintensitet og plantetetthet		0,12-0,62	0,03-0,15	Forutsetter utnyttning av stammevirke til energi
Gjødsling	+0,38	+1,75	0,08	0,02	Substitusjon = uttak av hogstavfall

Økt plantetetthet vil ha en marginal effekt på CO₂ bindingen på kort sikt, men på lengre sikt vil en kunne øke karbonlageret i skogen med opp mot 12 mill. tonn ved en betydelig økt planteinnsats (klimaskogalternativet). Økt plantetetthet vil på mellomlang sikt gi grunnlag for et økt uttak av virke gjennom tynning, og etter hvert også økt sluttavvirkningskvantum. Vi har her kun vurdert substitusjonseffekten av den delen av det økte kvantumet som kan tas ut gjennom tynning, under forutsetning av at alt tynningskvantumet anvendes til bioenergi.

Tabell 15. Effekter av økt plantetetthet på kort og lang sikt (20 og 90 år), gitt at dagens avvirkningsnivå opprettholdes. Stående volum er uttrykt i % av dagens volum (dagens nivå er satt til 100 %).

Tiltak	Langsiktig prod. evne (1000 m ³)	Stående volum		CO ₂ -ekv. (mill. tonn)	
		20 år	90 år	20 år	90 år
Dagens nivå	930	123 %	197 %	60,8	90,2
Anbefalt nivå	1 043	123 %	209 %	60,9	95,2
Klimaskog	1 213	123 %	225 %	61,1	101,7

Dagens tynningsuttak representerer et energipotensial på 0,12 TWh/år dersom alt virket anvendes til energiformål (Tabell 16). Energipotensialet ved økt tynningsuttak er i Tabell 14 gjengitt som relativt brede intervall. Dette skyldes dels at det potensielle tynningskvantum for et og samme tynningsalternativ varierer gjennom prognoseperioden, og at kvantumet i betydelig grad avhenger av forutsetningene om plantetetthet (jfr. Tabell 16). Generelt kan en si at økt tynning vil være en forutsetning for å utnytte den økte produksjonen ved økt plantetetthet. Dette paradokset illustrerer også at effekten av enkeltstående tiltak bør ses i sammenheng med andre tiltak på det samme arealet.

Tabell 16. Potensial for årlig tynningsuttak i volum og TWh fra tynning på kort (20 år) og lang sikt (90 år). Forutsetter at alt tynningsvirke brukes til energiformål. I prognosen ligger to tynninger, og kun tynning når treantall er over 180 tre/daa.

År	Sum hogst		Tynning		Tynning	
	Dagens (1000 m ³)	Klimaskog (1000 m ³)	Dagens (1000 m ³)	Klimaskog (1000 m ³)	Dagens (TWh)	Klimaskog (TWh)
20 år	1 032	1 052	59	61	0,12	0,12
90 år	1 032	1 189	29	306	0,06	0,62

Overholdelse av skog utover normal hogstmodenhetsalder gir et høyt stående volum på kort og mellomlang sikt, men reduserte muligheter for avvirkning og avtakende tilvekst på lang sikt (Tabell 14 og 17). Ved vurdering av overholdelse av eldre granskog vil det være vesentlig å ta hensyn til faren for økende råteandel, da dette vil representere et karbontap som ikke fanges opp av prognosene. Dersom en får økt råteandel i den eldre skogen vil dette både gi et vesentlig verditap og ha betydning for substitusjonseffekten av trevirket når skogen avvirket. Konsekvensene av overholdelse er også usikre i og med at det hersker betydelig tvil om dagens tilvekst- og mortalitetsmodeller beskriver utviklingen i overårig skog på en tilfredsstillende måte.

Tabell 17. Effektene av økt omløpstid på kort og lang sikt (20 og 90 år). Stående volum er uttrykt i % av dagens volum (dagens nivå er satt til 100 %).

Tiltak	Langsiktig prod. evne (1000 m ³)	Stående volum		CO ₂ -ekv. (mill. tonn)	
		20 år	90 år	20 år	90 år
Normal omløpstid	930	123 %	197 %	60,8	90,2
Forlenget omløpstid (30 år)	934	135 %	219 %	66,6	99,3
Forlenget omløpstid (50 år)	881	155 %	249 %	75,1	110,7

Uttak av hogstavfall vil ha umiddelbare effekter på klimaregnskapet (Tabell 14 og 18), samtidig som en økt utnyttelse neppe vil komme i konflikt med annen arealbruk knyttet til skog. En simulering av karbonbinding i produktiv skog viser marginale forskjeller i karboninnholdet i trær og jord med og uten uttak av hogstavfall i et 50-års perspektiv (Nilsen mfl. 2008). Effekten av uttak av hogstavfall på karbonregnskapet er derfor primært knyttet opp mot den substitusjonseffekten en får ved å erstatte fossile brensler med bioenergi fra hogstavfallet. Det er imidlertid noe usikkerhet knyttet til den langsiktige effekten med hensyn skogproduksjonen og om naturlige forvitningsprosesser og næringstilførsel gjennom nedbør vil erstatte næringstapet fra jordsmonnet som fjerningen av hogstavfall medfører. I praksis vil imidlertid en vesentlig del av hogstavfallet bli igjen på hogstfeltet, ved at nåler og mindre kvistfraksjoner ikke samles opp. Ut fra et føre var prinsipp anbefaler en likevel å begrense uttaket av hogstavfall til én gang per omløp. Dette innebærer at dersom en høster hogstavfall ved slutthogst bør en ikke gjennomføre heltrehogst i forbindelse med tynning, og omvendt.

Gjødsling av skog er tiltak som kan gi økt karbonopptak også på kort sikt (Tabell 14 og 18), og som har jevnt over god lønnsomhet. Økonomiske kalkyler viser en høy internrente når tiltaket gjennomføres i egnede bestand én eller to ganger noen år innen sluttavvirkning. Mulige konflikter i forhold til friluftsliv og miljø bør imidlertid vurderes i hvert enkelt tilfelle. Generelt kan en si at gjødselmengder på opp til 15 kg N/daa gitt en eller to ganger i slutten av bestandets omløp ser ut til å ha liten eller ingen effekt på prosesser i skogøkosystemet som nitratlekkasje, immobilisering, mineralisering og gasstap, eller vegetasjonssammensetningen (Nilsen 2001).

Tabell 18. Maksimalt potensial i TWh/år for bioenergi fra hogstavfall og binding i form av CO₂-ekvivalenter for gjødsling. Forutsetter at hogstavfall høstes på alle avvirkningsflater (70 % utnyttingsgrad). Begge tiltak estimert for en kortsiktig tidshorisont, da fremtidige muligheter vil avhenge sterkt av øvrige tiltak (plantetetthet, avvirkningsnivå).

Tiltak	Volum	Potensial på kort sikt (20 år)
Hogstavfall		
Dagens nivå avvirkning	261 000 m ³ /år	0,53 TWh/år
Gjødsling		
Dagens areal	500 000 m ³	0,38 mill. tonn CO ₂ -ekv.

Ved prioritering mellom ulike skogtiltak vil det også være naturlig å ta hensyn til konsekvensene tiltakene har med hensyn på verkets framtidige anvendelse, som egnetheten for produkter med lang levetid, eventuelt til direkte substitusjon av fossile energikilder eller materialer med større klimabelastning. Dette har det ikke vært rom for å vurdere nærmere i dette prosjektet, men vi velger her å peke på dette som et aktuelt tema som en bør trekke inn i en diskusjon rund prioriteringer av tiltak. De fleste tiltakene som er vurdert i denne rapporten, vil opplagt også ha en positiv effekt på mulighetene til å produsere en større andel virke med ønskede kvaliteter for lang levetid. En utfordring i denne sammenheng er at det fremdeles mangler modeller som gjør det mulig å kvantifisere sammenhengen mellom ulike typer skogbehandling og virkeskvalitet på en tilfredsstillende måte.

I et relativt tett befolket fylke som Akershus vil en intensivert skogskjøtsel kunne innebære konflikter i forhold til andre interesser knyttet til skogarealet, som utøvelse av friluftsliv. Ved prioritering av tiltak bør en derfor legge til grunn en god analyse av mulige arealkonflikter, der en vurderer tiltakenes positive effekter i klimasammenheng opp mot tiltakenes mulige negative og positive sider i forhold til skogarealets øvrige funksjoner. Dersom et tiltak har en stor effekt i et klimaperspektiv, men samtidig et betydelig konfliktpotensial, vil det kunne være

en riktig tilpasning å begrense dette tiltaket til arealer hvor konfliktnivået kan minimaliseres. Her ligger det utfordringer som krever et godt kunnskapsgrunnlag, og hvor differensiering mellom arealer kan være et nøkkelord for å oppnå optimale løsninger.

Samtidig som enkelte tiltak vil kunne være konfliktfylte (som for eksempel tettere plantinger i betydelig omfang, omfattende gjødsling av skog, treslagsskifte til gran i lauvskog), vil andre tiltak antakelig ha positive effekter for både friluftsliv og miljøverdier (økt omløpstid, tynning) eller oppleves som «nøytrale» (bruk av foredlet plantemateriale). I en slik vurdering vil effekter med hensyn på virkestilgangen til skogindustrien også måtte gis en vesentlig vekt. Prioritering av virkemiddelbruk vil også kunne innebære å foreta avveining mellom tiltak som gir effekter «i dag» (for eksempel gjødsling) kontra tiltak som først gir målbare effekter «om flere tiår» (for eksempel økt plantetetthet). I avveiningen mellom tiltak bør også økonomisk verdsetting av så vel virkesproduksjon som karbonbinding vektlegges. Prioritering av karbonbinding «i dag» kontra «i fremtiden» har i en del studier blitt adressert ved å verdsette bundet karbon med utgangspunkt i ulike forutsetninger om kvotepriser på CO₂ med støtte i tradisjonelle nåverdianalyser (for eksempel Raymer mfl. 2011).

5. REFERANSER

Anon 2010. Klimakur 2020 – tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020. TA-2590/2010. 274 s. + vedlegg.

Anon 2011. Conversion Factors. Energy and carbon conversion factors 2011 update. Faktaark, 8 s. http://www.carbontrust.com/media/18223/ctl153_conversion_factors.pdf

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*.

Astrup, R., Dalsgaard, L., Eriksen, R. og Hysten, G. 2010. Utviklingsscenarioer for karbonbinding i Norges skoger. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 16/2010: 31 s.

Astrup, R., Eid, T., Antón-Fernández, C., Løken, Ø., Sjøgaard, G., Eriksen, R. 2012. An assessment of woody biomass in Norway: Total availability and harvest residue cost-supply curves. Innsendt manuskript.

Belbo, H. 2011. Efficiency of accumulating felling heads and harvesting heads in mechanized thinning of small-diameter trees. *Linnaeus University Dissertations No 66/2011*. ISBN: 978-91-86983-08-6.

Belbo, H. og Gjølshj, S. 2008. Skogens ressurser. Trevirke – brennverdier og energitetthet. *Viten fra Skog og landskap – 1/08*. 15 s.

Brække, F.H. & Granhus, A. 2004. Ungskogpleie i naturlig forynget gran på middels og høy bonitet. Rapport fra skogforskningen 10: 1-22.

Braastad, H. 1979. Vekst og stabilitet i et forbandsforsøk med gran. *Meddelelser fra Norsk institutt for skogforskning 34.4*: 169-215

Braathe, P. 1988. Utviklingen av gjenvekst med ulike blandingsforhold mellom bartrær og løvtrær - II. *Norsk institutt for skogforskning Rapport 8/88*: 1-50.

Eid, T. og Hobbelstad, K. 2000. AVVIRK-2000 – a large scale forestry scenario model for long-term investment, income and harvest analyses. *Scandinavian Journal of Forest Research 15*: 472-482.

Fitje, A. 1989. Tremåling. Landbruksforlaget. 190 s.

Fjellstad, W.J. og Dramstad, W.E. 2005. 3Q – Endringer i jordbrukets kulturlandskap i Østfold, Oslo/Akershus og Vestfold. Tema Arealstruktur. NIJOS rapport 12/05. 19 s.

Gizachew, B. og Brunner, A. 2011. Density-growth relationships in thinned and unthinned Norway spruce and Scots pine stands in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research 26*: 543-554.

Gizachew, B., Brunner, A. og Øyen, B.-H. 2012. Stand responses to initial spacing in Norway spruce plantations in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research* (i trykk).

Gjølshj, S. og Hobbelstad, K. 2009. Energipotensialet fra skogen i Norge. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 09/2009. 11 s.

- Granhus, A., Eriksen, R. og Moum, S.O. 2010. Resultatkontroll skogbruk/miljø. Rapport 2009. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 23/2010. 23 s. + vedlegg
- Handler, M.M. 1988. Forbandtsforsøg i granskov. Tæthed, tilvækst, diameterspredning og kvalitet. Forsøg 928, Mathiesen-Eidsvold Værk, Hurdal. Norsk institutt for skogforskning. Rapport 1/88. 20 s.
- Haugland, H. og Rosland, A. 2010. Tiltak og virkemidler for økt opptak av klimagasser fra skogbruk. TA-2596-2010. 59 s.
- Haugland, H., Økstad, E., Gulbrandsen, M.U., Strømnes, I., Fjeldal, P. og Leffertstra, H. 2011. Skog som biomasseressurs. TA-2762/2011. 100 s.
- Haveraaen, O. 1981. Vekstutvikling i et 20-årig forbandtsforsøk med gran, *Picea abies* (L.) Karst. Meldinger fra Norges landbrukshøgskole 60(13): 1-12.
- Helmisaari, H.-S., Hanssen, K.H., Jacobson, S., Kukkola, M., Luro, J., Saarsalmi, A., Tamminen, P. og Tveite, B. 2011. Logging residue removal after thinning in Nordic boreal forests: Long-term impact on tree growth. *Forest Ecology and Management* 261(11):1919-1927.
- Hobbelstad, K. 2002. Framtidig virkestilgang. *Aktuelt fra skogforskningen* 7/02: 20 s.
- Kvaalen, H. 2010. Bruk av foredla plantemateriale God økonomi for skogeigaren og samfunnet. Del av artikkelsamling i anledning Skogfrøverkets "Strategi for skogplanteforedling 2010-2040": side 16-18.
http://www.skogplanteforedling.no/Dokumenter/Artikkelsamling_Strategi.pdf
- Landbruks- og matdepartementet 2009. Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen. St.meld. nr. 39 (2008-2009).
- Miljøverndepartementet 2012. Norsk klimapolitikk. Meld. St. 21 (2011-2012).
- Nilsen, P. 2001. Fertilization experiments on forest mineral soils: A review of the Norwegian results. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16:541-554.
- Nilsen, P., Hobbelstad, K. og Clarke, N. 2008. Opptak og utslipp av CO₂ i skog. Vurdering av omløpstid, hogstmetode og hogstfredning for CO₂-binding i jord og trær. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 06/2008. 24 s.
- Nilsson, U., Eric, A., Ekö, P., Elfving, B., Fahlvik, N., Johansson, U. mfl. 2010. Thinning of Scots pine and Norway spruce monocultures in Sweden-effects of different thinning programmes on stand level gross and net stem volume production. *Studia Forestalia Suecica*, Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Forest Sciences: 1-46.
- Raymer, A.K., Gobakken, T. og Solberg, B. 2011. Optimal forest management with carbon benefits included. *Silva Fennica* 45(3): 395-414.
- Skogbrukets kursinstitutt 2011. Ny standard for utplantingstall i gran for Innlandet. Prosjektrapport. 9 s. + vedlegg.
- Skovsgaard, J.P. 2009. Analysing the effects of thinning on stand volume growth in relation to site conditions: A case study for even-aged Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.). *Forestry* 82: 87-104.

Skrøppa, T. 2012. State of forest genetic resources in Norway. Norwegian country report to the preparation of the FAO report on The State of the Worlds Forest Genetic Resources. Report from the Norwegian Genetic Resource Centre, Norwegian Forest and Landscape Institute [Rapport fra Skog og landskap] 03/12: 47 s.

SLF 2012. Uttak av skogsvirke til bioenergi. <https://www.slf.dep.no/no/eiendom-og-skog/skogbruk/energiflistilskudd#for-deg-som-skal-soeke>

Statistisk sentralbyrå 2006. Landbruksundersøkinga 2004. Skogbruk. Noregs offisielle statistikk D 341. 25 s.

Statistisk sentralbyrå 2009. Skogstatistikk 2008. Noregs offisielle statistikk D 430. 55 s

Statistisk sentralbyrå 2010. Tabell: 05338: Avverking for sal, etter hogstmetode (F) 1999 og 2003.

http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selectvarval/define.asp&Tabellid=05338

Steffenrem, A. og Kvaalen, H. 2010. Genetisk gevinst – Det store foredlingsmålet! Del av artikkelsamling i anledning Skogfrøverkets "Strategi for skogplanteforedling 2010-2040": 5-11. http://www.skogplanteforedling.no/Dokumenter/Artikkelsamling_Strategi.pdf

Søgaard, G., Eriksen, R., Astrup, R. og Øyen, B.-H. 2012. Effekter av ulike miljøhensyn på tilgjengelig skogareal og volum i norske skoger. Rapport fra Skog og landskap 02/2012. 38 s.

Tham, Å. 1994. Crop plan and yield predictions for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and birch (*Betula pendula* Roth & *Betula pubescens* Ehrh.) mixtures. *Studia Forestalia Suecica* 195: 1-21.

Tomter, S. 1990. Landsskogtakseringen 1986. Akershus og Oslo. NIJOS.

Tomter, S.M., Eriksen, R. og Aalde, H. 2001. Statistikk over skogforhold og –ressurser i Akershus og Oslo. Landsskogtakseringen 1995-99. NIJOS Ressursoversikt 4/01. 56 s. + vedlegg.

Viken, K.O. 2012. Biomass equations and biomass expansion factors (BEFs) for pine (*Pinus* spp.), spruce (*Picea* spp.) and broadleaved dominated stands in Norway. Mastergradsoppgave ved Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap. 43 s. + vedlegg

Wallentin, C. og Nilsson, U. 2011. Initial effect of thinning on stand gross stem-volume production in a 33 year-old Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stand in Southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest research*: 26(Suppl 11):21-35.

Øyen, B.-H. og Bøhler, F. 2011. Høydebonitet og produksjonsevne ved konvertering mellom vanlig gran, ask, bøk, eik, platanlønn og svartor i Sør-Norge. *Forskning fra Skog og landskap* 02/11: 22 s.

Aalde, H. og Gotaas, P. 1999. Klargjøring av avvirkningsmuligheter i norsk skogbruk. Oslo og Akershus. NIJOS rapport 33/99: 30 s.

VEDLEGG 1

FORUTSETNINGER FOR PROGNOSENE

Prognoser basert på fylkestaksten for Akershus (1995-99) er utviklet i AVVIRK-2000.

Utgangspunktet for prognosene er dagens plantetetthet og normal hogstmodenhetsalder (celler markert med grønn bakgrunnsfarge i tabellene). I alle beregninger er dagens avvirkningsnivå (omsatt industrivirke) + 25 % for selvhogst av ved, naturlig avgang, mv. lagt til grunn som brutto avgang. Videre er det beregnet effekten på årlig tilvekst, stående volum (stammevolum), og total trebiomasse gitt ulike forutsetninger for plantetetthet og hogstmodenhetsalder/omløpstid.

Plantetetthet refererer til utplantingstetthet i granforyngelser. Dagens plantetetthet er basert på tall fra resultatkontrollen. Anbefalt plantetetthet er basert på anbefalinger i ny standard utviklet for Hedmark og Oppland (Skogbrukets kursinstitutt 2011). Klimaskog er den tetteste plantetettheten som kan håndteres med rimelig nøyaktighet med dagens funksjoner for vekst og avgang. For furu og bjørk er plantetallet basert på tilrådd plantetall for furudominert skog i Forskrift for bærekraftig skogbruk (midtverdi av intervallene angitt i forskriften), og likt i alle beregninger.

Normal hogstmodenhetsalder er satt til nedre aldersgrense for h.kl. V. For gran og furu tilsvarer dette 60 år ved G23 og F23, 70 år ved G20 og F20, osv. For bjørk tilsvarer dette 40 år ved B23, 50 år ved B20, osv. I tillegg er det kjørt prognoser hvor 30 og 50 år er lagt til normal hogstmodenhetsalder.

Fremtidig diametervekst er justert ned til 90 %.

TABELL A – C viser årlig tilvekst, stående biomasse og biomasse omregnet til tonn CO₂-ekvivalenter.

Tabell A. Årlig tilvekst i volum (m³) ved ulike plantetettheter og hogstmodenhetsaldre.

Dagens plantetetthet			
År	Normal alder	Normal + 30 år	Normal + 50 år
0	1 091 690	1 091 690	1 091 690
10	1 038 880	1 041 690	1 068 970
20	1 086 900	1 128 050	1 173 240
30	1 099 540	1 164 180	1 207 250
40	1 066 670	1 096 070	1 123 590
50	1 034 000	1 024 710	1 039 170
60	999 940	972 150	933 210
70	1 015 810	950 370	838 110
80	968 440	940 730	789 940
90	945 610	914 540	767 050
100	907 990	877 420	763 690

Anbefalt plantetetthet			
År	Normal alder	Normal + 30 år	Normal + 50 år
0	1 091 690	1 091 690	1 091 690
10	1 039 150	1 041 390	1 068 670
20	1 088 860	1 128 360	1 173 840
30	1 108 660	1 170 350	1 212 440
40	1 085 420	1 106 640	1 130 160
50	1 072 070	1 048 550	1 052 870
60	1 049 460	999 650	947 420
70	1 078 440	992 770	856 690
80	1 043 430	990 080	811 130
90	1 031 820	975 720	806 280
100	980 440	946 400	810 650

Klimaskog			
År	Normal alder	Normal + 30 år	Normal + 50 år
0	1 091 690	1 091 690	1 091 690
10	1 039 270	1 041 400	1 068 680
20	1 092 460	1 131 760	1 177 530
30	1 127 170	1 186 190	1 226 210
40	1 122 020	1 143 480	1 143 180
50	1 118 280	1 083 410	1 065 630
60	1 103 650	1 062 030	989 910
70	1 162 820	1 063 600	900 940
80	1 133 370	1 073 330	871 080
90	1 116 660	1 048 890	869 440
100	1 033 880	1 019 100	868 610

Tabell B. Stående biomasse (i 1000 tonn) ved ulike plantetettheter og hogstmodenhetsaldre.

Dagens plantetetthet			
År	Normal alder	Normal + 30 år	Normal + 50 år
0	27 248	27 248	27 248
10	30 385	30 381	33 186
20	33 176	36 327	40 959
30	36 070	41 922	48 028
40	38 746	44 707	53 267
50	41 245	47 100	57 165
60	43 539	49 139	58 641
70	45 690	50 983	59 611
80	47 616	52 693	60 028
90	49 215	54 167	60 404
100	50 526	55 431	60 734

Anbefalt plantetetthet			
År	Normal alder	Normal + 30 år	Normal + 50 år
0	27 248	27 248	27 248
10	30 389	30 335	33 139
20	33 234	36 246	40 875
30	36 188	41 876	47 953
40	39 059	44 791	53 212
50	41 874	47 364	57 192
60	44 585	49 720	58 827
70	47 241	51 896	59 954
80	49 672	53 968	60 605
90	51 927	55 878	61 290
100	53 892	57 664	61 997

Klimaskog			
År	Normal alder	Normal + 30 år	Normal + 50 år
0	27 248	27 248	27 248
10	30 389	30 325	33 129
20	33 318	36 306	40 930
30	36 481	42 121	48 126
40	39 777	45 388	53 540
50	42 931	48 218	57 648
60	46 107	51 031	59 589
70	49 362	53 796	61 040
80	52 248	56 449	62 124
90	55 456	58 888	63 316
100	57 683	61 205	64 424

Tabell C. Millioner tonn CO₂-ekvivalenter bundet ved ulike plantetettheter og hogstmodenhetsaldre. Basert på samlet trebiomasse (stamme, nåler, røtter, mv.) i stående skog (Tabell B).

Dagens plantetetthet			
År	Normal alder	Normal + 30 år	Normal + 50 år
0	50,0	50,0	50,0
10	55,7	55,7	60,8
20	60,8	66,6	75,1
30	66,1	76,9	88,1
40	71,0	82,0	97,7
50	75,6	86,4	104,8
60	79,8	90,1	107,5
70	83,8	93,5	109,3
80	87,3	96,6	110,1
90	90,2	99,3	110,7
100	92,6	101,6	111,3

Anbefalt plantetetthet			
År	Normal alder	Normal + 30 år	Normal + 50 år
0	50,0	50,0	50,0
10	55,7	55,6	60,8
20	60,9	66,5	74,9
30	66,3	76,8	87,9
40	71,6	82,1	97,6
50	76,8	86,8	104,9
60	81,7	91,2	107,8
70	86,6	95,1	109,9
80	91,1	98,9	111,1
90	95,2	102,4	112,4
100	98,8	105,7	113,7

Klimaskog			
År	Normal alder	Normal + 30 år	Normal + 50 år
0	50,0	50,0	50,0
10	55,7	55,6	60,7
20	61,1	66,6	75,0
30	66,9	77,2	88,2
40	72,9	83,2	98,2
50	78,7	88,4	105,7
60	84,5	93,6	109,2
70	90,5	98,6	111,9
80	95,8	103,5	113,9
90	101,7	108,0	116,1
100	105,8	112,2	118,1