



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Lukkede hogster - produksjon, foryngelse og økonomi

NIBIO RAPPORT | VOL. 7 | NR. 148 | 2021



Aksel Granhus¹, Erik Ødegård², Even Bergseng², Erling Bergsaker²
Divisjon for skog og utmark¹, NORSKOG²

TITTEL/TITLE

Lukkede hogster - produksjon, foryngelse og økonomi

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Aksel Granhus, Erik Ødegård, Even Bergseng, Erling Bergsaker

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
27.08.2021	7/148/2021	Åpen	52167	21/00184
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02909-0	2464-1162	35	3	

OPPDRAGSGIVER/EMPLOYER:

NORSKOG

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Erling Bergsaker

STIKKORD/KEYWORDS:

Stikkord norske

Stikkord engelske

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Naturlig foryngelse, selektiv hogst, skjermstillingshogst, skogproduksjon, tilvekst

Continuous cover forestry, growth and yield, natural regeneration, partial harvesting, shelterwood system, volume increment

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Denne rapporten sammenstiller resultater fra prosjektet «*Lukket hogst – hvor godt har det fungert?*». Hovedfokuset har vært å analysere i hvilken grad uttaksstyrke og ulike bestandskarakteristika bidrar til å forklare variasjonen i produksjon og foryngelse etter hogstene. Videre har vi utført skogøkonomiske analyser for å vurdere økonomien av lukket hogst opp mot et alternativt scenario med flatehogst og etterfølgende planting, der vi forutsetter at den lukkede hogsten gjennomføres som en skjermstillingshogst i to omganger (etablering av skjerm og fjerning av skjermen etter etablert foryngelse). Fem temporære prøveflater à 314 m² (radius 10 m) ble etablert per bestand, som grunnlag for å rekonstruere tilvekst og stående volum før og etter hogst. Datamaterialet omfatter 19 bestand på bonitet 11-20 (90-545 m.o.h.) der det var utført lukket hogst for 6-27 år siden med en gjennomsnittlig uttaksstyrke på 52 prosent av grunnflaten (variasjon: 3-90). Foryngelse (trær med høyde minst 10 cm og diameter i brysthøyde < 5 cm) ble registrert på fem «telleflater» med radius 2,26 m (16 m²) innen hver prøveflate.

Uttaket har i noen tilfeller vært orientert primært mot de grøvste trærne, dvs. en bledningslignende hogstføring. I andre bestand har uttaket derimot vært konsentrert til de mindre trærne, der hogsten kan karakteriseres som tradisjonell skjermstillingshogst (høgskjerm). Den betydelige variasjonen i hogstføring indikeres også ved tynningskvotienten (middeldiameter i uttaket/middeldiameter før hogst), som varierte fra 0,77 til 1,69 mellom de ulike bestandene. Utgangstilstanden med hensyn på diameterfordeling før og like etter hogst varierte følgelig også betydelig mellom bestand.

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Både grunnflate- og volumtilveksten fra hogsttidspunktet og fram til oppmålingene i 2018-2019 var positivt korrelert med boniteten fra skogbruksplan og grunnflatesummen like etter hogst, og negativt korrelert med grunnflatemiddeldiameteren etter hogst. Den gjennomsnittlige volumtilveksten var i gjennomsnitt omtrent på nivå med den estimerte produksjonsevnen for ensaldret «bestandsskog» på samme bonitet.

Antallet ha⁻¹ av utviklingsdyktige bartrær (planter høyere enn 10 cm og inntil 5 cm diameter i brysthøyde) var høyest i prøveflater der vegetasjonstypen var en fuktig utforming av blåbærskog, tett fulgt av prøveflater på småbregnetypen. Færrest planter forekom på i bærlyngskog og i tørre utforminger av blåbærskog. Antallet var videre negativt korrelert med gjenstående grunnflate eller hogst. Generelt kan en oppsummere at det i mange av bestandene var en ganske høy tetthet av utviklingsdyktige planter - over halvparten av de undersøkte bestandene hadde over 2000 utviklingsdyktige planter ha⁻¹. Nullruteandelen var likevel ofte forholdsvis høy, noe som viser at foryngelsen var ujevnt fordelt. Den årlige innvokningsraten, det vil si antall trær som har vokst seg større enn diameter 5 cm i brysthøyde i tidsrommet etter hogst, var i gjennomsnitt på 4,6 trær ha⁻¹ år⁻¹ og negativt korrelert med grunnflatesum etter hogst.

Oppsummert kan en trekke den konklusjonen at de gjennomførte hogstene har hevdet seg godt ut fra et produksjonsperspektiv (tilvekst), og ofte med god eller akseptabel tetthet av foryngelse. De økonomiske analysene gir også som resultat at hogstene i mange tilfeller har vært økonomisk konkurransedyktige sammenlignet med flatehogst og planting. Dette forutsetter imidlertid et godt tilslag i foryngelsen. Et viktig forbehold en bør ta er at bestandene som inngikk i denne undersøkelsen er valgt ut blant bestand der skogeierne i utgangspunktet hadde vurdert at lukket hogst kan være et egnet alternativ til flatehogst og planting. De representerer følgelig ikke et tilfeldig utvalg av norsk granskog, noe som kan ha påvirket resultatene i en grad som ikke lar seg enkelt kvantifisere.

LAND/COUNTRY: Norge/Norway
FYLKE/COUNTY: Viken, Oslo, Innlandet

GODKJENT /APPROVED

Bjørn Håvard Evjen

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Aksel Granhus

NAVN/NAME

Forord

Denne rapporten sammenstiller resultater fra prosjektet «*Lukket hogst – hvor godt har det fungert?*». Analysene setter søkelys på bestandsutvikling og tilvekst i grandominert skog hvor det tidligere har vært gjennomført lukket hogst, herunder også foryngelsessituasjonen i de undersøkte skogbestandene. Datamaterialet er fra temporære prøveflater i 19 grandominerte bestand på Østlandet, der det var gjennomført lukket hogst 6-27 år tidligere. Det er med utgangspunkt i det innsamlede datamaterialet også utført økonomiske analyser med hensyn på lønnsomheten, sammenlignet med et alternativ der det forutsettes sluttavvirkning og planting.

Prosjektet har vært finansiert av Utviklingsfondet for skogbruket og Skogtiltaksfondet, samt egeninnsats fra deltakerne.

Feltarbeidet på de temporære prøveflatene og de økonomiske analysene har vært gjennomført av personale hos NORSKOG. Øvrige analyser og utarbeidelse av instruks for feltarbeidet har vært utført av NIBIO.

Vi retter med dette en stor takk til alle som har bidratt til gjennomføringen av prosjektet.

Ås 27.08.21

Aksel Granhus
Avdelingsleder Landsskogtakseringen
NIBIO

Erling Bergsaker
Skogsjef
NORSKOG

Innhold

1	Innledning	6
2	Materiale og metode	7
2.1	Undersøkelser på temporære flater	7
2.1.1	Utlekking av prøveflater - registreringer	7
2.1.2	Registrering av foryngelse	8
2.1.3	Beregning av bestandskarakteristika og tilvekst	8
2.2	Statistiske analyser	9
2.3	Skogøkonomiske analyser	9
3	Resultater	10
3.1	Bestandskarakteristika	10
3.2	Diameterfordelinger	11
3.3	Volum- og grunnflatetilvekst	13
3.4	Foryngelse	15
3.5	Skogøkonomiske analyser	19
3.5.1	Økonomi ved lukket hogst generelt	19
3.5.2	Økonomi - resultat	25
3.5.3	Følsomhetsanalyser	25
4	Diskusjon	31
5	Litteratur	34
	Vedlegg 1: Instruks for utlegging av temporære prøveflater	36
	Vedlegg 2: Modeller basert på data fra prøvetrær	40
	Vedlegg 3: Instruks for innsamling av borprøver	41

1 Innledning

Skogbruket må i dag forholde seg til forskrifter og sertifiseringsordninger som legger klare føringer på at det skal anvendes lukket hogst i granskog når forholdene økonomisk og biologisk ligger til rette for dette. Dette følger blant annet av Norsk PEFC skogstandard, Bærekraftforskriften og Markaforskriften. Formuleringen i forskrift for Oslomarka, som omfatter ca. 1,8 mill. daa skog i Oslo og nærliggende kommuner har vi hatt siden 1993. Skogstandarden som ble lansert i 1998 har suksessivt blitt gjennomført gjennom sertifisering de etterfølgende år. Bærekraftforskriften har vært gjeldende siden 2006.

Skogstandarden setter et krav om at det skal anvendes lukkede hogster der forholdene ligger til rette for det. Tilbakemeldinger fra enkeltskogeiere til næringsorganisasjonene i skogbruket er at omfanget av lukkede hogster har gått noe ned de siste årene på grunn av blandede erfaringer med hogstformen. Denne trenden bekreftes også av skogoppsynets kartlegginger som framkommer gjennom Resultatkartleggingen for skogbruk og miljø (Granhus m.fl. 2018) og av data fra Landsskogtakseringen (Stokland m.fl. 2020). Samtidig blir næringen kritisert for at omfanget av lukkede hogster er for lavt. Denne kritikken kommer opp i ulike sammenhenger, som ved revisjon av sentrale forskrifter og ved forhandlinger om skogstandarder. En utfordring i denne sammenheng er at det mangler erfaringstall som kan dokumenterer hvordan lukkede hogster har fungert med hensyn på produksjon, foryngelse og økonomi for skogeier, både totalt sett og spesifikt for ulike skogsituasjoner og vegetasjonstyper. Diskusjonen med søkelys på lukket hogst eller kontinuitetsskogbruk, som dette ofte kalles utenfor Norge, er økende også utenfor landets grenser. Vi må regne med økt fokus på dette i framtida, og det er behov for å styrke kunnskapsgrunnlaget slik at forventningsnivået til omfang blir mest mulig realistisk, og suksessraten bedre der man velger å gjennomføre lukkede hogster.

Det er gjort en del lukkede hogster som en del av den løpende skogforvaltning de siste 20-30 år. Dette gir grunnlag for etterregistreringer for å analysere hvor godt disse hogstene har fungert med hensyn til foryngelse og videre produksjon. Denne muligheten for systematisk etterregistrering er utgangspunktet for dette prosjektet.

Prosjektets overordnede mål har vært å bidra til økt kunnskap om hvordan lukket hogst fungerer under ulike forhold i Norge, basert på systematisk registrering av foryngelsestilslag, produksjon, kostnader og eventuelle skader på restbestand, for et utvalg av lukkede hogster gjennomført i Norge i perioden 1990 til 2010. Vi har rent konkret i dette prosjektet sett på hvordan foryngelse, produksjon og skogstruktur påvirkes av inngrepsstyrke og aktuelle bestandskarakteristika som kan bidra til å forklare resultatet. Vi har analysert et utvalg bestand der det var utført lukket hogst for 6-27 år siden, hvor vi i prosjektet har lagt ut temporære prøveflater for å kunne rekonstruere gjennomsnittlig årlig tilvekst og endringer i stående volum, grunnflatesum og diameterfordeling i tidsrommet etter hogsten. I tillegg til å analysere vekst på gjensatte trær og treantall og tetthet i foryngelsen, har vi også vurdert totaløkonomien som følge av ulike hogststrategier i de undersøkte bestandene. Fokus i prosjektet har vært avgrenset til lukkede hogster i ren granskog eller grandominert blandingsskog.

2 Materiale og metode

2.1 Undersøkelser på temporære flater

Det ble i prosjektet etablert temporære prøveflater i 19 grandominerte bestand der det tidligere har vært utført lukket hogst. Kandidatbestand ble identifisert og valgt ut etter kontakt med eiere av større skogeiendommer på Østlandet. Hogsten i de utvalgte bestandene hadde skjedd mellom 1992 – 2012, mens oppmålingene ble gjennomført i løpet av perioden mai 2018 til august 2019. Datamaterialet dekker dermed en tilvekstperiode på 6-27 år. H40-bonitet varierte mellom G11 og G20 i de undersøkte skogbestandene, i henhold til skogbruksplaner. Feltarbeidet ble utført av personale fra NORSKOG, ut fra en registreringsinstruks utarbeidet av NIBIO.

Basert på de innsamlede data fra prøveflatene er enkeltrærnes grunnflate og volum beregnet, og utviklingen rekonstruert tilbake til hogståret. Ut fra dette har vi estimert grunnflatetilvekst, volumtilvekst og innvoksing av nye trær, her definert som antallet trær som har vokst seg større en 5 cm i brysthøydiameter etter hogsten. Det ble videre foretatt registrering av foryngelsen (trær med høyde minst 10 cm og diameter i brysthøyde <5 cm) i prøveflatene, fordelt på hovedtreslag (gran, furu og lauvtrær). Instruksjonen og en nærmere beskrivelse av de ulike variablene som ble registrert er gjengitt i Vedlegg 1. Vi gir derfor i det følgende kun en overordnet beskrivelse av opplegget for etablering av prøveflatene og registreringsmetodikken.

2.1.1 Utlegging av prøveflater - registreringer

I hvert bestand (Tabell 1) ble det lagt ut fem sirkulære prøveflater¹, med radius 10 meter. Flatene skulle i henhold til instruksjonen legges ut langs en linje, og om mulig med jevn avstand mellom de enkelte flatene. Posisjonen til den første prøveflata ble tilfeldig valgt, og avstanden mellom prøveflatene i linja ble tilpasset bestandsstørrelsen, med et minimum på 25 meter (for å unngå overlapping mellom flatene) og maksimalt 50 m. Dersom en ved å følge den forhåndsdefinerte avstanden i linjene havnet på et areal som ikke var representativt (impediment, myr), ble plasseringen av den aktuelle prøveflata flyttet etter regler beskrevet i instruksjonen. I hver prøveflate ble diameter i brysthøyde registrert på alle trær med diameter ≥ 5 cm. Høyden (dm) ble målt for to prøvetrær i hver prøveflate, sammen med diameteren i henholdsvis brysthøyde og i stubbehøyde (0,3 meter over midlere bakkenivå). Der det var mulig ble de to prøvetrærne i hver flate valgt tilfeldig blant uskadde individer fra hver av diameterklassene 10-19 cm og ≥ 20 cm². Stubber fra hogsten ble registrert med diameter utenpå bark, slik at det senere skulle være mulig å estimere de felte trærnes diameter i brysthøyde ut fra regresjonsfunksjoner med stubbediameter som uavhengig variabel (Vedlegg 2). I de tilfeller der barken på stubben hadde falt av ble det lagt til et skjønnsmessig påslag.

For å muliggjøre rekonstruksjon av brysthøydiameter på hogsttidspunktet ble det tatt borprøver av alle prøvetrærne (dvs. inntil 10 per bestand) med tilvekstbor, jf. Vedlegg 3. Det ble boret tilstrekkelig langt inn i stammen til å få med de siste 15 årringene før hogst. Borprøvene ble senere analysert på NIBIO's årringlaboratorium.

¹ I tre små bestand ble det kun etablert tre (bestand 004 og 800) til fire (bestand 628) prøveflater.

² I noen prøveflater var det ikke mulig å få til et utvalg på to prøvetrær, slik at det totalt antallet ble under 10 i noen av bestandene. Det totale antall prøvetrær per bestand framgår av Tabell A4 i Vedlegg 2.

Tabell 1. Lokalisering, høyde over havet, bonitet og hogstår for de 19 bestandene. De to siste kolonnene viser henholdsvis registreringstidspunkt (år/måned) og antall vekstsesonger som er lagt til grunn i beregningene av total og årlig tilvekst siden hogsten.

Bestand	Kommune	UTM-sone	Nord-sør koord.	Øst-vest koord.	H. o. h.	H40- bonitet	Hogstår	Målt (år/mnd)	Vekst- sesonger etter hogst
001	Hobøl	32V	6847518	579152	90 m	G14	1993	2019/8	27
002	Høbøl	32V	6602383	607256	95 m	G14	1993	2019/8	27
004	Oslo	32V	6653956	595277	320 m	G17	2012	2018/5	6
240	Grue	33V	6699694	361227	240 m	G20	2011	2018/9	8
315	Aurskog- Høland	32V	6654722	667593	240 m	G14	1993	2018/8	26
317	Aurskog- Høland	32V	6654754	657558	245 m	G14	1993	2018/8	26
322	Oslo	32V	6656754	611749	250 m	G14	2009	2019/7	10
389	Oslo	32V	6660559	598927	400 m	G17	1999	2019/7	20
390	Oslo	32V	6660717	599825	410 m	G17	1999	2019/7	20
392	Oslo	32V	6660545	599217	365 m	G17	1999	2019/7	20
401	Nannestad	32V	6684811	606628	375 m	G17	2004	2018/7	14
402	Gran	32V	6695045	602516	475 m	G14	2004	2018/7	14
403	Hurdal	32V	6694901	607199	545 m	G14	2003	2018/7	15
540	Grue	33V	6700152	360621	305 m	G14	2011	2018/9	8
556	Rakkestad	32V	6571965	636711	155 m	G11	1992	2018/7	26
626	Lørenskog	32V	6636596	610865	295 m	G17	2006	2018/7	12
628	Lørenskog	32V	6636463	610522	290 m	G17	2006	2018/7	12
800	Nordre Follo	32V	6627285	609514	195 m	G14	1998	2018/7	20
888	Nannestad	32V	6678615	601555	520 m	G11	2000	2018/8	19

2.1.2 Registrering av foryngelse

Foryngelse (her definert som trær med høyde minst 10 cm og diameter i brysthøyde <5 cm) ble registrert i fem mindre sirkulære flater (heretter kalt telleflater) innen hver prøveflate. De fem telleflatene hadde en radius på 2,26 m (16 m²) og ble lagt ut med en flate i sentrum av prøveflata mens fire flater ble lagt ut fem meter ut fra sentrum i hver himmelretning (N, Ø, S, V). Foryngelse av henholdsvis gran, furu og lauvtrær i hver telleflate ble talt opp, og fordelt på tre størrelsesklasser definert av plantenes høyde og/eller diameter: 1) høyde = 10-29 cm, 2) høyde = 30-129 cm, og 3) høyde ≥ 130 cm og inntil diameter i brysthøyde 5 cm. Antallet foryngelse ble videre fordelt på trær som var uskadde og vitale og trær som ble bedømt som ikke utviklingsdyktige. Andelen nullruter ble bestemt ved å dele telleflatene i fire kvadranter à 4 m², og registrere antall kvadranter uten utviklingsdyktige planter. Hellingsretning, hellingsgrad og vegetasjonstypen ble registrert i hver telleflate. For flater der vegetasjonstypen var blåbærskog ble det videre foretatt en inndeling med hensyn på fuktighetsforhold, ved å klassifisere telleflata som enten en tørr, fuktig eller normal utforming av vegetasjonstypen (Larsson 2005).

2.1.3 Beregning av bestandskarakteristika og tilvekst

Med utgangspunkt i data fra prøvetrærne er det utarbeidet bestandsvise regresjonsfunksjoner med høyde som avhengig variabel og diameter i brysthøyde som uavhengig variabel (vedlegg 2). Ved hjelp av disse funksjonene ble så høyden estimert for de øvrige trærne, og stammevolumet for hvert tre ble

deretter beregnet med funksjonene til Braastad (1967), Brantseg (1967) og Vestjordet (1967). Stående volum ha^{-1} på prøveflate- og bestandsnivå ble deretter funnet ved å summere opp volumet for enkeltrærne. Barktykkelsen ble beregnet med barktykkelsesfunksjonene til Vigerust.

Trærnes diameter da hogsten fant sted ble estimert ved å utarbeide bestandsvise regresjonsfunksjoner med prøvetrærnes diametervekst siden hogsten (basert på borprøvene) som avhengig variabel, og med diameter i brysthøyde som forklaringsvariabel. For å predikere de avvirkede trærnes brysthøydiameter på hogsttidspunktet benyttet vi regresjonsfunksjoner med prøvetrærnes diameter i brysthøyde som avhengig variabel, og stubbediameter som forklaringsvariabel. Siden både utgangshøyden til de gjensatte trærne og høyden til de avvirkede er ukjent, har vi forutsatt at de hadde samme avsmalning som det vi har registrert for prøvetrær med tilsvarende diameter.

Gjennomsnittlig årlig tilvekst på bestandsnivå etter hogsten er beregnet som differansen mellom volumet av de trærne som var i live på måletidspunktet og de samme trærnes volum ved hogsttidspunktet, dividert med tilvekstperiodens lengde (antall vekstsesonger fra hogst til måletidspunktet). Det er lagt til for volumet av levende trær som hadde vokst inn i bestandet i perioden etter hogsten (dvs. trær som har vokst seg større enn diametergrensen 5 cm). Vi kjenner ikke til når på året hogstene fant sted og har derfor forutsatt at avvirkningen ble gjennomført før vekstsesongen i det angitte hogståret. Vi får da at tilvekstperioden varierer mellom 6 og 27 år. Siden vi ikke har informasjon om når i det enkelte året hogsten hadde skjedd, gir dette en mulighet for at antallet vekstsesonger fra hogsttidspunktet til feltregistreringene ble utført kan ha en feilmargen på inntil ett år. I de tilfellene hvor feltregistreringene ble gjennomført før 1. august, har vi kun inkludert tilveksten fram til og med det siste året før registreringene ble gjennomført (dvs. antall år fra hogst til måletidspunktet er da redusert med ett år).

Antall innvokste trær (foryngelse som har vokst seg forbi diametergrensen på 5 cm) i perioden etter hogsten og som fremdeles var i live ved oppmålingen i 2018-19, er på samme måte estimert med utgangspunkt i rekonstruksjonen av trærnes diameter på hogsttidspunktet.

Beregnet volum og tilvekst er i de fleste tabellene oppgitt med bark. Unntaket er økonomikapittelet, der vi har tatt utgangspunkt i volum uten bark ved å korrigere med faktorene 0,86 (bonitet 11), 0,87 (bonitet 14), 0,88 (bonitet 17) og 0,89 (bonitet 20).

2.2 Statistiske analyser

Volum- og grunnflatetilvekst etter hogst samt variasjonen i foryngelsesresultat er analysert ved hjelp av lineære regresjonsmodeller, der vi har testet ulike bestandskarakteristika som forklaringsvariabler. Modellene ble utarbeidet med prosedyrene GLM og GLIMMIX i statistikkprogrammet SAS (versjon 9.4).

2.3 Skogøkonomiske analyser

For hvert av de registrerte bestandene har vi gjennomført økonomiske analyser der vi sammenligner to ulike hogstalternativer: 1) skjermstillingshogst med to hogstinnngrep, henholdsvis før og etter etablert foryngelse, og 2) åpen hogst (flatehogst) med etterfølgende planting. Forutsetningene for analysene er nærmere beskrevet i resultatkapittelet.

3 Resultater

3.1 Bestandskarakteristika

De undersøkte bestandene hadde på hogsttidspunktet et stående volum med bark som varierte fra 112 til 740 m³ ha⁻¹, med et gjennomsnitt på 327 m³ (Tabell 2). Uttaksstyrken var i gjennomsnitt på 52 prosent av grunnflaten, med variasjon fra 3 til 86 prosent.

Tabell 2. Treantall (N), grunnflatesum (G) og stående volum (V) ha⁻¹ i de undersøkte skogbestandene umiddelbart før og etter hogsten samt ved oppmåling i 2018-2019. Trær med diameter i brysthøyde ≥5 cm.

Bestand	Før hogst			Uttak - %			Etter hogst			Målt 2018-19		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
001	936	15	112	62	86	90	356	2	12	624	19	161
002	598	20	185	36	22	20	382	16	149	382	22	218
004	902	40	444	54	54	54	414	19	206	446	24	273
240	1146	50	550	84	77	76	185	11	131	204	16	193
315	726	43	472	65	60	58	255	17	197	318	32	392
317	751	30	296	53	57	58	350	13	125	382	28	309
322	1006	38	400	1	3	3	993	37	387	993	47	508
389	420	38	330	42	41	38	242	22	203	312	35	353
390	738	55	701	32	22	21	503	43	552	503	54	669
392	503	30	295	30	33	33	350	20	199	369	30	318
401	497	29	277	38	39	39	306	17	140	318	23	227
402	503	27	238	52	63	63	242	10	89	490	15	126
403	649	29	238	41	42	41	381	16	140	401	23	214
540	694	31	330	80	78	77	140	7	75	140	10	108
556	688	19	155	52	70	75	331	6	38	414	12	84
626	1050	33	286	56	55	55	458	15	129	598	27	252
628	716	31	317	54	57	57	326	14	136	326	24	235
800	785	37	355	50	44	43	393	20	203	569	35	373
888	649	32	229	54	79	83	299	7	38	363	14	94
Gjennom- snitt	735	33	327	49	52	52	364	17	167	429	26	269

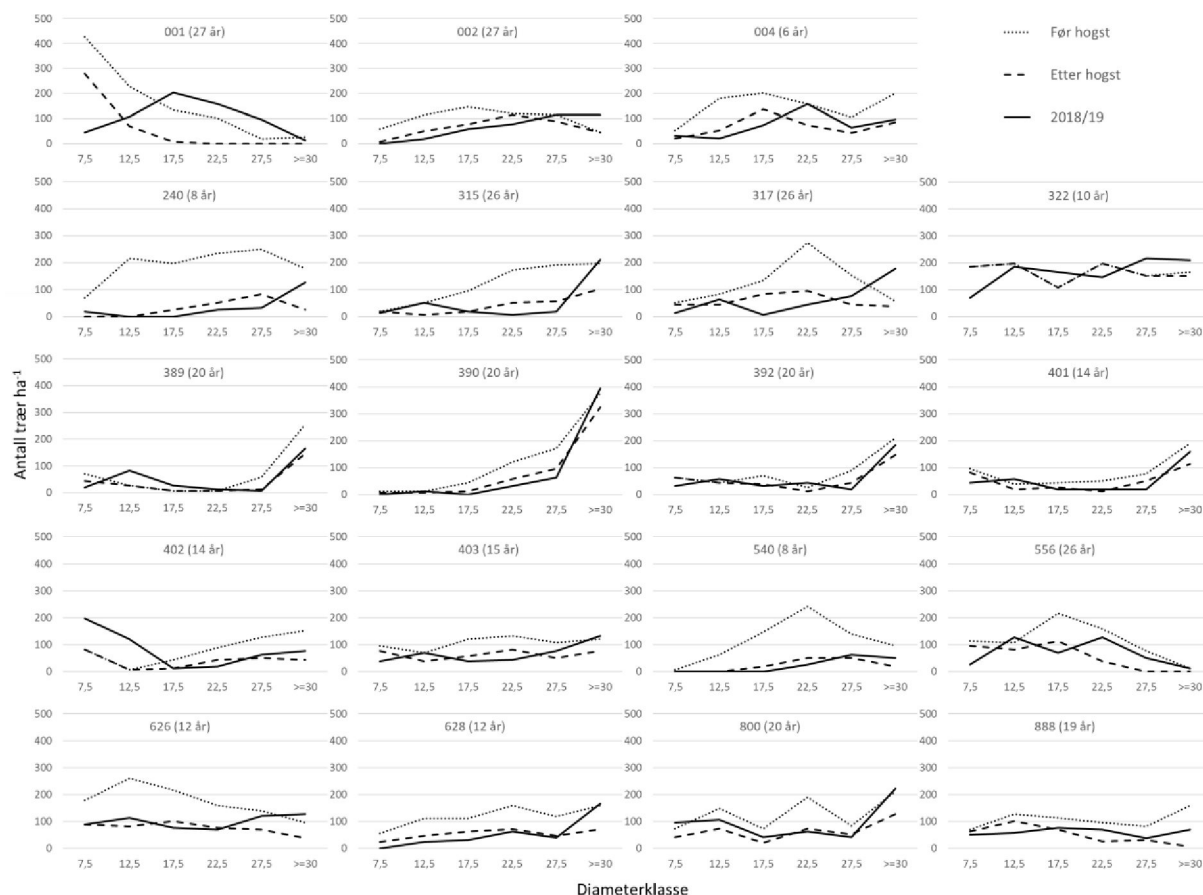
Tabell 3 viser treslagsfordelingen regnet på basis av grunnflatesum. Fordelingen før hogsten viser en klar overvekt (61-100 %) av gran i samtlige bestand. I tida mellom hogsten og oppmålingen i 2018-19 har granandelen i de fleste tilfellene endret seg relativt lite, med en svak økning i noen bestand, og moderat nedgang i andre.. De fleste av bestandene hadde et visst innslag av lauvtrær, og da hovedsakelig bjørk. Lauvtrærnes andel av den totale grunnflaten var imidlertid beskjeden, med en andel av grunnflaten på godt under ti prosent i 16 av de 19 bestandene både før hogsten og ved oppmålingen. Furu forekom i syv bestand med andeler fra 4 til 37 prosent, og med uendret eller økt andel på oppmålingstidspunktet i seks av syv bestand.

Tabell 3. Andel (% av grunnflaten) av ulike hovedtreslag før og etter hogst, i hogstuttaket og ved oppmåling i 2018-2019.

Bestand	Før hogst			Uttak			Etter hogst			Målt 2018-19		
	Gran	Furu	Lauv	Gran	Furu	Lauv	Gran	Furu	Lauv	Gran	Furu	Lauv
001	84,5	11,2	4,2	86,0	9,1	4,9	75,5	24,5	-	74,2	25,6	0,2
002	79,5	20,5	-	96,7	3,3	-	74,7	25,3	-	75,4	24,6	-
004	97,1	-	2,9	96,6	-	3,4	97,6	-	2,4	96,5	-	3,5
240	88,7	-	11,3	91,9	-	8,1	77,7	-	22,3	81,2	-	18,8
315	99,6	-	0,4	100,0	-	-	99,1	-	0,9	98,7	-	1,3
317	91,6	8,4	-	100,0	-	-	80,4	19,6	-	81,1	18,9	0,0
322	78,1	10,8	11,1	100,0	-	-	77,4	11,1	11,5	77,3	10,9	11,8
389	100,0	-	-	100,0	-	-	100,0	-	-	100,0	-	-
390	100,0	-	-	100,0	-	-	100,0	-	-	100,0	-	-
392	99,6	-	0,4	100,0	-	-	99,4	-	0,6	99,2	-	0,8
401	99,6	-	0,4	100,0	-	-	99,3	-	0,7	99,2	-	0,8
402	99,9	-	0,1	100,0	-	-	99,8	-	0,2	99,4	-	0,6
403	97,4	-	2,6	98,8	-	1,2	96,4	-	3,6	95,5	-	4,5
540	95,3	3,8	0,9	99,1	0,9	-	81,9	14,0	4,1	81,7	13,9	4,4
556	90,3	8,4	1,3	93,0	7,0	-	83,6	12,0	4,4	83,8	11,1	5,1
626	91,3	-	8,7	89,7	-	10,3	93,2	-	6,8	92,9	-	7,1
628	86,3	-	13,7	100,0	-	-	67,9	-	32,1	67,8	-	32,2
800	60,6	36,6	2,7	57,7	39,9	2,4	63,0	34,0	3,0	66,5	30,4	3,1
888	99,1	-	0,9	100,0	-	-	95,7	-	4,3	94,8	-	5,2
Gjennom- snitt	91,5	5,3	3,3	95,2	3,2	1,6	87,5	7,4	5,1	87,6	7,1	5,2

3.2 Diameterfordelinger

Diameterfordelingen før hogst var til dels svært ulik i de undersøkte bestandene (Figur 1). Det samme kan sies om hogstuttaket. Uttaket har i noen tilfeller vært i form av en bledningslignende hogstføring, med uttaket orientert mot de grøvste trærne ($D_2/D_1 > 1$) (Tabell 4). I andre bestand har uttaket derimot vært konsentrert til de mindre trærne ($D_2/D_1 < 1$), dvs. mere i retning av en tradisjonell skjermstillingshogst (høgskjerm). Kun ett bestand (001) hadde en tilnærmet omvendt J-formet diameterfordeling like etter hogsten, men denne har ikke blitt opprettholdt og bestandet hadde ved oppmålingen i 2018/19 en tilnærmet normalfordelt diameterfordeling. Om lag halvparten av bestandene hadde ved oppmålingen en mere eller mindre bimodal diameterfordeling (Figur 1).

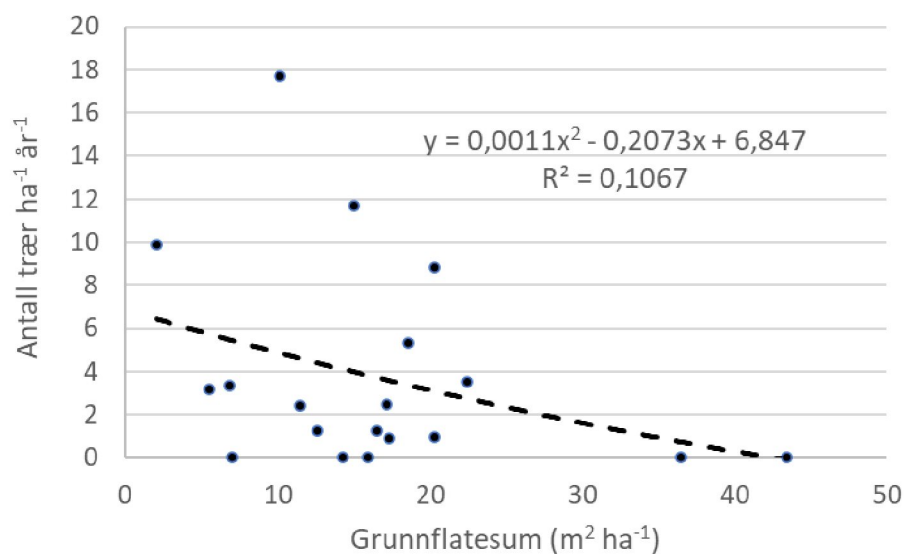


Figur 1. Diameterfordeling i de 19 undersøkte bestandene fordelt på 5 cm klasser, henholdsvis før (finstiplet kurve) og like etter (grovstiplet) hogst, samt ved oppmålingen i 2018-19 (heltrukket). Tall i parentes = år fra hogst til oppmåling.

Den årlige innvoksraten (antall trær som har vokst seg større enn diametergrensen på 5 cm, og som fremdeles var i live i 2018-19), var i gjennomsnitt på 4,6 trær ha⁻¹ år⁻¹, og var negativt korrelert med grunnflatesum etter hogst (Figur 2). Grunnflatesum etter hogst forklarte dog kun en begrenset del av variasjonen mellom bestand ($r^2 = 0,1067$).

Tabell 4. Tynningskvotient for de undersøkte bestandene (D1 = middeldiameter før hogst, D2 = middeldiameter i uttaket).

Bestand	D2/D1	Bestand	D2/D1	Bestand	D2/D1
001	1,21	389	1,02	556	1,20
002	0,77	390	0,83	626	0,98
004	0,99	392	1,11	628	1,02
240	0,96	401	1,05	800	0,95
315	0,97	402	1,16	888	1,27
317	1,06	403	1,05		
322	1,69	540	0,98		



Figur 2. Forholdet mellom grunnflatesum etter hogst ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) og gjennomsnittlig årlig innvokstingsrate for nye trær. Diametergrense = 5 cm.

3.3 Volum- og grunnflatetilvekst

Den årlige gjennomsnittlige volumtilveksten i perioden etter hogst er beregnet til $6,3 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ (med bark), med en variasjon fra 1,7 til $12,1 \text{ m}^3$ mellom bestand. Grunnflate- og volumtilveksten var positivt korrelert med grunnflatesummen like etter hogst og bonitet, og negativt korrelert med bestandets grunnflatemiddeldiameter etter hogst. Vi fant ingen signifikant effekt av uttaksstyrken (prosent av grunnflatesum). Siden antall år fra hogst til oppmåling var svært varierende (6–27 år) testet vi også om tilvekstperiodens lengde (år) kunne bidra til å forklare en del av variasjonen. Vi fant imidlertid ikke noen signifikant effekt av denne variabelen. Modellene som best forklarte gjennomsnittlig årlig volum- og grunnflatetilvekst er gjengitt i Tabell 5 og Tabell 6. Modellenes prediksjoner for ulike bonitetsklasser og nivåer av gjenstående grunnflate og middeldiameter på hogsttidspunktet framgår av Figur 3. Plott over residualer (observert minus predikert) for modellene er vist i Figur 4 (volumtilvekst, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$) og Figur 5 (grunnflatetilvekst, $\text{m}^2 \text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$).

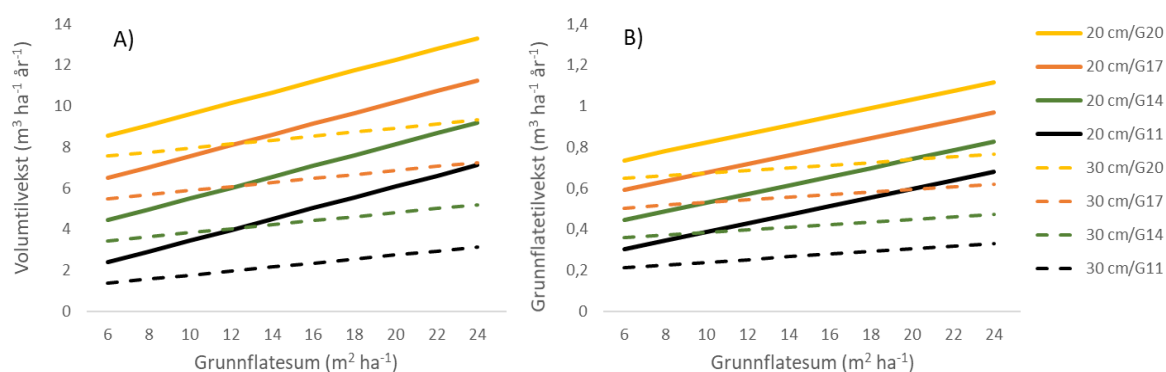
Tabell 5. Funksjon med parameterestimater samt determinasjonskoeffisient (R^2) og middelfeil (RMSE) for årlig volumtilvekst med bark. G_{START} og D_G er henholdsvis grunnflatesum ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) og grunnflatemiddeldiameter (cm) umiddelbart etter hogsten.

Parameter	Parameterestimat	Standardfeil	t-verdi	p-verdi
Konstantledd	-6,76590	3,70410	-1,83	0,0877
G_{START}	0,59755	0,18288	3,27	0,0052
$D_G * G_{\text{START}}$	-0,01666	0,00585	-2,85	0,0122
Bonitet (H_{40})	0,68623	0,24614	2,79	0,0138
$R^2 = 0,57$				
RMSE = 2,1406				

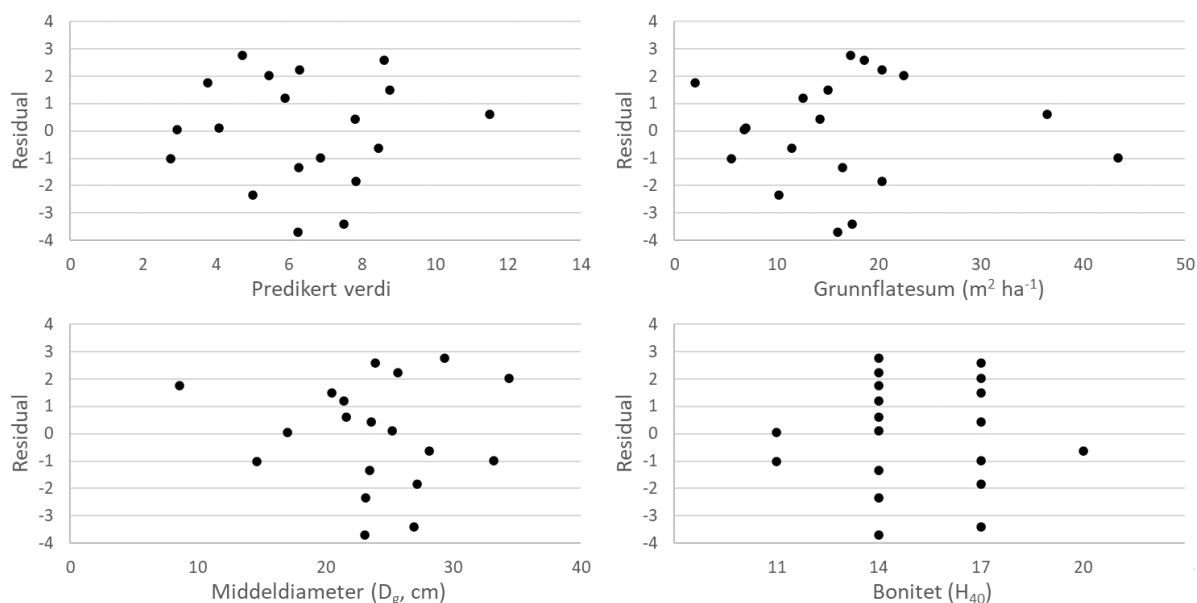
Tabell 6. Funksjon med parameterestimat samt determinasjonskoeffisient (R^2) og middelfeil (RMSE) for årlig grunnflate-tilvekst. G_{START} og D_G er henholdsvis grunnflatesum ($m^2 ha^{-1}$) og grunnflatemiddeldiameter (cm) umiddelbart etter hogsten.

Parameter	Parameterestimat	Standardfeil	t-verdi	p-verdi
Konstantledd	-0,35756	0,32554	-1,10	0,2894
G_{START}	0,01607	0,01607	3,13	0,0070
$D_G * G_{START}$	-0,00146	0,00051432	-2,84	0,0125
Bonitet (H_{40})	0,04834	0,02163	2,23	0,0411

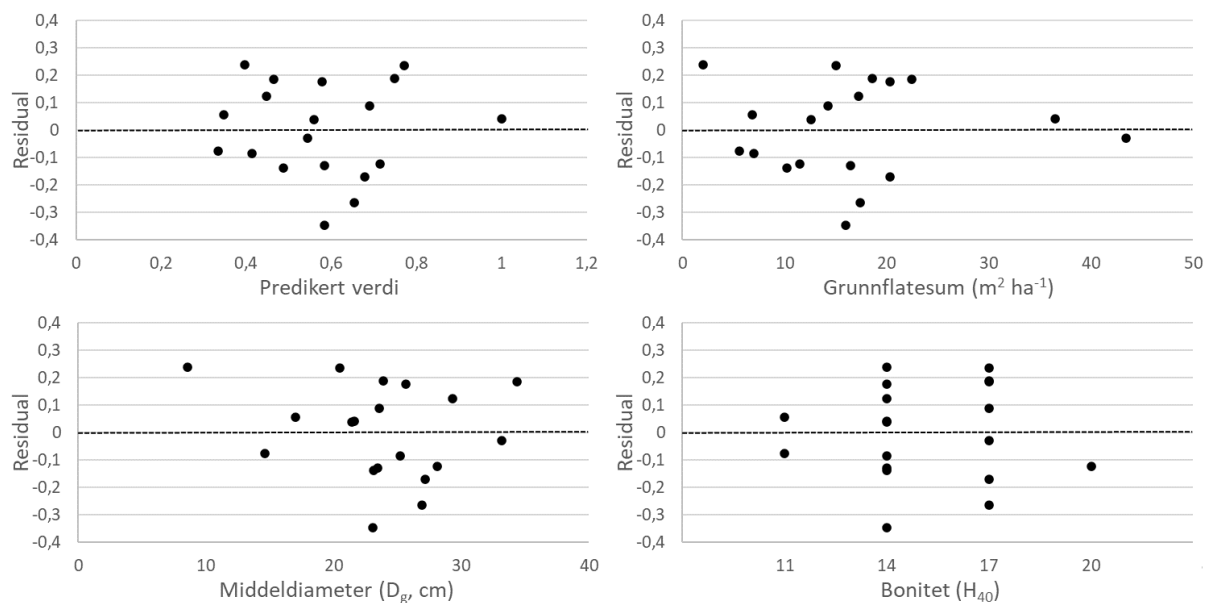
$R^2 = 0,49$
RMSE = 0,18813



Figur 3. Årlig grunnflate- (A) og volumtilvekst (B) i perioden mellom hogstene og oppmålingen i 2018-19, sett i sammenheng med bonitet samt stående grunnflate og grunnflatemiddeldiameter ved starten av tilvekstperioden.



Figur 4. Residualplott for modellen for årlig volumtilvekst (Tabell 5).



Figur 5. Residualplott for modellen for årlig grunnflatetilvekst (Tabell 6).

3.4 Foryngelse

Det totale antallet av foryngelse (her: trær høyere enn 10 cm og med diameter i brysthøyde <5 cm) varierte mellom 2 575 og 35 575 ha⁻¹, med et gjennomsnitt på 8 990 (Tabell 7). Av dette utgjorde bartrær i gjennomsnitt 64 prosent, men med stor variasjon mellom bestand (29 - 99%). Dette var i all hovedsak gran – furuforyngelse ble kun observert i 11 av de 19 bestandene, og med ett unntak (bestand 556) kun i de to minste størrelsesklassene.

Tabell 8 gir en oversikt over antall planter som ble bedømt som utviklingsdyktige. Når en ser alle bestandene under ett ble 68 prosent bedømt som potensielle framtidstrær (gjennomsnitt for bartrær 80 %, lauvtrær 25%).

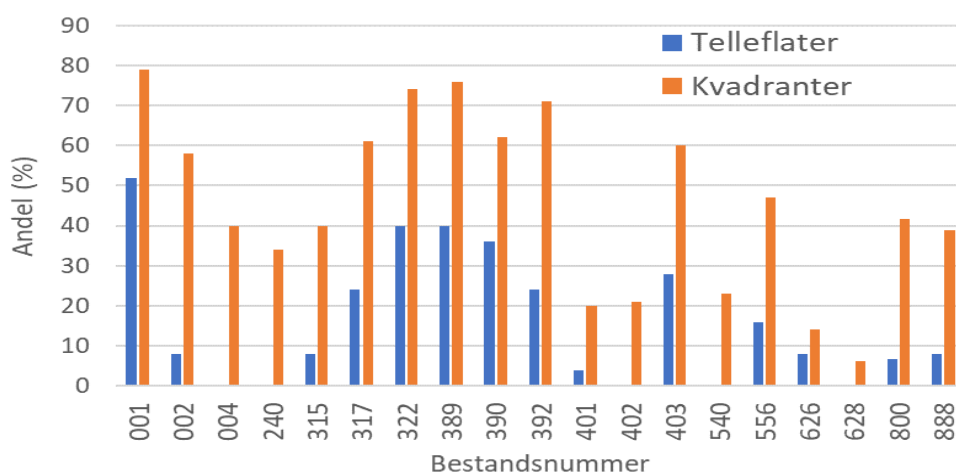
Telleflatene ble også delt i fire kvadranter à 4 m², hvor vi for hver kvadrant registrerte om det fantes minst en utviklingsdyktig bartreplante (vi ser her bort fra trær med diameter ≥5 cm). Ut fra dette er det beregnet en gjennomsnittlig «nullruteprosent» per bestand som vist i Figur 6. I samme figur kan en også se hvor stor andel av hele telleflater (16 m²) som ikke hadde minst én utviklingsdyktig bartreplante. Gjennomsnittene for samtlige bestand var 46 (andel tomme kvadranter) og 16 (andel tomme telleflater) prosent.

Tabell 7. Totalt antall ha⁻¹ av foryngelse med høyde minst 10 cm og brysthøydiameter inntil 5 cm, gruppert på hovedtreslag og tre størrelsesklasser.

Bestand	Gran			Furu			Lauvtrær			Totalt		Sum
	0,1-0,3 m	0,3-1,3 m	>1,3 m	0,1-0,3 m	0,3-1,3 m	>1,3 m	0,1-0,3 m	0,3-1,3 m	>1,3 m	Bar- trær	Lauv- trær	
001	1025	375	25	100	-	-	775	1000	75	1525	1850	3375
002	975	125	75	1125	25	-	225	275	50	2325	550	2875
004	3208	1500	42	-	-	-	1333	3208	-	4750	4542	9292
240	550	3475	50	-	-	-	175	5100	-	4075	5275	9350
315	1200	2300	625	-	125	-	-	425	200	4250	625	4875
317	725	1025	175	-	325	-	-	225	150	2250	375	2625
322	1175	425	25	125	-	-	525	300	-	1750	825	2575
389	525	425	350	-	-	-	2475	775	-	1300	3250	4550
390	2575	275	25	-	-	-	2525	150	-	2875	2675	5550
392	1450	775	325	-	-	-	1825	1900	-	2550	3725	6275
401	3050	2300	500	-	-	-	1450	1950	-	5850	3400	9250
402	3125	3525	975	175	100	-	350	1350	175	7900	1875	9775
403	2750	2400	350	-	-	-	400	1525	100	5500	2025	7525
540	5100	2000	700	400	475	-	175	3500	-	8675	3675	12350
556	425	2100	200	225	1125	350	50	3700	100	4425	3850	8275
626	11325	21225	250	-	50	-	525	2150	50	32850	2725	35575
628	3531	15250	1000	-	-	-	250	-	-	19781	250	20031
800	2208	208	250	875	458	-	333	1083	-	4000	1417	5417
888	1100	2025	550	75	150	-	525	6625	225	3900	7375	11275
Gjennom- snitt	2422	3249	342	163	149	18	733	1855	59	6344	2647	8990

Tabell 8. Antall utviklingsdyktige trær ha⁻¹ med høyde minst 10 cm og brysthøydediameter inntil 5 cm, gruppert på hovedtreslag og størrelsesklasser.

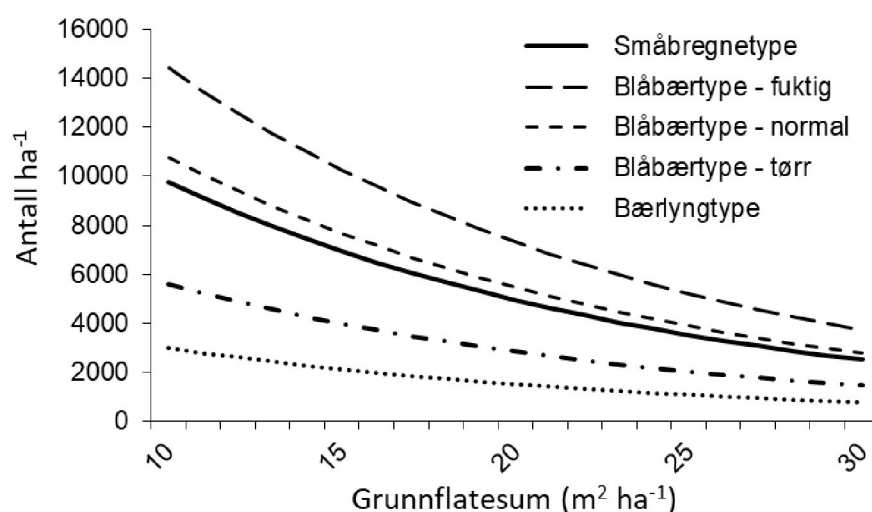
Bestand	Gran			Furu			Lauv			Totalt		Sum
	0,1-0,3 m	0,3-1,3 m	>1,3 m	0,1-0,3 m	0,3-1,3 m	>1,3 m	0,1-0,3 m	0,3-1,3 m	>1,3 m	Bar-trær	Lauv-trær	
001	475	325	25	100	-	-	325	500	50	925	875	1800
002	825	100	50	1000	25	-	175	200	25	2000	400	2400
004	3167	1500	42	-	-	-	1208	3208	-	4708	4417	9125
240	550	3475	50	-	-	-	175	3575	-	4075	3750	7825
315	1200	2300	625	-	100	-	-	425	200	4225	625	4850
317	700	875	175	-	175	-	-	225	150	1925	375	2300
322	950	300	-	125	-	-	475	225	-	1375	700	2075
389	400	300	200	-	-	-	1100	350	-	900	1450	2350
390	1450	150	25	-	-	-	1075	125	-	1625	1200	2825
392	925	400	175	-	-	-	550	600	-	1500	1150	2650
401	2200	1850	450	-	-	-	725	1150	-	4500	1875	6375
402	2950	3350	750	175	75	-	350	1300	175	7300	1825	9125
403	2750	2375	200	-	-	-	375	1525	100	5325	2000	7325
540	5100	2000	700	400	450	-	175	2300	-	8650	2475	11125
556	425	2075	175	225	875	150	50	3625	100	3925	3775	7700
626	3550	10775	250	-	50	-	-	-	-	14625	-	14625
628	1531	7750	500	-	-	-	94	-	-	9781	94	9875
800	1667	208	208	667	375	-	208	1042	-	3125	1250	4375
888	1100	2000	475	75	150	-	525	6625	225	3800	7375	11175
Gjennomsnitt	1680	2216	267	146	120	8	399	1421	54	4436	1874	6311



Figur 6. Andel telleflater (16 m²) og kvadranter (4 m²) uten utviklingsdyktige bartreplanter. Gjennomsnitt per bestand.

Gjennom regresjonsanalyser har vi undersøkt i hvilken grad gjenstående grunnflate i prøveflatene ved hogsttidspunktet samt vegetasjonstypen i telleflatene kunne forklare noe av den betydelige variasjonen i antall utviklingsdyktige bartrær. Blåbærtypen var den hyppigst forekommende vegetasjonstypen i datamaterialet, og ble i analysene delt i tre utforminger, henholdsvis fuktig og tørr samt normalutformingen (Larsson 2005). Vi ønsket også å teste om antall år siden hogsten kunne forklare noe av variasjonen, men denne variabelen var sterkt korrelert med boniteten i de ulike bestandene. Vi utelot derfor å inkludere begge disse variablene.

Analysene gav som resultat at antallet utviklingsdyktige planter avtok signifikant med økende grunnflate like etter hogst (Figur 8, Tabell 9). Også vegetasjonstypen i prøveflatene bidro signifikant til å forklare deler av variasjonen i datamaterialet. Planteantallet var høyest i fuktige utforminger av blåbærskog, og lavest i bærlyngskog og tørre utforminger av blåbærskog.



Figur 7. Antall utviklingsdyktige bartreplanter (trær høyere enn 10 cm og brysthøydediameter inntil 50 mm), som funksjon av vegetasjonstypen på prøveflatene og grunnflatesum like etter hogsten. Parameterestimater for regresjonsmodellen er gjengitt i Tabell 9.

Tabell 9. Logaritmisk modell som beskriver sammenhengen mellom uavhengige variable og antallet utviklingsdyktige bartreplanter. Merk at halve variansestimater (σ^2) skal legges til predikert verdi før tilbaketransformering til original skala.

Variabel	Estimat	Standardfeil	DF	t-verdi	p-verdi
Konstantledd	7,1839	0,4414	88	16,27	<0,0001
Småbregnetype	1,1861	0,3919	341	3,03	0,0027
Blåbærskog - fuktig	1,5772	0,3421	341	4,61	<0,0001
Blåbærskog - normal	1,2859	0,3379	341	3,81	0,0002
Blåbærskog - tørr	0,6302	0,4018	341	1,57	0,1177
Bærlyngskog	0	-	-	-	-
Grunnflate etter hogst	-0,06786	0,01791	341	-3,79	0,0002
σ^2	2,9865	0,5119			

3.5 Skogøkonomiske analyser

Når man benytter lukket hogst vil det være forhold som bidrar til å redusere kostnadene sammenlignet med flatehogst, og forhold som bidrar i motsatt retning. Nettoeffekten er ikke åpenbar, og vi gjør derfor innledningsvis en generell vurdering av de ulike forhold som vil påvirke det økonomiske resultatet. Den etterfølgende økonomiske analysen bygger på analyser av verdiutvikling med diskonterte kostnader og inntekter fra to alternative behandlingsstrategier, henholdsvis:

- Ordinær slutthogst og planting.
- Skjermstillingshogst med naturlig foryngelse.

Alternativet med ordinær slutthogst og planting verdsettes ut ifra slutthogst gjennomført som flatehogst for det enkelte bestand samme år som frøtrestillingshogsten. Verdien av dette alternativet fremkommer som den konkrete verdien av slutthogsten pluss grunnverdien av arealet, beregnet etter «Tabeller for beregning av verdien av skogbestand» (Svendsrud 2000).

For alternativet med skjermstillingshogst er verdien av det enkelte bestand beregnet som verdien av selve skjermstillingshogsten pluss diskontert verdi av skogbestanden slik dette fremsto på oppmålingstidspunktet i 2018/2019. Verdien er beregnet som summen av avvirkningsverdien for den eldre skogen pluss venteverdi av etablerte foryngelse. Venteverdien er beregnet etter Svendsrud (2000).

Utgangspunktet for analysene har i tillegg til erfaringene fra prosjektet særlig vært rapportene:

- *Strategi for valg av foryngelsesmetode – noen forhold som påvirker lønnsomheten ved skjermstillingshogst (Eid og Hoen 2005).*
- *KONTUS. Sammenligning av driftspris og skader på gjenstående trær og terreng ved selektiv hogst etter prinsippet KONTUS og snauhogst (Stener m.fl. 2004).*
- *Flerbruksrettet driftsteknikk (Aamodt 1993).*
- *Hyggesfritt skogsbruk. En kunnskapssammanställning från Sverige och Finland (Hannerz m. fl. 2017).*

3.5.1 Økonomi ved lukket hogst generelt

Lukket hogst vil kunne påvirke lønnsomheten i skogforvaltningen ved at følgende parametere vil bli påvirket:

- Planlegging og administrasjon av de enkelte drifter, ved at større areal blir involvert, alternativt at de enkelte drifter blir redusert i uttak.
- Driftskostnader for det enkelte hogstinngrep, som følge av endring i uttak per daa og middeldimensjon.
- Virkespriser, som følge av at middeldimensjonen blir påvirket.
- Skogkulturkostnader, bl.a. som følge av redusert behov for planting.
- Tilvekst, bl.a. som følge av lengre foryngelsestid (ventetid) og redusert bruk av foredlet frømateriale.
- Risiko, som følge av endret risikobilde for råde og vindfall.

Dette er parametere som både bidrar til reduksjon og økning i henholdsvis kostnader og inntekter. Vi har nedenfor gjort nærmere vurderinger av hver enkelt av disse.

Planlegging og administrasjon av de enkelte drifter

Lukket hogst er mer faglig krevende og krever noe mer detaljert planlegging per m³ uttak enn en ren flatehogst, samt at hogstarealet i seg selv blir vesentlig økt for å kunne ta ut samme hogstkvantum. Merkostnaden ved dette er lite undersøkt og vi har ikke konkrete tall som kan benyttes her. Her vil det likevel utvilsomt være en tilleggskostnad ved lukkede hogster, som må hensyntas ved vurderingen. Det kan antas at dette vil være kostnader på i størrelsesorden 5 – 10 kr per m³.

Driftskostnader

Driftskostnadene ved skjermstillingshogst vil påløpe i minst to omganger:

- Hogst 1, for etablering av skjerm.
- Hogst 2, for avvikling av skjerm.

Hogst og utkjøring 1 - etablering av skjerm:

Denne hogsten blir normalt gjort samtidig eller noen år tidligere enn en alternativt ville gjennomført en ordinær sluttavvirkning. Produksjonen ved hogst og uttransport av virke påvirkes av virkesmengden per arealenhet som skal avvirkes. Driftskostnaden vil øke med synkende volum pr arealenhet som skal tas ut, som følge av at mer tid går med til å flytte maskinen. Maskinflyttingen vil også i seg selv være noe mer tidkrevende på grunn av behov for å kjøre forsiktig og unngå skader på gjenstående skog. Tømmerhogst er «stykk-håndtering» og produksjonen målt i form av avvirket tømmervolum per tidsenhet vil øke med økende middeldimensjon på de trær som skal tas ut. Ved en selektiv hogst som skjermhogst vil en i noen grad prioritere uttak av de største trærne i bestandet, slik at middeldimensjonen i lukket hogst normalt vil kunne bli noe høyere enn ved ordinær sluttavvirkning hvor i prinsippet alle trær hogges. Dette er kostnadseffekter som langt på vei kan beregnes.

I driftene som inngår i dette prosjektet er denne effekten variabel. I gjennomsnitt for disse driftene har middeldimensjonen i uttakene vært åtte prosent lavere enn gjennomsnittet for hele bestandet. I 14 av de 19 undersøkte bestandene var middeldimensjonen i uttaket lavere enn gjennomsnittet for bestandet. Om en legger til grunn at middeldimensjonen synker med åtte prosent vil dette isolert sett bidra til en økt driftspris med 2 kr per m³, basert på Skogkurs sin driftspriskalkulator. Om en i tillegg legger til grunn at uttaket per daa reduseres fra 28,1 m³ til 13,5 m³, slik gjennomsnittstallene fra de undersøkte driftene viser (nyttbart volum per daa uten bark), øker driftsprisen totalt med 13 kr per m³.

Om en skulle oppnå økt middeldimensjon, indikerer simulering med Skogkurs sin driftskalkulator at middeldimensjonen må økes med 25 prosent for fullt ut å kompensere for effekt av redusert uttak per daa og redusert driftsstørrelse, når uttaket er 60 prosent av volumet ved lukket hogst, og ellers like forhold.

Et ytterligere forhold som påvirker produksjonen i lukket hogst er behovet for å fortløpende vurdere riktig tre for uttak samt hensyn for å minimalisere omfanget av skader på gjenstående trær. Den mulige reduksjonen i produksjon som følge av slik økt krav til aktsomhet er mer krevende å beregne.

Åmodt m.fl. (1992) undersøkte to driftsområder med ulike hogstformer i Oslo kommuneskoger og kom fram til redusert produksjon på hogstmaskinen ved skjermstilling på henholdsvis 7,7 og 21,2 %. En svensk undersøkelse indikerer samme nivå (Hånell m.fl. 2000).

KONTUS-prosjektet gjorde i 2004 også grundige utprøvinger av dette (Stener m. fl. 2004). Deres konklusjon var at «det ikke er entydig at hogstmaskinen bruker mer tid per m³ ved den form for lukket hogst som KONTUS-prosjektet undersøkte. Arbeidstiden per opparbeidet tre økte, men dette ble her kompensert for av økt middeldimensjon. Det samme prosjektet viste videre at tidsforbruket for

utkjøring av tømmeret med lastetraktor økte med 3 – 54 prosent ved selektiv hogst, som i 2004 representerte en økt kostnad på 1 – 8 kr/m³.

Jonsson og Sonesson (2017) rapporterer med utgangspunkt i forsøk fra Småland og Ångermanland at driftskostnadene øker med 28 prosent og dieselforbruket med 21 prosent i bledningshogst sammenliknet med ordinær flatehogst, og at kostnadsnivået tilsvarte seine tynninger. En skjermstillingshogst vil være et noe sterkere inngrep og vil sannsynligvis ha noe lavere kostnadsøkning.

Vi har forespurt eierne av skogeiendommene som har vært med i denne undersøkelsen om deres erfaringer med avvirkningskostnader for lukket hogst. Alle peker på et en får noe høyere avvirkningskostnad, men i hvor stor grad varierer. Svarene viser kostnadsøkning på 12 – 40 kr/m³. De største kostnadsøkningene antas å ha noe element av at lukkede hogster gjennomføres noe tidligere og da med noe mindre dimensjoner enn for åpen hogst. På dette grunnlag har vi i våre analyser lagt til grunn en økt kostnad på 20 kr/m³ ved gjennomføring av skjermstillingshogsten, hogstinngrep 1.

Hogst og utkjøring 2 - avvikling av skjerm:

Denne hogsten blir normalt gjort 10 – 20 år etter hogst 1, og etter at foryngelsen er såpass etablert at det tåles noe avgang i forbindelse med hogstinngrepet, samt at foryngelsen er såpass robust at den tåler både fristilling og selve hogstgjennomføringen. Blant de undersøkte bestandene er det stor spredning i alder på skjermen, hvorav enkelte har blitt stående i over 25 år. Såfremt skjermtrærne blir stående vil de som følge av fristillingen legge en del på seg i skjermstillingsperioden, slik at middeldimensjon i uttaket blir relativt stor. Kostnadsreduksjonen som følge økt dimensjon vil her erfaringsmessig langt på vei oppveie effekten av begrenset hogstvolum per arealenhet. Det har jevnt over vært en god tilvekst på skjermtrærne i de undersøkte bestandene, i gjennomsnitt er middeldimensjonen for skjermtrærne 46 prosent høyere enn før hogst. Basert på Skogkurs sin driftspriskalkulator bidrar denne dimensjonsøkningen isolert sett til en redusert driftspris med 9 kr/m³.

Også ved denne hogsten vil det være behov for ekstra aktsomhet i selve gjennomføringen, for å begrense skader på foryngelsen som er etablert. Dette må en regne med har noe effekt på kostnadene. Det er lite trolig dette vil oppveie effekten av økt middeldimensjon. Vi har lagt til grunn netto redusert driftspris for denne hogsten på 7 kr/m³ sammenliknet med driftsprisen ved flatehogst.

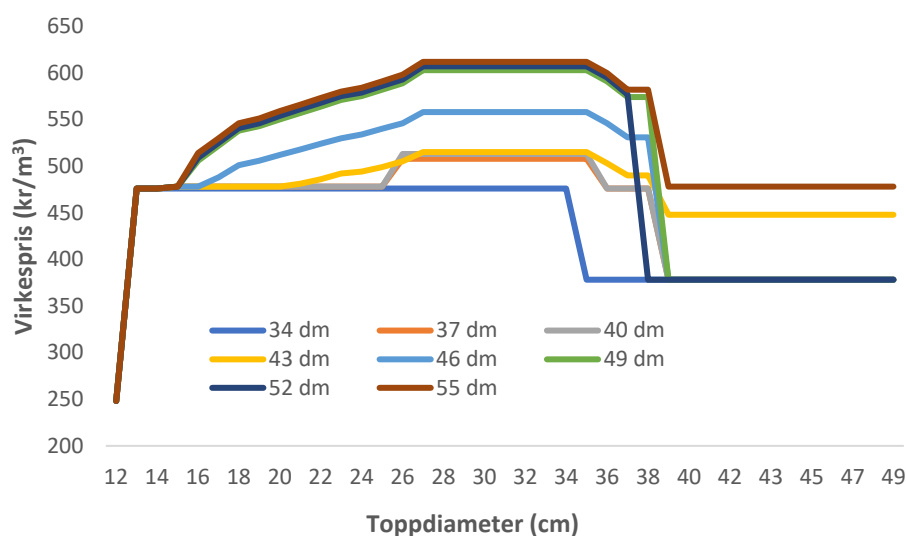
I analysen har vi lagt til grunn følgende forutsetninger for driftskostnader (Tabell 10):

Tabell 10. Forutsetninger om driftskostnader (kroner/m³) i de økonomiske analysene per bonitetsklasse.

Hogstinngrep	Bonitet		
	11	14	17+
Flatehogst	125	120	115
Skjerm, etablering	145	140	135
Skjerm, avvikling	118	113	108

Virkespriser

Virkesprisen vil i prinsippet være dimensjonsavhengig, som følge av at massevirkeandelen vil synke med økende middeldimensjon i uttaket, samt at sagtømmerprisen vil øke med økende dimensjon opp til et visst nivå. I hvilken grad sagtømmerprisen vil endres med dimensjon vil variere med pristabell for de enkelte sagbruk. Det generelle utviklingstrekk er at prispremiering av økte sagtømmerdimensjoner er av stadig mindre betydning. Denne utviklingen gjelder i større grad diameterpremiering enn lengdepremiering. Det er dermed ikke entydig at prisen vil øke med økende dimensjon. Figur 8 viser et eksempel på en nyere prismatrise for sagtømmer der prisen øker opp til toppdiameter 26 cm, for så å være stabil til en toppdiameter på rundt 35 cm. Ytterligere økning i dimensjon vil gi redusert pris.



Figur 8. Eksempel på prismatrise for sagtømmer.

En hogstform som stimulerer til økt middeldimensjon kan i prinsippet bidra til økte virkespriser, forutsatt at dimensjonene ikke blir for store og at hogstformen ikke bidrar til økt råte eller andre virkeskader som trekker i annen retning. Slik pristabellene er utformet, og med økt risiko for råte med økende alder, blir det vanskelig å konkludere generelt med at virkesprisene vil øke med økt alder og middeldimensjon. Vi har i denne analysen lagt til grunn samme virkespris for alle hogstinngrepene.

Vi har lagt til grunn en gjennomsnittlig sagtømmerpris på 550 kr/m³ og massevirkepris på 300 kr/m³, med 70 prosent sagtømmer for boniteten 17 og bedre og 65 prosent sagtømmerandel for svakere boniteter.

Skogkulturkostnader

Et av formålene med lukket hogst er å etablere naturlig foryngelse. I dette ligger det følgelig en mulig besparelse i forhold til ordinær flatehogst, der det vanligvis må forynges med planting. Plantekostnadene varierer med bonitet og forhold på stedet. Gjennomsnittlig plantekostnad i Norge var i 2020 på 1090 kr/daa (Statistisk Sentralbyrå 2020). Dette er brutto kostnad, hvor det ikke er tatt hensyn til effekt av eventuelt statsbidrag eller effekt av overavskrivingen som følge av skogfond. Det er i skogstrøkene normalt ikke bidrag til planting, ut over bidrag til merkostnad ved spesielt tett planting og suppleringsplanting.

Effekten av meravskriving (skattefordelen) i Skogfond bør hensyntas, selv om beregningene her gjøres før skatt. Denne effekten vil avhenge av skattenivå. Vi har lagt til grunn at effekten av dette i gjennomsnitt tilsvarer 30 prosent statsbidrag, og vi har på dette grunnlag beregnet sannsynlige skogkulturkostnader som er lagt til grunn i grunnverdiregningene.

Det kan hevdes at lukket hogst også reduserer behovet for ungskopleie, som følge av at skjermtrærne i noen grad skygger ut lauvoppslaget. Hvis en treffer godt med tetthet i restbestand så kan dette være tilfellet, men her er erfaringene sammensatt. Resultatene fra de felt vi har sett på, viser situasjoner hvor ungskopleie for mange av feltene vil være aktuelt, og hvor innsparingen her i mindre grad blir reell.

Forutsetninger om planteantall og plantekostnad per daa for beregningsalternativet flatehogst med etterfølgende planting framgår av Tabell 11.

Tabell 11. Forutsetninger antall planter per dekar og kostnader til planting.

Bonitet	Plantetall/daa	Kostnad i kr/daa (etter effekt av tilskudd/skogfond)
20	250	960
17	200	770
14	160	620
11	100	385

Tilvekst

Ventetid:

Tiden det tar fra en skjerm blir etablert til en tilstrekkelig foryngelse er etablert vil normalt representere en kostnad, sammenliknet med kulturforyngelse, som følge av at det tar noe lengre tid å få etablert foryngelse med tilfredsstillende tetthet naturlig enn ved planting. Denne ventetida på foryngelse vil være i intervallet 5 – 20 år avhengig av frømodning og vegetasjonstype og føre til redusert produksjon i denne perioden. Gjennomsnitt for de undersøkte feltene viser en gjennomsnittlig ventetid på 9,7 år, vurdert ut ifra tidspunkt for skjermstillingshogsten og kalkulert gjennomsnittsalder for de 100 største trær i foryngelsen. I hvilken grad produksjonen blir redusert vil avhenge av tilveksten på skjermtrærne. I våre felt har vi målt god relativ tilvekst i tidsrommet etter hogst, med en gjennomsnittlig årlig tilvekstprosent på 3,8% når en regner med trær som har vokst seg større en brysthøydiameter 5 cm. I gjennomsnitt var volumet i skjermene 16,7 m³/daa. Gjennomsnittlig alder på skjermene var 17 år og på den tiden hadde volumet økt til 26,9 m³/daa, jfr. Tabell 2. Denne volumøkningen bidrar vesentlig til styrking av lønnsomheten ved lukket hogst for de analyserte feltene.

Teoretisk sett er utsatt hogst av skjermtrærne en kostnad. I hvilken grad dette blir en kostnad vil være avhengig av den verditilvekst vi får på skjermtrærne. Når disse blir valgt ut blant trær med best vekstpotensial, kan en oppnå ganske god tilvekst på disse. Om verditilveksten på skjermtrærne er lik rentekravet blir denne kostnaden eliminert, og om det overstiges vil denne tilveksten bidra til å styrke lønnsomheten ved alternativet lukket hogst. For å oppnå positiv verditilvekst må de best egnede skjermtrærne velges ut. Dette må være trær som både vil være stabile i den mer fristilte posisjonen i skjermen, samtidig som de har tilstrekkelig barmasse for å utnytte fristillingen til økt tilvekst.

Tap av foredlingsgevinst:

Ved kulturforyngelse vil en normalt forynge med planter produsert fra foredlet frø. Foredlingsgevinsten i form av økt vekst og produksjon er markant og ligger i intervallet 10 – 20 %. Dette er en økt tilvekst en vil gå glipp av ved naturlig foryngelse. Tap av denne gevinsten må regnes inn som en kostnad ved naturlig foryngelse.

I rapporten *Hyggesfritt skogbruk* (Hannerz m.fl. 2017) skriver Sonnesson om ulike forsøk i Sverige der man har sett på produksjon og økonomi for ulike skjøteselsmodeller og oppsummerer slik: «Trots osäkerheterna kan vi ganska säkert säga att medeltilväxten i de olika hyggesfria alternativen är lägre än i kalhyggesbruket». I samme rapport skriver Jari Hynynen om studier av tilvekst i flersjiktete og ensjiktete granskoger i Finland: «Studien viser att beståndstilväxten i medelålders, likeåldriga bestånd er högre än i olikåldriga bestånd vid samma beståndstäthet» og antyder en forskjell som kan avledes til størrelsesorden 20 %. Denne sammenlikningen er gjort mot mer bledningsliknende fleraldersskog som ikke helt vil samsvare med en skjermstillingshogst.

Vi har i kalkylene lagt til grunn at foredlingsgevinsten tilsvarer en halv bonitetsklasse og har inkludert dette i grunnverdiregningene for alternativet med ordinær flatehogst.

Risiko

Risiko vil også være en kostnad. Økt risiko må kompenseres med mulighet for økt lønnsomhet. Det vil være flere risikofaktorer knyttet til lukket hogst, som:

- Risiko for tap av skjermtrær

Skjermtrær vil være mer utsatt for vindfelling og snøbrekk etter at de er fristilt i skjermstillingshogsten. Dette følger av at den såkalte sosiale stabiliteten blir svekket. Denne risikoen kan begrenses ved å velge bestand som er best egnet for lukket hogst, men risikoen vil alltid være der i noen grad. Risikoen for vindfall og snøbrekk vil variere med stammeform, kronelengde og grunnforhold/vegetasjonstype. Risikoen kan med andre ord reduseres ved å begrense lukket hogst til bestand med redusert risiko for slike skader. Kostnaden knyttet til denne risikoen kan også reduseres ved å velge bestand som har enkel adkomst, slik at det vil være begrensede kostander knyttet til å ta ut vindfall i tilfellet det skulle bli behov.

Risiko for skader er analysert av Seppo Nevalainen i rapporten *Hyggesfritt skogbruk* (Hannerz m.fl. 2017), og peker blant annet på risiko for vindfelling av skjermtrær etter skjermhogst. For mer gjennomført fleraldersskogbruk anser de ikke risikoen for vindfelling som høyere enn ved flateskogbruk. Prosjektet *Vindfellingsfrekvens og trestabilitet ved lukkede hogster* så også på risikoen for vindfelling etter skjermstillingshogster og sterke tynninger, og hvor risikoen er funnet å øke med økende uttaksstyrke (Bergsaker og Solberg 2009).

- Risiko for skader på gjenstående trær

Skader på gjenstående skog kan fremstå som brekkskader, sårskader på stammen i form av barkavskraping med misfarging eller råde som følgeskade, og rotskader med etterfølgende råde (Isomäki & Kallio 1974). Dette er risiko som kan begrenses med god planlegging, valg av egne bestand og gjennomføring, men risikoen kan ikke elimineres. Risikobegrensingen i seg selv vil også ha en kostnad. Hogstundersøkelsene beskrevet av Aamodt m.fl. (1993), viste skader på 10 – 18 prosent av gjenstående trær. I KONTUS-prosjektet fant man et skadeomfang på 8 – 26 prosent av gjenstående trær, med stamme- og rothalsskader som dominerende skadeform (Stener m.fl. 2004). I en studie av blodningslignende hogster i granskog fant Fjeld og Granhus (1998) at i overkant av 11 prosent av de gjenstående trærne (høyde minst 3 m) hadde mekaniske skader, med sårskader på stammen og skader på krona som de dominerende skadetyper.

- Risiko for dårlig foryngelse

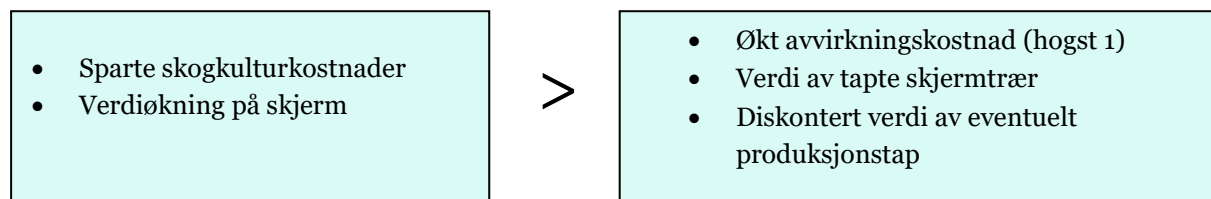
Et sentralt formål med å velge lukket hogst framfor flatehogst er å oppnå naturlig foryngelse. Det vil alltid være en viss risiko for ikke å oppnå tilstrekkelig foryngelse, som eventuelt må følges opp med utsatt hogst av skjermtrærne eller suppleringsplanting. Begge løsningsalternativ representerer en kostnad. Risikoen kan også her begrenses av god planlegging, og av å benytte hogstformen på de vegetasjonstyper hvor sannsynligheten for å oppnå god foryngelse er størst. Videre må man ved bruk av lukkede hogster som skjernstillingshogst og blodningslignende hogster påregne en del avgang grunnet skader på foryngelsen i forbindelse med hogsttinnngrepene. Omfanget av slike skader vil kunne være betydelig, for eksempel fant Sikström & Glöde (2000) i en svensk studie at rundt halvparten av foryngelsen (34-62 %) fikk skader av større eller mindre alvorlighetsgrad ved fjerning av skjermtrær. Lignende skadeomfang på foryngelsen ble også rapportert av Granhus og Fjeld (2001) i en studie av blodningspregede hogster i Norge. Skadene kan imidlertid begrenses noe dersom hogsten foretas vinterstid med snødekke, men samtidig er det viktig å unngå hogst under sterk frost, siden lave temperaturer gjør foryngelsen mere skjør slik at plantene lettere knekker (Eliasson m.fl. 2003).

Det vil samtidig være noen typer risiko en vil ha mindre av i lukket hogst. Dette er særlig:

- Risiko for snutebilleangrep, som spesielt går mot nyplantinger etter åpen hogst.
- Risiko for frostskaader på planter. Skjermen vil bidra til å redusere utstrålingen fra hogstområdet, og gi tilsvarende redusert risiko for frostskaader.

Sammenstilling

Basert på vurderingene ovenfor er lukket hogst lønnsom når:



3.5.2 Økonomi - resultat

Resultatet av beregningene som er gjort for de 19 analyserte driftene med lukket hogst/skjermstillingshogst framgår av Tabell 12. Rentekravet er her satt til 2,5 prosent og hogstuttaket i form av nyttbart volum er beregnet som 85 prosent av stående volum. I beregningene ligger det også inne en forutsetning om en foredlingsgevinst tilsvarende en halv bonitetsklasse ved alternativet flatehogst.

Totalt sett får vi med disse forutsetningene at 10 av de 19 bestandene kommer best ut med lukket hogst. Som det kommer frem av oversikten, er verdiforskjellene mellom de analyserte hogstalternativene relativt begrenset. Det er imidlertid betydelige forskjeller mellom bestand. Tilslaget av foryngelse er av stor betydning for lønnsomheten, slik at bestand med dårlig eller ujevn foryngelse kommer ut med svekket lønnsomhet sammenliknet med alternativet med flatehogst.

3.5.3 Følsomhetsanalyser

Tilvekst

Stående volum ved første hogstinnngrep er rekonstruert på basis av stubbemålinger og tilvekst registrert på prøvetrærne, og forutsetter at trærne hadde samme avsmalning (diameter:høyde-forhold) på hogsttidspunktet som ved oppmålingen i 2018/19. Siden trærnes avsmalning gjerne øker etter et tynningsinnngrep (Holgén m.fl. 2003), vil metoden trolig innebære en viss underestimering av stående volum på hogsttidspunktet. Slik underestimering vil i sin tur påvirke både den estimerte tilveksten og lønnsomhetsanalysen. For å kvantifisere mulig økonomisk effekt av slik mulig underestimering har vi gjennomført følsomhetsanalyser der stående volum like etter hogst er økt med henholdsvis 10 (Tabell 13) og 20 (Tabell 14) prosent.

Tabell 12. Sammenheng av bestandsvis analyse av ulike hogstalternativer, uten reduksjon av stående volum før hogst, rentekrav 2,5 prosent og forutsetning om foredlingsgevinst lik 0,5 bonitetsklasse. Bestand som framkommer med negativt tall i kolonnen lengst til høyre (differanse flatehogst – lukket hogst) viser høyere verdi for alternativet lukket hogst, og tilsvarende høyest verdi for alternativet flatehogst der differansen er positiv.

Bestand	Bonitet	Flatehogst				Lukket hogst							Differanse	
		Vol u.b. før hogst	Tømmer- verdi kr/ha	Grunn- verdi kr/daa	Verdi/ha år 0	Tømmer- verdi		Vente- verdi		Verdi		Diskontert verdi		
						Uttak 1 m3/ha u.b.	Uttak 1 verdi	foryngelse m3/ha u.b.	Uttak 2 m3/ha u.b.	Uttak 2 verdi	Sum verdi 2			Sum verdi flate - lukket
001	14	98	28 266	13 725	41 991	88	23 827	9 040	140	41 370	50 410	27 191	51 018	-9 027
002	14	161	46 608	13 725	60 333	32	8 573	15 250	190	55 997	71 247	38 430	47 003	13 329
004	17	391	119 625	24 990	144 615	210	60 696	31 310	240	74 844	106 154	91 536	152 232	-7 617
240	20	489	149 654	41 275	190 929	372	107 650	52 790	172	53 706	106 496	89 591	197 241	-6 313
315	14	411	118 755	13 725	132 480	239	65 128	19 030	341	100 490	119 520	64 468	129 596	2 885
317	14	258	74 446	13 725	88 171	149	40 449	14 160	269	79 276	93 436	50 399	90 847	-2 676
322	14	348	100 678	13 725	114 403	11	3 117	11 310	442	130 410	141 720	113 479	116 596	-2 193
389	17	290	88 787	24 990	113 777	112	32 230	19 500	310	96 767	116 267	72 728	104 958	8 819
390	17	617	188 655	24 990	213 645	131	37 866	22 680	589	183 717	206 397	129 107	166 973	46 672
392	17	259	79 392	24 990	104 382	85	24 499	19 140	280	87 414	106 554	66 653	91 151	13 231
401	17	244	74 723	24 990	99 713	95	27 378	34 570	200	62 362	96 932	68 601	95 979	3 734
402	14	207	59 848	13 725	73 573	130	35 262	20 820	110	32 422	53 242	37 681	72 943	630
403	14	207	59 727	13 725	73 452	85	23 020	14 470	186	54 932	69 402	47 920	70 940	2 512
540	14	287	82 869	13 725	96 594	222	60 364	17 900	94	27 724	45 624	38 382	98 746	-2 152
556	11	133	37 916	5 600	43 516	100	26 830	7 230	72	20 885	28 115	14 795	41 626	1 890
626	17	252	77 111	24 990	102 101	138	39 908	34 570	222	69 313	103 883	77 242	117 150	-15 049
628	17	279	85 348	24 990	110 338	159	46 080	39 180	206	64 388	103 568	77 008	123 089	-12 750
800	14	309	89 157	13 725	102 882	132	35 884	16 800	325	95 727	112 527	68 672	104 556	-1 674
888	11	197	56 020	5 600	61 620	164	43 923	8 650	81	23 568	32 218	20 657	64 580	-2 960

Tabell 13. Sammenheng av bestandsvis analyse av ulike hogstalternativer, med 10 prosent reduksjon av stående volum før hogst, rentekrav 2,5 prosent og forutsetning om foredlingsgevinst lik 0,5 bonitetsklasse. Bestand som framkommer med negativt tall under kolonnen lengst til høyre (differanse flatehogst – lukket hogst) viser høyere verdi for alternativet lukket hogst, og tilsvarende høyest verdi for alternativet flatehogst der differansen er positiv.

Bestand	Bonitet	Flatehogst				Lukket hogst									
		Vol u.b. før hogst	Tømmer- verdi kr/ha	Grunn- verdi kr/daa	Verdi/ha år 0	Uttak 1		Tømmer- verdi		Vente- verdi		Diskontert verdi		Differanse	
						m3/ha u.b.	uttak 1	verdi	forryngelse	m3/ha u.b.	Verdi	Sum verdi 2	uttak 2		Sum verdi flate - lukket
001	14	108	31 092	13 725	44 817	96	26 210	96	9 040	140	41 370	50 410	27 191	53 401	-8 583
002	14	177	51 268	13 725	64 993	35	9 431	190	15 250	190	55 997	71 247	38 430	47 861	17 133
004	17	430	131 587	24 990	156 577	231	66 766	240	31 310	240	74 844	106 154	91 536	158 302	-1 724
240	20	538	164 619	41 275	205 894	410	118 415	172	52 790	172	53 706	106 496	89 591	208 006	-2 112
315	14	452	130 631	13 725	144 356	263	71 641	341	19 030	341	100 490	119 520	64 468	136 109	8 247
317	14	283	81 890	13 725	95 615	164	44 494	269	14 160	269	79 276	93 436	50 399	94 892	723
322	14	383	110 745	13 725	124 470	13	3 428	442	11 310	442	130 410	141 720	113 479	116 907	7 563
389	17	319	97 666	24 990	122 656	123	35 453	310	19 500	310	96 767	116 267	72 728	108 181	14 475
390	17	678	207 520	24 990	232 510	144	41 652	589	22 680	589	183 717	206 397	129 107	170 759	61 751
392	17	285	87 331	24 990	112 321	93	26 949	280	19 140	280	87 414	106 554	66 653	93 601	18 720
401	17	269	82 195	24 990	107 185	104	30 115	200	34 570	200	62 362	96 932	68 601	98 717	8 468
402	14	228	65 833	13 725	79 558	143	38 788	110	20 820	110	32 422	53 242	37 681	76 469	3 089
403	14	227	65 700	13 725	79 425	93	25 322	186	14 470	186	54 932	69 402	47 920	73 242	6 183
540	14	315	91 156	13 725	104 881	244	66 401	94	17 900	94	27 724	45 624	38 382	104 783	98
556	11	146	41 707	5 600	47 307	110	29 514	72	7 230	72	20 885	28 115	14 795	44 309	2 998
626	17	277	84 822	24 990	109 812	152	43 899	222	34 570	222	69 313	103 883	77 242	121 141	-11 329
628	17	307	93 883	24 990	118 873	175	50 688	206	39 180	206	64 388	103 568	77 008	127 697	-8 824
800	14	339	98 073	13 725	111 798	145	39 472	325	16 800	325	95 727	112 527	68 672	108 144	3 653
888	11	216	61 622	5 600	67 222	180	48 315	81	8 650	81	23 568	32 218	20 657	68 972	-1 750

Tabell 14. Sammenheng av bestandsvis analyse av ulike hogstalternativer, med 20 prosent reduksjon av stående volum før hogst, rentekrav 2,5 prosent og forutsetning om foredlingsgevinst lik 0,5 bonitetsklasse. Bestand som framkommer med negativt tall under kolonnen lengst til høyre (differanse flatehogst – lukket hogst) viser høyere verdi for alternativet lukket hogst, og tilsvarende høyest verdi for alternativet flatehogst der differansen er positiv.

Bestand	Bonitet	Flatehogst				Lukket hogst						Differanse
		Vol u.b. før hogst	Tømmer- verdi kr/ha	Grunn- verdi kr/daa	Verdi/ha år 0	Uttak 1 m3/ha u.b.	Tømmer- verdi uttak 1	Vente- verdi foryngelse	Uttak 2 m3/ha u.b.	Verdi uttak 2	Sum verdi 2	Sum verdi flata - lukket
001	14	117	33 919	13 725	47 644	105	28 593	9 040	140	41 370	50 410	-8 140
002	14	194	55 929	13 725	69 654	38	10 288	15 250	190	55 997	71 247	20 936
004	17	469	143 550	24 990	168 540	252	72 835	31 310	240	74 844	106 154	4 168
240	20	587	179 584	41 275	220 859	447	129 180	52 790	172	53 706	106 496	2 088
315	14	493	142 507	13 725	156 232	287	78 154	19 030	341	100 490	119 520	13 610
317	14	309	89 335	13 725	103 060	178	48 539	14 160	269	79 276	93 436	4 123
322	14	418	120 813	13 725	134 538	14	3 740	11 310	442	130 410	141 720	17 319
389	17	348	106 544	24 990	131 534	134	38 676	19 500	310	96 767	116 267	20 130
390	17	740	226 386	24 990	251 376	157	45 439	22 680	589	183 717	206 397	76 830
392	17	311	95 270	24 990	120 260	102	29 398	19 140	280	87 414	106 554	24 209
401	17	293	89 667	24 990	114 657	114	32 853	34 570	200	62 362	96 932	13 203
402	14	249	71 817	13 725	85 542	156	42 314	20 820	110	32 422	53 242	5 547
403	14	248	71 673	13 725	85 398	102	27 624	14 470	186	54 932	69 402	9 854
540	14	344	99 443	13 725	113 168	266	72 437	17 900	94	27 724	45 624	2 348
556	11	160	45 499	5 600	51 099	120	32 197	7 230	72	20 885	28 115	4 107
626	17	302	92 533	24 990	117 523	166	47 889	34 570	222	69 313	103 883	-7 609
628	17	335	102 418	24 990	127 408	191	55 296	39 180	206	64 388	103 568	-4 897
800	14	370	106 988	13 725	120 713	158	43 061	16 800	325	95 727	112 527	8 981
888	11	236	67 224	5 600	72 824	197	52 708	8 650	81	23 568	32 218	-541

Beregningen viser at med volumkorrigerings på 10 prosent og 20 oprosent er det henholdsvis seks og fire av bestandene som fortsatt er noe mer lønnsomme i form av lukket hogst enn med flatehogst. Dette er primært bestand god volumutvikling i skjermen og fullt tilslag på foryngelsen. For bestand nr. 001 er det spesielt god volumutvikling som slår ut og gir positiv lønnsomhet til tross for begrenset suksess på foryngelsen med hele 79 prosent nullruter. For dette bestandet kan det se ut til å ha vært en del avgang av skjermtrær, som ikke er fanget opp.

Driftspriser

Driftsprisen det er størst usikkerhet knyttet til er driftspris for det første hogstinngrepet i den lukkede hogsten (etablering av skjermen). Vi har i beregningene gjengitt ovenfor lagt til grunn at denne driftsprisen er 20 kr per m³ høyere enn ved ordinær sluttavvirkning. Om denne driftsprisen alternativt er 10 eller 30 kr per m³, blir resultatene som vist i Tabell 15.

Tabell 15. Effekt av endret driftspris for skjermstillingshogsten sammenliknet med ordinær slutthogst, med rentekrav 2,5 prosent og forutsetning om foredlingsgevinst lik en halv bonitetsklasse.

Bestand	Bonitet	Økt driftspris ved lukket hogst		
		10 kr/m ³	20 kr/m ³	30 kr/m ³
001	14	-9 772	-9 027	-8 283
002	14	13 061	13 329	13 597
004	17	-9 403	-7 617	-5 832
240	20	-9 479	-6 313	-3 147
315	14	849	2 885	4 920
317	14	-3 940	-2 676	-1 412
322	14	-2 291	-2 193	-2 096
389	17	7 871	8 819	9 767
390	17	45 558	46 672	47 786
392	17	12 510	13 231	13 951
401	17	2 928	3 734	4 539
402	14	-472	630	1 732
403	14	1 793	2 512	3 232
540	14	-4 039	-2 152	-266
556	11	1 038	1 890	2 742
626	17	-16 223	-15 049	-13 876
628	17	-14 106	-12 750	-11 395
800	14	-2 795	-1 674	-553
888	11	-4 354	-2 960	-1 566
Gjennomsnitt		460	1647	2834

Som det kommer frem har endring av forutsetningen om driftspris innenfor det intervallet som er undersøkt begrenset virkning på sluttresultatet med hensyn til forholdet i lønnsomhet mellom hogstformene.

Foredlingsgevinst

Foredlingsgevinst er inkludert i analysen med effekt tilsvarende en halv bonitetsklasse. Dette tilsvarer en tilvekstøkning på 13 – 18 %, for de dominerende bonitetene (14 og 17) blant de undersøkte hogstene. En halv bonitetsklasse kan være en noe optimistisk forventning for bonitet 11 og tilsvarende noe forsiktig for bonitet 20.

Om vi utelukker effekt av foredlingsgevinst fra analysen, vil andelen av felter hvor lukket hogst har best lønnsomhet øke fra 10 til 15 av de 19 feltene når forutsetningene ellers er som i basisalternativet, dvs. uten nedjustert tilvekst og med økning i driftspris på 20 kr per m³ for lukket hogst.

Kalkulasjonsrente

Diskonteringsberegninger samt grunn- og venteverdiberegninger avhenger av valgt kalkulasjonsrente. Vi har benyttet en kalkulasjonsrente på 2,5 prosent, men har gjort alternative beregninger med 3 prosent. En økning av kalkulasjonsrenten til 3 prosent øker her lønnsomheten noe for alternativet med slutthogst og planting, slik at totalt 10 av de 19 analyserte bestandene fremstår som mest lønnsomme med hogstalternativet snauhogst og planting, mot 9 av 19 ved bruk av 2,5 % som kalkulasjonsrente.

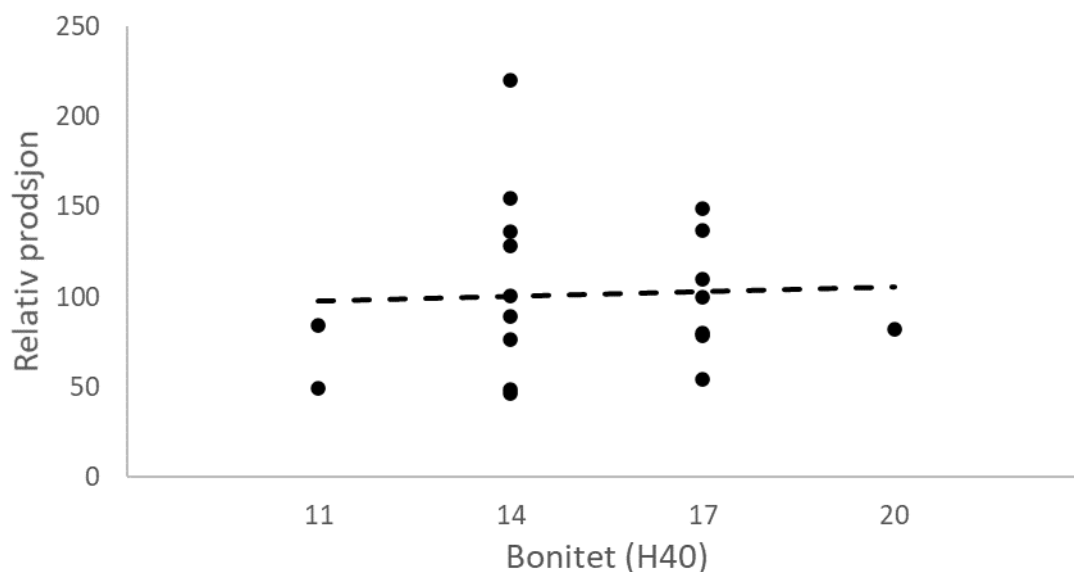
4 Diskusjon

Datamaterialet i denne studien viser en klar sammenheng mellom gjenstående grunnflatesum like etter hogst, og volum- og grunnflatetilvekst i gjenstående bestand. En tilsvarende sammenheng ble funnet i en nylig publisert studie der vi undersøkte produksjonen etter gjennomført fjellskoghogst i gran, der datamaterialet dels var fra et langsiktig feltforsøk i Gausdal, og dels fra temporære flater slik som i denne studien.

Nyere norske undersøkelser av vekst-tetthetsforholdet i ensaldret granskog viser at volumtilveksten i skog på lavere boniteter, øker nesten lineært med økende grunnflatesum (Gizachew & Brunner 2011). En tilsvarende positiv korrelasjon er også funnet i svenske bledningsforsøk i granskog (Ahlström & Lundqvist 2015, Lundqvist m.fl. 2007). Men volumtilveksten avhenger også av bestandets struktur (Zeide 2004, Allen & Burkhart 2018), noe også våre resultater fra denne studien og den ovenfor nevnte undersøkelsen etter fjellskoghogst (Granhus m.fl. 2020) tydelig viser. Resultatene viser tydelig at tilveksten ved en gitt grunnflatesum modereres av bestandets grunnflatemiddeldiameter, og da slik at tilveksten blir mindre når den gjennomsnittlige størrelsen til trærne i bestandet er høy. Når en tar høyde for gjennomsnittlig trestørrelse får vi da en klar sammenheng mellom tettheten i bestandet, uttrykt ved grunnflaten, og volumtilvekst. Finske studier av selektiv hogst i mere produktiv granskog viser også en høyere tilvekst når uttaket er rettet mot de største trærne, sammenlignet med et mere lavt orientert uttak, forutsatt at gjenstående grunnflatesum ellers er lik (Lähde et al 2002).

En dominerende hypotese i Skandinavia har vært at volumtilveksten øker med økende stående volum og/eller grunnflate i bestandet, opp til et punkt der tilveksten forblir uendret på et høyt nivå over et bredt spekter av tettheter (Langsæter 1941). Andre studier i ensaldret skog har vist at når stående volum eller grunnflaten reduseres gjennom tynninger til et nivå under 50-60 prosent av maksimum, vil volumtilveksten avta lineært (Mar:Möller 1954).

Et sentralt spørsmål ved lukket hogst er hvor høy produksjon man kan oppnå i forhold til markas produksjonsevne. Figur 9 viser årlig tilvekst i de undersøkte bestandene uttrykt i prosent av årlig middeltilvekst (ÅMT) for ensaldret granskog for gjeldende boniteter (Braastad 1975). Vi får da for dette datamaterialet noe overraskende et gjennomsnittlig relativt tilvekstnivå på 101 %, det vil si omtrent på nivå med produksjonsevnen i ensaldret skog. Det er imidlertid grunn til å nevne at tilvekstberegninger basert på rekonstruksjon av utviklingen i temporære flater medfører en del usikkerhet (Ahlström & Lundqvist 2015). Dersom avsmalningen til trærne har endret seg i tiden etter hogsten, noe som må anses som sannsynlig, vil dette påvirke estimatene for enkeltrærnes volum på hogsttidspunktet. En reduksjon av tettheten i et skogbestand vil normalt vil gi økt avsmalning på de gjenstående trærne (Holgén et al. 2003). En konsekvens av dette vil være at stående volum på hogsttidspunktet blir noe underestimert, som igjen vil gi som konsekvens at tilveksten i tidsrommet fra hogst til oppmålingen overvurderes, det samme gjelder størrelsen på volum uttaket regnet i kubikkmeter. Et annet forhold som bør nevnes er at mortaliteten (avgangen) i perioden etter hogst ikke er kjent, og dersom det har vært betydelig mortalitet i prøveflatene vil dette også bidra til en overestimering av tilveksten. Dette betyr at en bør vise forsiktighet med å sammenligne den beregnede tilveksten opp mot produksjonstabellene. Selv om dette betyr at den faktiske tilveksten kan være til en del overestimert, kanskje så mye som opptil 20-30 prosent (Holgén m.fl. 2003, Ahlström & Lundqvist 2015), tror vi likevel ikke at dette usikkerhetsmomentet vil rokke ved det generelle bildet rundt forholdet mellom stående grunnflate etter hogst og tilvekst, og som nevnt ovenfor også bekreftes av andre studier (Pretzsch 2005, Zeide 2001). For en mere detaljert gjennomgang av mulige feilkilder knyttet til beregning av volum, innvokningsrate og tilvekst basert på rekonstruering av utviklingen i temporære flater vises ellers til Ahlström og Lundqvist (2015).



Figur 9. Årlig tilvekst i gjenstående bestand i prosent av årlig middeltilvekst over et omløp i ensaldret skog i henhold til produksjonstabellene.

Resultatene våre viser også en klar negativ korrelasjon mellom stående grunnflatesum etter hogst og tetthet i den etablerte foryngelsen, og at redusert tetthet også ga mest rekruttering av nye trær inn i tresjiktet (diameter i brysthøyde ≥ 5 cm). Videre viser analysene at det var etablert flest planter på fuktig utfororming av vegetasjonstypen blåbærskog og på småbregnetypen. Lavest plantetetthet ble funnet på tørre utforminger av blåbærtypen og i bærlyngskog. Dette må ses i lys av at bærlyngskog er en «vid» vegetasjonstype ut fra et foryngelsesperspektiv, der grandominerte utforminger kan være krevende å forynge naturlig uten hjelpetiltak (markberedning). Det kan synes noe overraskende at småbregnetypen kommer dårligere ut enn fuktig utforming av blåbærskog. Men også sistnevnte kan regnes som godt egnet for naturlig foryngelse, og det er mulig at dette mønsteret også er et resultat av at det i utgangspunktet var etablert mere forhåndsgjenvekst her allerede før hogstene (se. f.eks. Granhus & Fløistad 2010). Antallet prøveflater av småbregnetypen var nokså begrenset, slik at dette resultatet også kan være et utslag av tilfeldig variasjon.

Gitt den positive korrelasjonen mellom volumtilvekst og grunnflate og den negative korrelasjonen mellom gjenstående grunnflate etter hogst og tetthet av foryngelse, blir det viktig å avveie hvor mye av volumet en skal ta ut dersom en ønsker å opprettholde både god produksjon og samtidig legge godt til rette for rekruttering av nye trær. Generelt kan en oppsummere at det i mange av bestandene var en ganske høy tetthet av foryngelse, regnet i antall planter som ble bedømt som utviklingsdyktige, dvs. uten skade av betydning. I bedømmelsen av om en plante var utviklingsdyktig ligger det ikke noen begrensning i forhold til avstand til nærmeste naboplante, et forhold som vanligvis skal hensyntas i ordinære foryngelsestakster når en skal bedømme om et tre i foryngelsen er å betrakte som et «framtidstre» eller ikke. Nullruteandelen var i de fleste tilfellene derfor forholdsvis høy selv i de bestandene der treantallet i foryngelsen lå langt over det en i et ordinært foryngelsesfelt betrakter som et fullbestokket plantebestand, noe som viser at foryngelsen var ujevnt fordelt. Det var likevel i de fleste bestandene en betydelig lavere andel nullruter enn i bestandene som ble undersøkt i den tidligere nevnte studien i fjellskog (Granhus m. fl. 2020). Gitt at man ser for seg en videre skogbehandling der en etter hvert avvirker skjermtrærne, synes det likevel aktuelt å enten overholde skjermen noe lenger i noen av bestandene for å sikre videre frøtilgang, eventuelt foreta noe suppleringsplantning etter at skjermtrærne er fjernet.

Oppsummert kan en trekke den konklusjonen at de gjennomførte hogstene har hevdet seg godt ut fra et produksjonsperspektiv (tilvekst). De økonomiske analysene viser at hogstene i mange tilfeller har vært

økonomisk konkurransedyktige sammenlignet med flatehogst og planting. Dette forutsetter imidlertid et godt tilslag i foryngelsen. Følsomhetsanalysene viser imidlertid at det økonomiske resultatet i de undersøkte bestandene er relativt følsomt i forhold til eventuelle systematiske feil på estimert tilvekst og volum i hogstuttaket, og forutsetningene om foredlingsgevinst i alternativet flatehogst og planting. Et viktig forbehold en bør ta er at bestandene som inngikk i denne undersøkelsen er valgt ut blant bestand der skogeierne i utgangspunktet hadde vurdert at lukket hogst kan være et egnet alternativ til flatehogst og planting. Opplagte vurderingskriterier i en slik sammenheng vil være forhold som trærnes vitalitet, stabilitet, foryngelsesmuligheter og egnet bestandsstruktur (Lexerød & Eid 2006). De undersøkte bestandene representerer følgelig ikke et tilfeldig utvalg av norsk granskog, noe som kan ha påvirket resultatene i en grad som ikke lar seg enkelt kvantifisere.

5 Litteratur

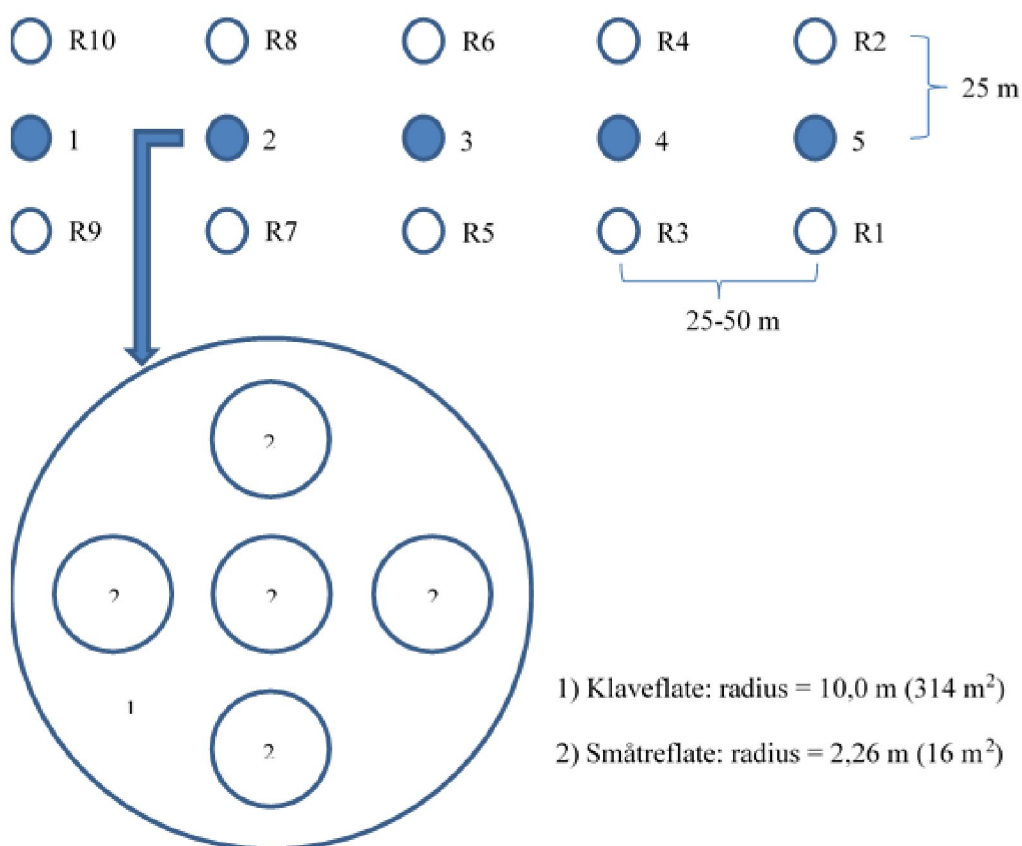
- Aamodt, H.E. (red.) 1993. Flerbruksrettet driftsteknikk. Rapport VII fra forskningsprogrammet Skogøkologi og flersidig skogbruk. Rapport fra skogforsk 20/93. 40 s.
- Ahlström, M.A., & Lundqvist, L. 2015. Stand development during 16–57 years in partially harvested sub-alpine uneven-aged Norway spruce stands reconstructed from increment cores For. Ecol. Manage. 350: 81-86.
- Allen, M.G., II, & Burkhardt, H.E. 2018. Growth-Density Relationships in Loblolly Pine Plantations. Forest Science 65(3):250-264.
- Bergsaker, E. & Solberg, S. 2009. Nordavind fra alle kanter. Norsk skogbruk 55(9): 30-31.
- Braastad, H. 1967. Produksjonstabeller for bjørk. Meddr. norske SkogforsVes. 22: 265-365.
- Braastad, H. 1975. Produksjonstabeller og tilvekstmodeller for gran. Meddr. norske SkogforsVes. 31: 364-537.
- Brantseg, A. 1967. Furu sønnafjells. Kubering av stående skog. Meddr. norske SkogforsVes. 22: 695-739.
- Eid, T. & Hoen, H.F. 2005. Strategi for valg av foryngelsesmetode, – noen forhold som påvirker lønnsomheten ved skjermstillingshogst. INA fagrapport 5. Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap. 30 s.
- Eliasson, L., Lageson, H. & Valinger, E. 2003. Influence on sapling height and temperature on dasmage to advance regeneration. For. Ecol. Manage. 175: 217-222.
- Fjeld, A. & Granhus, A. 1998. Injuries after selection harvesting in multi-stored spruce stands – the influence of operating systems and harvest intensity. J. For. Eng. 2: 33-40.
- Gizachew, B., & Brunner, A. 2011. Density–growth relationships in thinned and unthinned Norway spruce and Scots pine stands in Norway. Scand. J. For. Res. 26: 543-554.
- Granhus, A., Allen, M. & Bergsaker, E. 2020. Fjellskoghogst – produksjon, foryngelse og økonomi. NIBIO Rapport 6(72). 43 s.
- Granhus, A., Breidenbach, J., Eriksen, R., Gjertsen, A.K. & Solberg, S. 2018. Tilstand i foryngelsesfelt. Analyse basert på data fra Resultatkartleggingen, Landsskogtakseringen og Økonomisystem for skogordningene (ØKS). NIBIO Rapport 4(159). 47 s.
- Granhus, A. & Fjeld, D. 2001. Spatial distribution of injuries to Norway spruce advance growth after selection harvesting. Can. J. For. Res. 31: 1903-1911.
- Granhus, A. & Fløistad, I.S. 2010. Naturlig foryngelse etter markberedning på middels bonitet (G14). Rapport fra Skog og landskap 1. 23 s.
- Hannerz, M., Nordin, A. & Saksa, T. (red.) 2017. Hyggesfritt skogsbruk. En kunnskapssammanställning från Sverige och Finland. Future Forests Rapportserie 2017:1. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå, 74 s.
- Holgén, P., Söderberg, U., & Hånell, B. 2003. Diameter increment in *Picea abies* shelterwood stands in Northern Sweden. Scand. J. For. Res. 18: 163-167.
- Hånell, B., Nordfjell, T. & Eliasson, L. 2000. Productivity and costs in shelterwood cutting. Scand. J. For. Res. 15: 561-569.
- Isomäki, A. & Kallio, T. 1974. Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Acta For. Fenn. 136: 1-24.

- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y., & Saksa, T. 2002. Development of Norway spruce dominated stands after single-tree selection and low thinning. *Can. J. For. Res.* 32: 1577-1584.
- Langsæter, Å. 1941. Om tynning i enaldret gran- og furuskog. *Meddr norske SkogforsVes.* 8: 131-216.
- Larsson, J.Y. 2005. Veiledning i bestemmelse av vegetasjonstyper i skog. NIJOS håndbok nr. 01/05. 120 s. ISBN 82-7464-346-1.
- Lexerød, N. & Eid, T. 2006. Assessing suitability for selective cutting using a stand level index. *For. Ecol. Manage.* 237: 503-512.
- Lundqvist, L., Chrimes, D., Elfving, B., Mörling, T., & Valinger, E. 2007. Stand development after different thinnings in two uneven-aged *Picea abies* forests in Sweden. *For. Ecol. Manage.* 238: 141-146.
- Mar:Möller, C. 1954. The influence of thinning on volume increment. I. Results of investigations. I: Thinning problems and practices in Denmark. (red. Mar:Möller, C., Abell, J., Jagg, T., & Junker, F). Technical Publication 76. College of Forestry. State University of New York, Syracuse, USA. s. 5-32.
- Pretzsch, H. 2005. Stand density and growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.): evidence from long-term experimental plots. *Eur. J. Forest Res.* 124: 193-205.
- Sikström, U. & Glöde, D. 2000. Damage to *Picea abies* regeneration after final cutting of shelterwood with single- and double-grip harvester systems. *Scand. J. For. Res.* 15: 274-283.
- Statistisk Sentralbyrå 2020. Skogkultur. <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/skogbruk/statistikk/skogkultur> [3. juli 2021].
- Stener, S.O., Furuberg, M. & Nordli, S. 2004. KONTUS. Sammenligning av driftspris og skader på gjenstående trær og terreng ved selektiv hogst etter prinsippet KONTUS og snauhogst. Rapport nr. 9, Høgskolen i Hedmark. 31 s. + vedlegg.
- Stokland, J., Eriksen, R. & Granhus, A. 2020. Tilstand og utvikling i skog 2002 - 2017 for noen utvalgte miljøegenskaper. NIBIO Rapport 6(133). 69 s.
- Svendsrud, A. 2000. Tabeller for beregning av verdien av skogbestand. Rapport fra skogforskningen (suppl.) 15. 15 s. + vedlegg.
- Vestjordet, E. 1967. Funksjoner og tabeller for kubering av stående gran. *Meddr. norske SkogforsVes.* 22: 543-574.
- Zeide, B. 2001. Natural thinning and environmental change: an ecological process model. *For. Ecol. Manage.* 154: 165-177.
- Zeide, B. 2004. Optimal stand density: A solution. *Can. J. For. Res.* 34: 846-854.

Vedlegg 1: Instruks for utlegging av temporære prøveflater

Registreringene tar sikte på å kartlegge om tidligere utført hogst gir tilfredsstillende foryngelse og produksjon. I hvert bestand hvor det skal gjennomføres registrering legges det ut fem sirkulære takstflater («klaveflater»), med radius 10 m (Figur 1). Registreringene i hver klaveflate danner grunnlaget for å beregne sentrale størrelser som stående volum og grunnflate. I tilknytning til hver klaveflate legges det også ut fem mindre flater for registrering av foryngelse («småtreflater»), hver med radius 2,26 m. Fire av disse etableres i 6 meters avstand fra senter i klaveflata (retning, N, Ø, S, V), mens den siste etableres i sentrum av klaveflata.

Figuren under viser hvordan prøveflatene kan legges ut. For at plasseringen skal bli tilfeldig bør det det tilstrebes å legge ut disse med en fast avstand, fortrinnsvis langs en linje i bestandet og med minimum 25 m avstand mellom hver enkelt klaveflate. Dersom en eller flere flater i linja havner på en lokalitet som ikke er representativ for bestandet (f.eks. impediment, bekk, myr etc.) benyttes ved behov «reserveflater», indikert ved plasseringen av flater merket R1-R10 i figuren under. Dersom det er behov for å flytte en av de fem registreringsflatene benyttes først reserveflate R1. Derom flytting til denne heller ikke er mulig benyttes R2 osv.



Figur A1. Utlegging av klaveflater med tilhørende småtreflater for registrering av foryngelse.

Registreringer på klaveflater:

- Hellingsretning i grader.
- Hellingsprosent.
- Diameter i brysthøyde og treslag for alle trær med diameter minst 80 mm i brysthøyde.

- Diameter utenpå bark for alle hogststubber med diameter minst 80 mm (måles i stubbeavskjær, med påslag for bark dersom denne har falt av).
- For trær med toppbrekk eller tørrtopp registreres volumandel ihht. vedlagte tabeller. En må da måle høyden opp til bruddstedet samt til antatt høyde uten brudd, og bruke disse målingene som inngangsverdier. For lauvtrær brukes furutabellen.
- Her registreres også data for to utvalgte prøvetrær (høyde, diameter i brysthøyde og diameter ved stubbeavskjær: 0,3 m over midlere bakkenivå). For å få dekket variasjonen i trestørrelse velges hvis mulig ett tre fra diameterklassen 100-249 mm og ett tre med diameter ≥ 250 mm. Som prøvetre i hver diameterklasse velges det treet som står nærmest sentrum i klaveflata. Prøvetrærne bør fortrinnsvis være uskadde uten toppbrekk eller andre vesentlige skader. Høyde på prøvetrærne noteres eget sted i skjema, mens diameter i brysthøyde og stubbediameter registreres i trelista. NB: I skjema settes ring rundt trær som også er valgt som prøvetrær.

Registreringene på prøvetrær og stubber gjøres dels for å kunne beregne dagens stående volum, og for å kunne estimere avvirket grunnflate (% uttak ved hogsten).

Diameter på trær og stubber registreres med klavearmen pekende i retning flatesentrum. Dersom betydelig utvekst eller skade på normalt klavested (1,3 m over midlere bakkenivå) flyttes klavestedet opp eller ned til nærmeste del av stamme med «normal vekst»

Registreringer på småtreflater (telleflater):

- Vegetasjonstype (i blåbærskog noteres også om normal, fuktig eller tørr utforming)
- Telling av foryngelse, fordelt på treslagsgrupper (gran, furu, lauv) og tre størrelsesklasser:

1: Foryngelse med høyde 10-29 cm

2: Foryngelse med høyde 30-129 cm

3: Trær med høyde minst 130 cm og diameter i brysthøyde til og med 49 mm

For hver kategori noteres totalt antall (levende) samt antall utviklingsdyktige.

- Skader: Dersom det er færre utviklingsdyktige planter enn totalt antall levende noteres viktigste skadeårsak. Klasser:
 - 1 = beiting
 - 2 = klimatisk skade (snøbrekk, frost, tørke)
 - 3 = soppskade
 - 4 = pisket, undertrykt
 - 5 = mekanisk skade fra hogsten
 - 6 = annet/ukjent
- o-ruter: antall kvadranter (0-4) i hver telleflate uten utviklingsdyktig foryngelse av bartrær.

Tabell A1. Forklaring til variablene i skjema.

VARIABEL	REG. NIVÅ	ENHET/KLASSER	MERKNADER
BESTNR	Bestand	Bestands-ID	Fra skogbruksplan.
BON	Bestand	H40 bonitet	Fra skogbruksplan.
PRFL	Klaveflate	Flatnr (1-5 evt. R1-10)	Se skisse.
NS	Klaveflate	Nord-sør koordinat	Fra GPS
OV	Klaveflate	Øst-vest koordinat	Fra GPS
HELL	Klaveflate	Helling (%)	
RETN	Klaveflate	Hellingsretning (grader)	NB: Bruk kompass med 400 graders inndeling, evt noter på skjema om det brukes 360 graders kompass
TRE	Klaveflate	1=gran, 2=furu, 3=bjørk, 4=annet lauv	Reg. for alle levende trær med DBH >=50 mm inkludert prøvetrær, samt stubber
DBH	Klaveflate	Diameter i brysthøyde (mm)	Reg. for alle levende trær med diameter i brysthøyde >=50 mm.
DST	Klaveflate	Diam. stubbeavskjær (mm)	Reg. for alle hogde trær med stubbediameter >=50 mm. Det gjøres skjønnsmessig påslag for bark hvis bark mangler
V%	Klaveflate	Volumandel (%)	Tabellverdi som anvendes for klavetrær med toppbrekk eller tørrtopp.
VEG.TYPE	Småtreflate	1 = lavskog 2 = blokkebærskog 3 = bærlyngskog 4 = blåbærskog 5 = småbregneskog 6 = storbregneskog 7 = lågurtskog 8 = høgstaudeskog 9 = gran/bjørkesumpskog 10 = furumyrskog	Noter «annet» i skjema dersom annen vegetasjonstype enn 1-10.
FUKT	Småtreflate	N = normal utforming av veg. type F = fuktig utforming av veg. type T = tørr utforming av veg. type	Registreres dersom vegetasjonstype = blåbærskog
0-RUTER	Småtreflate	Antall kvadranter i telleflata uten utviklingsdyktige bartrær (0-4)	
G_01-03	Småtreflate	Antall gran - høyde 10-29 cm	
G_03-13	Småtreflate	Antall gran - høyde 30-129 cm	
G_13-5	Småtreflate	Antall gran - høyde minst 130 cm og brysthøydediameter <=49 mm	
L_01-03	Småtreflate	Antall lauv - høyde 10-29 cm	
L_03-13	Småtreflate	Antall lauv - høyde 30-129 cm	
L_13-5	Småtreflate	Antall lauv - høyde minst 130 cm og brysthøydediameter <=49 mm	
F_01-03	Småtreflate	Antall furu - høyde 10-29 cm	
F_03-13	Småtreflate	Antall furu - høyde 30-129 cm	
F_13-5	Småtreflate	Antall furu - høyde minst 130 cm og brysthøydediameter <=49 mm	
SKADE	Småtreflate	1 = beiting 2 = klimatisk (snøbrekk, frost, tørke) 3 = sopp 4 =pisket, undertrykt 5 = annet/ukjent	Noteres for hver størrelsesklasse og treslag dersom antall framtidstrær er lavere enn totalt antall (NB: KUN VIKTIGSTE).
H_P1	Klaveflate	Høyde (dm), prøvetre 1	Prøvetre 1: dkl 100-249 mm.
H_P2	Klaveflate	Høyde (dm), prøvetre 2	Prøvetre 2: dkl >=250 mm

Tabell A2. Stammemassens prosentiske fordeling for gran.

Høyde fra rotavskjær til brudd, meter	Opprinnelig trehøyde i meter																
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	25	23	20	19	17	16	15	15	14	14	13	13	12	12	12	12	12
2	46	41	36	34	32	31	29	28	26	25	24	24	23	23	22	22	21
3	65	59	52	49	46	44	42	40	37	36	35	34	32	32	31	31	30
4	78	73	67	62	57	55	52	50	47	46	44	43	41	40	39	39	38
5	91	85	79	74	68	65	62	60	57	55	53	51	49	48	47	46	45
6	95	92	88	83	78	75	71	68	65	63	61	59	57	56	54	53	51
7		98	94	90	86	83	79	76	73	71	68	66	64	63	61	60	58
8			98	95	92	89	85	82	79	77	75	73	70	69	67	66	64
9				99	96	93	90	88	85	83	80	78	76	73	72	71	69
10					99	97	95	93	90	88	85	83	80	79	77	76	74
11						97	95	93	91	89	87	85	84	82	81	79	
12							99	98	96	95	93	91	89	88	86	84	82
13								98	97	96	94	92	91	89	87	86	
14									99	98	97	95	94	92	91	89	
15											99	97	96	94	93	92	
16												98	97	96	95	94	
17													99	98	97	96	
18															.	99	97
19																	98

Tabell A3. Stammemassens prosentiske fordeling for furu.

Høyde fra rotavskjær til brudd, meter	Opprinnelig trehøyde i meter																
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	27	24	20	19	18	17	15	14	13	13	12	11	10	10	9	8	8
2	47	43	38	36	34	31	29	27	26	25	23	22	20	19	18	17	16
3	63	59	54	50	46	43	40	38	36	34	32	30	28	27	26	25	24
4	80	74	68	63	58	55	52	50	47	45	42	39	36	35	33	32	31
5	90	85	80	75	69	65	61	59	56	53	50	47	44	42	40	39	38
6	97	93	89	84	79	75	71	68	64	61	58	55	51	49	47	46	44
7		98	95	91	87	83	79	76	72	69	65	62	58	56	54	52	50
8			98	95	92	88	85	82	79	76	72	69	65	63	60	58	56
9				99	97	94	91	88	85	82	78	75	71	68	65	64	62
10					98	95	93	90	87	83	80	76	74	71	69	67	
11						98	96	94	91	88	85	81	79	76	74	72	
12							99	97	94	91	89	86	84	81	79	76	
13									97	94	92	89	87	85	83	81	
14										96	95	93	91	88	86	84	
15												96	94	92	90	88	
16															94	92	91
17																96	94
18																	96

Vedlegg 2: Modeller basert på data fra prøvetrær

Tabell A4. Bestandsvise modeller for prediksjon av trehøyde (dm) med diameter i brysthøyde (DBH, mm) som uavhengig variabel.

Bestand	Funksjon	R ²	n
001	$13 + 1,1022 \cdot \text{DBH} - 0,0016 \cdot \text{DBH}^2$	0,63	8
002	$13 + 1,0404 \cdot \text{DBH} - 0,0012 \cdot \text{DBH}^2$	0,81	10
004	$13 + 1,1679 \cdot \text{DBH} - 0,0013 \cdot \text{DBH}^2$	0,94	4
240	$13 + 1,0689 \cdot \text{DBH} - 0,0010 \cdot \text{DBH}^2$	0,78	9
315	$13 + 0,9851 \cdot \text{DBH} - 0,0008 \cdot \text{DBH}^2$	0,91	10
317	$13 + 1,0638 \cdot \text{DBH} - 0,0011 \cdot \text{DBH}^2$	0,95	10
322	$13 + 1,1817 \cdot \text{DBH} - 0,0014 \cdot \text{DBH}^2$	0,71	10
389	$13 + 0,5874 \cdot \text{DBH} - 0,0002 \cdot \text{DBH}^2$	0,96	10
390	$13 + 1,2785 \cdot \text{DBH} - 0,0015 \cdot \text{DBH}^2$	0,82	10
392	$13 + 0,7947 \cdot \text{DBH} - 0,0005 \cdot \text{DBH}^2$	0,86	10
401	$13 + 0,9017 \cdot \text{DBH} - 0,0008 \cdot \text{DBH}^2$	0,91	10
402	$13 + 0,7007 \cdot \text{DBH} - 0,0003 \cdot \text{DBH}^2$	0,92	10
403	$13 + 0,6551 \cdot \text{DBH} - 0,0002 \cdot \text{DBH}^2$	0,90	10
540	$13 + 1,1099 \cdot \text{DBH} - 0,0012 \cdot \text{DBH}^2$	0,70	10
556	$13 + 0,7211 \cdot \text{DBH} - 0,000000005 \cdot \text{DBH}^2$	0,91	10
626	$13 + 0,8932 \cdot \text{DBH} - 0,0008 \cdot \text{DBH}^2$	0,78	8
628	$13 + 1,0373 \cdot \text{DBH} - 0,0012 \cdot \text{DBH}^2$	0,76	6
800	$13 + 0,9238 \cdot \text{DBH} - 0,0008 \cdot \text{DBH}^2$	0,74	6
888	$13 + 0,5567 \cdot \text{DBH} - 0,0002 \cdot \text{DBH}^2$	0,90	10

Funksjon utarbeidet for beregning av diameter i brysthøyde på felte trær basert på prøvetrærne:

$$\text{DBH} = 1,7271 + 0,8399 \cdot \text{DST} \quad R^2 = 0,9689$$

hvor

DBH = diameter i brysthøyde (1,3 m over midlere bakkenivå, mm)

DST = diameter i stubbehøyde (0,3 m over midlere bakkenivå, mm)

Vedlegg 3: Instruks for innsamling av borprøver

Det skal tas borprøver i brysthøyde av prøvetrærne (2 per prøveflate, dvs. 10 per bestand). Det er ikke nødvendig å treffe marg men prøven må minst få med vekstutviklingen over et tidsrom som dekker tilbake til 15-20 år før hogst. Noter som merknad på skjema dersom råte i prøven.

Det borres i retning diagonalt mot flatesentrum.

Borprøven legges i plastflak og merkes tydelig. Legg alltid prøven med barksiden samme vei i plastflaket. Åpningene på plastflaket må dekkles med tape (frysetape/maskeringstape fungerer bra) som perforeres i ene enden for lufting. Bruk også tape utenpå plastflaket, der det noteres bestandsnr, prøveflatenr (1-5) og nr på prøvetreet innen prøveflata (1 el. 2).

Prøvene lagres i fryser etter endt arbeidsuke. Lagring i vanlig inneklime fungerer også forutsatt at tapen er perforert slik at prøven kan tørke.

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

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

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

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