

skog+  
landskap

Forskning fra Skog og landskap 4/08

---

**TOPPKAPPING I UNGSKOGPLEIE  
AV GRAN: VEKSTREAKSJONER PÅ  
TOPPKAPPEDE TRÆR**

---

Fredrik Bøhler, Andreas Brunner, Bernt-Håvard Øyen

# Forskning fra Skog og landskap

«Forskning fra Skog og landskap» er en serie for publisering av originale vitenskapelige resultater innenfor Skog og landskaps faglige områder. Serien er åpen for relevante manuskripter, også fra forfattere som ikke er ansatt ved Norsk institutt for skog og landskap

**Utgiver:**

Norsk institutt for skog og landskap

**Redaktør:**

Bjørn Langerud

**Dato:**

Mai 2008

**Trykk:**

07 Gruppen AS

**Opplag:**

900

**Bestilling:**

Norsk institutt for skog og landskap

Postboks 115, 1431 Ås

Telefon: 64 94 80 00

Telefaks: 64 94 80 01

[www.skogoglandskap.no](http://www.skogoglandskap.no)

ISBN 978-82-311-0053-9

ISSN 1890-1662

**Omslagsfoto:**

Ungdskogbestand i Nordmarka tredje vekstsesong etter toppkapping.

Foto: Fredrik Bøhler

Forskning fra Skog og landskap - 4/08

---

**TOPPKAPPING I UNGSKOGPLEIE AV GRAN:  
VEKSTREAKSJONER PÅ TOPPKAPPEDE TRÆR**

---

Fredrik Bøhler, Andreas Brunner, Bernt-Håvard Øyen

## FORORD

Denne rapporten bygger på undersøkelsene i en masteroppgave ved institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap (Bøhler 2006), men er noe bearbeidet. Løvenskiold Vækerø A/S v/Jostein Andersen, Øyvind Foss og Jørn Moss vært hjelpelige med søk etter aktuelle studieområder. Arbeidet har vært finansiert gjennom Skog og landskaps prosjekt på toppkapping i gran. Vi takker alle som har bidratt i arbeidet.

Ås, juni 2008

Fredrik Bøhler, Andreas Brunner og Bernt-Håvard Øyen

# INNHold

<b>Sammendrag</b> .....	4
<b>Summary</b> .....	5
<b>1 Innledning</b> .....	7
<b>2 Materiale og metode</b> .....	8
2.1 Studieområde .....	8
2.2 Prøveflater .....	8
2.3 Analyser .....	8
2.3.1 Høydeforhold før og etter behandling .....	8
2.3.2 Lokalitetsindeks .....	9
2.3.3 Konkurransindeks .....	9
2.3.4 Ekstrapolering av høydeforhold .....	10
<b>3 Resultater</b> .....	10
3.1 Toppkappede trær .....	10
3.2 Fristilte trær .....	11
3.3 Utvikling av høydeforskjell mellom fristilte og toppkappede trær .....	12
<b>4 Diskusjon</b> .....	13
4.1 Toppkappede trær .....	13
4.1.1 Vekstforløp .....	13
4.1.2 Forklaring av høydevekst .....	14
4.2 Fristilte trær .....	15
4.3 Utvikling av høydeforskjell .....	15
4.3.1 Høydeforhold før og etter toppkapping .....	15
4.3.2 Konkurransforhold før og etter toppkapping .....	16
4.4 Konklusjoner .....	17
<b>Litteratur</b> .....	17

## SAMMENDRAG

Målet med denne feltstudien var å analysere høydeveksten hos toppkappede og fristilte trær etter en regulering med toppkappingsmetoden i renbestand av gran 4 vekstsesonger etter behandling. Studieområdene består av tre bestand i Nordmarka i Oslo som ble behandlet i 2001 og oppmålt i 2005.

Resultatene tyder på at omstillingen til vertikal vekst hos en grein etter at apikaldominansen brytes, gir redusert toppskuddlengde første året. Denne forsinkelsen blir imidlertid mer enn kompensert ved at greina retter seg oppover slik at total høydeøkning første året er større enn påfølgende år. Variablene som best forklarte toppskuddlengdene hos toppkappede trær, var (1) en avstandsavhengig konkurranseindeks, (2) lokalitetsindeks på prøveflatenivå, (3) høydeforskjell mellom kappehøyde og fristilt tre og (4) høyde før inngrep i forhold til det fristilte treets høyde.

Fristilte trær risikerer å bli forbivokst av toppkappede trær selv med et høydeforsprang på 2 m. Dette betyr at metoden bør modifiseres ved bruk i gran i forhold til de anbefalinger som tidligere er gitt for toppkapping i bjørk og furu. På grunn av risiko for at høydeforspranget innhentes, anbefales ikke metoden hvis man ønsker å behandle granbestand lavere enn 3,5–4 m eller hvis man har et mål om en nedtopping (nivellerings) i reguleringen.

**Nøkkelord:** Avstandsregulering, gran, høydevekst, *Picea abies*, toppkapping, ungskogpleie, vekstreaksjoner.

## SUMMARY

The aim of this field study was to analyse the height growth of top-cut trees and released trees after tending by topping in young spruce stands 4 growing seasons after treatment. The study fields consist of three stands in Nordmarka, north of Oslo. They were all treated in 2001 measured in 2005.

The results indicate that height growth of cut competitors is delayed the first year after treatment because lateral branches first have to establish a new leader. However this delay is not only compensated for, but made to an advance by the effect of the branch straightening upwards. The variables that best explained the shoot length of top-cut trees, were (1) a competition index based on vertical angle gauges, (2) plot site index, (3) the height difference between cutting-height and height of the released tree, (4) height before treatment relative to height of the released tree.

Released trees were still at risk of being overtopped by a top-cut neighbour in the future even with a lead of 2 m. This implies that the recommendations given for the method in pine and birch should be modified before applied in spruce stands. Due to the risk of the released trees to be overgrown, this method is not recommended if stand height is less than 3.5–4 m or if non-dominating trees are selected for release.

**Key words:** Growth reactions, height increment, Norway spruce, *Picea abies*, precommercial thinning, topping.





# 1 INNLEDNING

Den økonomiske nytten av ungskogpleie består i at rett antall av trærne med best kvalitets- og produktspotensial blir satt i en bedre konkurransesituasjon og utvikler seg slik at verdien av framtidsbestandet blir størst mulig (Dahl & Lindmo 1977, Haveraaen 1992, Braastad et al. 1997). Ungskogpleie kan ha avgjørende betydning for framtidig vekst og kvalitet i et bestand (Pettersson 1992).

Motormanuell rydding og avstandsregulering der et vist antall framtidstrær spares og konkurrenter kappes rett over bakkenivå, har lenge vært den vanlige metoden i Norge (Vestjordet 1977). Metoden har ikke endret seg særlig de siste 50 årene selv om krav til kostnadseffektivitet i skogbruket har blitt større. Metoden med motorryddesag er imidlertid ikke uten ulemper, særlig ergonomisk og ved at det krever en del trening å kunne håndtere en ryddesag effektivt (Strømnes 1986). At konkurrenter fjernes helt, kan dessuten føre til en uheldig kvistutvikling hos de gjestående trærne (Braastad & Tveite 2000).

Toppkapping er en alternativ metode som går ut på å styre og påskynde høydesprednings- og selvtynningsprosessen i bestandet ved å gi de utvalgte framtidsstammene et høydeforsprang uten å fjerne konkurrentene helt, men kappe dem et stykke under toppen (Karlsson & Albrektson 2000b). I Sverige har effekter av toppkapping blitt studert hos bjørk (*Betula pendula* og *B. pubescens*) (Karlsson & Albrektson 2000a, Karlsson & Albrektson 2001, Fällman et al. 2003, Ligné et al. 2005b) og furu (*Pinus sylvestris*) (Michold 1991). Formålet med toppkapping har da vært å oppnå bedre kvalitet på framtidstrærne og dessuten redusere beiteskader i forhold til tradisjonell rydding (Ligné et al. 2005b, Karlsson & Albrektson 2000b).

Toppkapping er imidlertid ingen helt ny metode. Mayer (1984) og Michold (1991) refererer flere europeiske forfattere som har beskrevet toppkapping som en gunstig måte å fjerne varger i ungskog av furu uten å skape uheldige hull i bestandet. Michold (1991) nevner dessuten flere svenske forsøk med toppkapping i furu i forhold til elgbeiting. Fra Norge angir Kiær & Haugen (1940) at de i forsøkskogen på Solberg i Løten allerede i 1910 benyttet en metode de kalte «Myrling» som gikk ut på å kappe «skadde og skadelige stammer» i brysthøyde i «overtette 15–20 årige» furubestand. Opprinnelsen til navnet er den østerrikske forstmester Müller. Metoden er senere referert til som «Solbergmetoden». Sannsynligvis var kappetunktet under

krona slik at treet døde ganske umiddelbart, hvilket ikke er hensikten ved toppkapping. For øvrig nevner Myhrwold (1928) en form for toppkapping for fristilling av enkelttrær i «såflekke».

Når toppkapping har vært utført i gran, har hensikten først og fremst vært å redusere kostnadene. En annen mulig fordel, kan være å unngå rotråte (Jansen 1987), men det er ikke gjort noen studie på det. Moss (2004) og Moss (2005) skriver om sine erfaringer med toppkappingsmetoden i gran på Løvenskiold Vækerøs skogeiendom med bruk av diverse håndredskaper. Jansen (1987) lanserte en metode i ungskogpleie av gran som han kalte «brystkapping». Den gikk ut på å kappe konkurrentene rundt brysthøyde og er ellers ikke særlig forskjellig fra det som kalles toppkapping. Skogbrukets kursinstitutt (2008) brukte det samme begrepet om en metode de har prøvd ut der konkurrentene kappes på samme måten med et motorisert redskap med sverd og sagkjede montert på et riggrør. Ligné et al. (2005a) gjorde driftstekniske forsøk med samme type redskap. Savill & Beaty (1986) beskriver også en lignende metode i plantede sitkagranbestand i Storbritannia. Dong (1996) gjorde et forsøk med regulering av meget tett foryngelse av gran der et av behandlingsalternativene var toppkapping («köpfen» – styving). For gran mangler det systematiske og langsiktige studier av effektene av et slikt inngrep. Skog og landskap i samarbeid med Løvenskiold Vækerø har anlagt langsiktige feltforsøk i Nordmarka i 2005 med toppkapping (Øyen 2005), men resultater herfra forventes først om ca 10 år.

Ligné et al. (2005b) skriver at en viktig forutsetning for at toppkapping skal være økonomisk og skjøtselsmessig forsvarlig er at de toppkappede trærne blir undertrykt og etter hvert dør slik at de ikke tar igjen de fristilte trærne og gjenopptar konkurransen eller er i veien ved første tynning slik at driftskostnadene økes. Viktige spørsmål i vurderingen av toppkapping som metode i avstandsregulering i gran er derfor utviklingen av høydeforholdet mellom kappede og fristilte trær og hvorvidt de toppkappede trærne undertrykkes av konkurranse fra de fristilte trærne.

Målet med denne feltstudien var å analysere høydeveksten hos toppkappede og fristilte trær fire år etter behandling med toppkappingsmetoden i gran. En sentral problemstilling var å vurdere risikoen for at et fristilt tre blir forbivokst av et toppkappet nabotre (overvekst). En annen problemstillingen var å teste om følgende faktorer påvirket høydeveksten hos toppkappede trær: Høydeforsprang gitt ved toppkapping, konkurranse fra nabotrær og høyde før toppkapping relativt til det fristilte treet.

## 2 MATERIALE OG METODE

### 2.1 Studieområde

Studieområdene er lokalisert på Løvenskiold Vækerøs eiendom i Nordmarka, Oslo kommune (59°70'N, 10°50'E). Det ble besluttet å gjøre en retrospektiv studie av utvalgte toppkappede granbestand. Vi foretok et utvalg av tre ungskogbestand hvor metoden toppkapping har vært gjennomført i 2001. Det var et kriterium at gran skulle være det dominerende treslaget og at tettheten var såpass høy at inngrepet ikke bare utgjorde få, spredte toppkappinger. Etter mye leting ble det konstatert at det ikke var mulig å finne brukbare felter behandlet før 2001.

Treslagssammensetningen i bestandene bestod av hovedsakelig gran og noe bjørk (5–20 %). Vegetasjonstypen var blåbærgranskog i alle bestandene. I følge skogbruksplanen var boniteten G14 i alle bestand og alderen (antall år siden planting ved oppmåling i 2005) var 16 år i bestand 1 og 2 og 22 år i bestand 3.

### 2.2 Prøveflater

Et framtidstre som er fristilt ved toppkapping dannet sentrum i hver prøveflate. Dette treet er referert til som sentrumstre. På sentrumstreet ble det målt høyde og toppskuddlengder siste 10 år. Innenfor en radius på 2 m ble det gjort følgende målinger på alle toppkappede grantrær: avstand og kompassretning fra sentrumstre, høyde, kappehøyde, toppskuddlengder etter inngrep og høyde før inngrepet ved å måle lengden på avkappet topp. Innenfor en radius på 3 m ble det målt avstand, kompassretning, høyde og treslag for alle trær høyere enn 1,3 m. En 5 m teleskopstang, målebånd og kompass utgjorde måleinstrumentene.

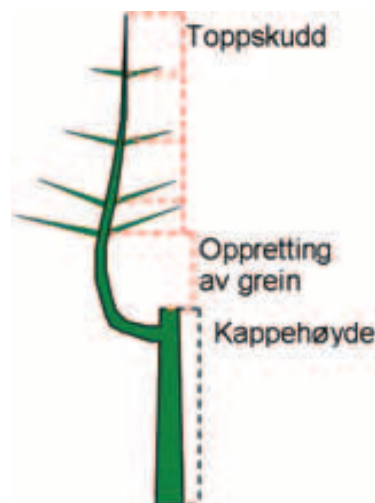
Prøveflatene er lagt ut langs rette, parallelle linjer ved å følge en kompasskurs. I bestand 1 ble hvert 5. framtidstre som var fristilt ved toppkapping, plukket ut til å være sentrumstre i en prøveflate. I bestand 2 og 3 ble hvert 2. framtidstre som var fristilt ved toppkapping plukket ut så sant det ikke ble overlapping mellom prøveflatene. Grunnen til at vi brukte forskjellig opplegg var at tettheten var høyere i bestand 1. Totalt er 49 prøveflater inkludert i studiet hvorav 21 i bestand 1, 17 i bestand 2 og 11 i bestand 3.

Materialet inkluderer totalt 151 toppkappede trær hvorav 86 i bestand 1, 35 i bestand 2 og 27 i bestand 3. Kun tre toppkappede trær var døde. Disse er utelatt i analysen.

### 2.3 Analyser

Høydeutviklingen hos toppkappede trær og sentrumstrær fram til 2005 er hos toppkappede trær en sum av oppretting av grein og toppskuddlengder (Figur 1). Eventuelle forskjeller mellom toppskuddene i år 1, 2, 3 og 4 etter toppkapping ble analysert med en Bonferroni t-test. For å forsøke å forklare variasjonen i høydevekst mellom de toppkappede trærne, inkluderte vi følgende variabler i en multippel regresjonsanalyse: Lokalitetsindeks, høydeforhold før og etter inngrep og konkurranseindeks. Disse variablene er beskrevet nærmere under. Alle kombinasjoner med en, to, tre, fire og fem variabler ble utprøvd i multiple regresjonsmodeller.

Sammenligning av høydevekst hos sentrumstrærne og deres toppkappede naboer var en viktig del av analysen. Vi ekstrapolerte også høydeveksten lineært fram i tid etter en vurdering av eventuelle trender i vekstforløpet.



Figur 1. Høydeutvikling etter toppkapping. Total høydeutvikling i perioden etter behandling hos det toppkappede treet er summen av toppskuddlengder i 2005, 2004, 2003 og 2002 og oppretting av grein. Sistnevnte kan være negativ hvis greina ikke bøyer seg opp over kappehøyde

#### 2.3.1 Høydeforhold før og etter behandling

Sentrumtreets høyde ved inngrep ble bestemt ved å trekke lengde av de siste fire toppskudd fra målt høyde. Høyde før inngrep hos toppkappet tre betegnes  $h_{TF}$  og høyde før inngrep relativt til sentrumstreet betegnes  $h_{TF}/h_{S01}$ . Kappehøyde betegnes  $h_{TE}$ . Høydeforspranget gitt ved behandling er differansen mellom kappehøyde og høyde hos sentrumstre, og betegnes  $Dif_{01}$ .

### 2.3.2 Lokaltetsindeks

For å redusere noe av variasjonen grunnet bonitetsforskjeller mellom prøveflatene, ble en enkel lokalitetsindeks på prøveflatenivå inkludert som uavhengig variabel. Gjennomsnittlig toppskuddlengde siste 10 år hos sentrumstreet ( $l_{hS10}$ ) er her brukt som lokalitetsindeks. En alderseffekt vil ha kunnet virke inn på denne verdien fordi granas høydevekst normalt er stigende for hvert år inntil trærne når en høyde på 7–8 m (Strand 1968). Det vil også kunne ha vært en utvalgseffekt på denne verdien fordi sentrumstreet ikke nødvendigvis var et overhøydetre og heller ikke nødvendigvis det høyeste på prøveflata. Dermed uttrykker ikke  $l_{hS10}$  full produksjonsevne. Det er heller ikke vanlig å indikere produksjonsevne på mikroskala på grunnlag av kun ett tre. Vi har i denne studien forutsatt at lokalitetsindeksen gjenspeiler produksjonsevnen på en liten skala.

### 2.3.3 Konkurransindeks

Fordi materialet består av flater med både kjent høyde og plassering av alle trær høyere enn 1,3 m, er det mulig å analysere konkurransen på enkelttre-nivå ut fra høyde og avstand til nabotrær og deres høyde.

Det kan nevnes en rekke metoder som er brukt for å beregne konkurranseindekser for enkelttrær i ungskog (Eriksson 1976, Daniels 1976, Martin & Ek 1984, Daniels et al. 1986, Tomé & Burkhart 1989, Nyström & Kexi 1997). De studiene som bruker høyde som inngangsverdi og i tillegg inkluderer undertrykte trær som subjekttrær, er mest relevante i denne sammenhengen. I noen av Biging & Dobbertins (1992) indekser er det beregnet en sum av delene av nabotrærnes kroner som stakk over en opp ned kjegle med akse i subjektreet. Vinkelen på kanten av denne kjeglen var  $50^\circ$  og  $60^\circ$  på horisontalen og bunnen av kjeglen var i bakkenivå og alternativt i kronebasis. Magnussen (1989) og Cannell (1984) beregnet konkurranseindeksen som en sum av helningsvinklene av linjene fra toppen på subjektreet til toppene på nabotrærne.

Hensikten med denne studien var ikke å undersøke hvordan effekten av konkurranse varierer med høyde- og avstandsforhold, men først og fremst å klargjøre hvorvidt høydeveksten hos toppkappede trær påvirkes av konkurranse eller ikke. Derfor valgte vi en enkel modell som benytter elementer fra de to indeksene presentert over.

For å kunne estimere konkurransesituasjonen i 2001, ble det estimert en høyde for alle ikke-topp-

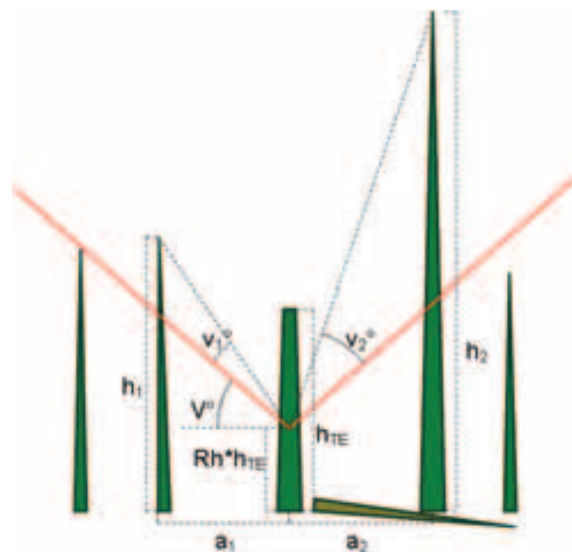
kappede trær i 2001 etter inngrepet ved å anta en relativ høydevekst lik sentrumstreet siste fire år. Nabotrær med toppen over en opp ned kjegle med aksen i stammen på subjektreet, ble inkludert som konkurrenter (Figur 2) omtrent som beskrevet hos Biging & Dobbertin (1992). Bunnen av kjeglen er i en høyde over bakken relativt til kappehøyde ( $Rh * h_{TE}$ ). Kanten på kjeglen har en vinkel  $V^\circ$  på horisontalen. Konkurransen fra det enkelte nabotre er beregnet som vinkelen  $v_i^\circ$  mellom kanten på kjeglen og en linje fra bunnen i denne kjeglen til toppen på nabotreet (Figur 2). Formelen for vinkelen  $v_i^\circ$  er

$$v_i^\circ = \tan^{-1}((h_i - Rh * h_{TE})/a_i) - V^\circ$$

Her er  $h_i$  høyde hos nabotre  $i$  og  $a_i$  er avstand til nabotre  $i$ . Konkurransindeksen er summen av disse vinklene til alle konkurrenter innenfor 3 m. Formelen for konkurranseindeksen er:

$$KI = \sum_{i=1}^n v_i^\circ$$

der  $n$  er antall konkurrenter.



Figur 2. Beregning av konkurranseindeks for toppkappet tre.  $h_{TE}$  er kappehøyde hos subjektreet. Avstand og høyde til nabotre  $i$  er betegnet henholdsvis  $a_i$  og  $h_i$ .  $V^\circ$  er vinkelen mellom horisontalen og kanten av kjeglen (rød linje) som begrenser hvilke nabotrær som inkluderes som konkurrenter. Konstanten  $Rh$  bestemmer høyden over bakken til bunnen av kjeglen relativt til kappehøyden hos subjektreet. Konkurransindeksen er uttrykt i summen av  $v_i^\circ$ .

Beregnet konkurranseindeks kan bli mindre enn den faktiske situasjonen for trær som står lengst fra sentrumstreet fordi det mangler informasjon om trær

som står utenfor flata. Vi gjorde en korreksjon for dette som var en speiling av informasjonen innenfor prøveflata over på arealet utenfor. Det henvises til Bøhler (2006) for detaljer om denne korreksjonen.

For å finne en konkurranseindeks som best mulig reflekterer konkurransen fra nabotrær som virker inn på høydeveksten, ble det gjort en analyse av konkurranseindekser med ulike verdier av  $V^\circ$  og  $Rh$ . Konkurranseindeksen korrelerte best med veksten hos toppkappede trær ved en  $V^\circ$  på  $53^\circ$  og en  $Rh$  på 0,4. Dette ga en korrelasjon på  $R = -0,45632$  ( $P < 0,0001$ ). Konkurranseindeksen med disse verdiene for  $V^\circ$  og  $Rh$  er derfor brukt i den videre analysen.

### 2.3.4 Ekstrapolering av høydeforhold

For å gi en best mulig synliggjøring av trendene i utviklingen av høydeforhold mellom toppkappede og fristilte trær, ble trehøydene lineært ekstrapolert fram til 10 og 15 år etter behandling (6 og 11 år fram i tid). For denne framskrivningen besluttet vi basert på vurderinger av vekstforløpet, å bruke gjennomsnitt av siste 3 års toppskudd for toppkappede trær i bestand 1 og 2 og siste 2 års toppskudd i bestand 3. For sentrumstrærne ble det brukt et gjennomsnitt av siste 5 års toppskudd i alle bestand. Det henvises til Bøhler (2006) for grundigere vurdering av dette.

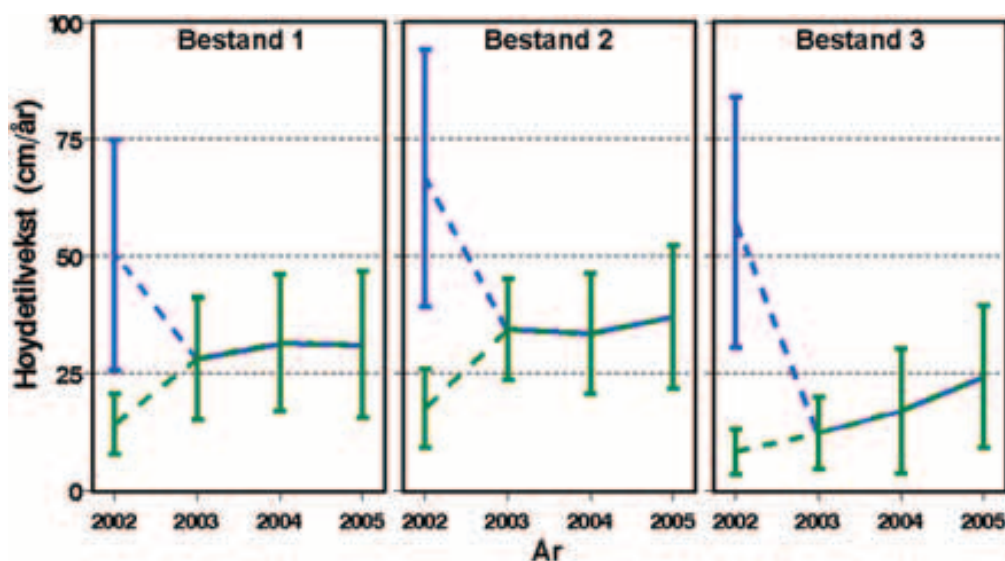
høydeutvikling i 4-års-perioden for toppkappede trær varierte fra 23 cm til 303 cm. I bestand 1 og 2 var toppskuddlengdene hos de toppkappede trærne signifikant (t-test,  $p=0,05$ ) lavere det første året etter toppkapping enn de neste tre års toppskuddlengder. Her var det ingen signifikant forskjell mellom de tre siste årene. I bestand 3 var det en stigende trend gjennom de fire årene. Når oppretting av grein ble inkludert i høydeutviklingen det første året, var høydeutviklingen dette året signifikant høyere enn senere års toppskuddlengder i alle bestand.

Følgende variabler hadde signifikant effekt på toppskuddlengdene: Konkurranseindeks ( $KI$ ) med negativ korrelasjon; Lokaltetsindeks ( $l_{hS10}$ ) med positiv korrelasjon; Sentrumtreets høydeforsprang ( $Dif_{01}$ ) med negativ korrelasjon; Relativ høyde før toppkapping ( $h_{TF}/h_{S-01}$ ) med positiv korrelasjon. Absolutt høyde før inngrep ( $h_{TF}$ ) hadde lite eller ingen sammenheng med toppskuddlengdene. Multiple regresjonsmodeller ble brukt for å beskrive høydeveksten til toppkappede trær som funksjon av flere uavhengige variabler. Alle gyldige modeller (alle variabler signifikante) med én, to, tre eller fire av disse variablene og evt. bestand som klassevariabel er beskrevet i Tabell 1. Ingen interaksjonsledd i noen modeller var signifikante. Ingen modeller med flere enn fire variabler var gyldige. For en mer fullstendig og detaljert oversikt over modeller med ulike kombinasjoner av variablene, henvises det til Bøhler (2006).

## 3 RESULTATER

### 3.1 Toppkappede trær

Høydevekstforløpet for toppkappede trær for de tre undersøkte bestandene er illustrert i Figur 3. Total



Figur 3. Høydevekstforløp for første 4 årene etter behandling hos toppkappede trær i de tre bestandene. Standardavviket er markert med vertikale linjer. Grønt er kun toppskuddlengder, mens blått er høydeøkning med oppretting av grein inkludert.

Tabell 1. Modeller som forklarte toppskuddlengdene hos toppkappede trær. Pr > F er modellens signifikansverdi. R<sup>2</sup> er multiplert korrelasjonskoeffisient og  $\sqrt{(MSE)}$  er modellens standardavvik. KI beskriver konkurranse,  $l_{HS10}$  er en lokalitetsindeks,  $h^{TF}/h_{SO1}$  og  $h_{TF}$  er relativ og absolutt høyde før inngrep og  $Dif_{01}$  beskriver sentrumtreets høydeforsprang. Bestand (Best.) som klassevariabel er også inkludert. Intersept og parameterestimat er indikert. Antall \* indikerer på hvilket signifikansnivå parameterestimatet er forskjellig fra 0, slik at \* betyr P<0,05, \*\* betyr P<0,01, \*\*\* betyr P<0,001 og NS betyr ikke signifikant. Alle gyldige modeller er beskrevet i tabellen.

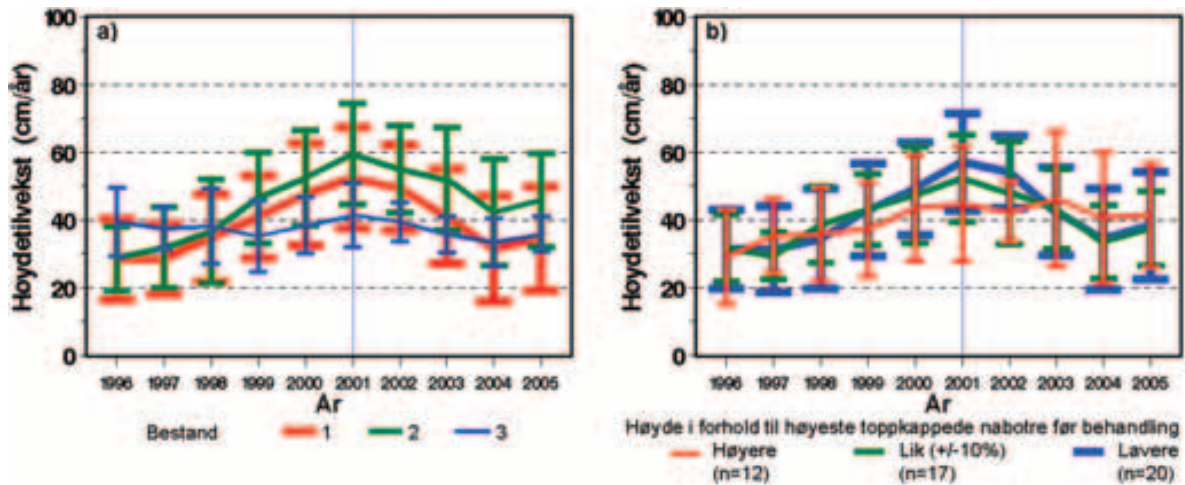
Antall variabler	Pr >F	R2	(MSE)	Inter-sept	KI	l <sub>HS10</sub>	h <sup>TF</sup> /h <sub>SO1</sub>	h <sub>TF</sub>	Dif01	Best.
1	<0,0001	0,3242	37,19	98,2 ***	-0,369 ***					1: 40,2*** 2: 49,7*** 3: 0,0/***
	<0,0001	0,2386	39,48	19,6		1,13 **				1: 40,1*** 2: 51,3*** 3: 0,0/***
	<0,0001	0,2347	39,92	32,6 *			34,1 *			1: 41,3*** 2: 57,6*** 3: 0,0/***
	0,96	<0,0001	45,31	101 ***				-0,002 NS		NS
	0,0068	0,0491	43,81	130 ***					-0,140 **	NS
2	<0,0001	0,3952	35,30	44,5 **	-0,423 ***	1,58 ***				1: 35,5*** 2: 34,9*** 3: 0,0/***
	<0,0001	0,2844	38,75	-24,6		1,33 **	42,6 **			1: 37,9*** 2: 45,7*** 3: 0,0/***
	<0,0001	0,3228	37,10	34,8 *		3,41 ***			-0,359 ***	NS
3	<0,0001	0,4100	34,75	55,8 ***	-0,328 ***	3,12 ***			-0,264 ***	NS
	<0,0001	0,3443	36,96	-60,8 **		3,21 ***	135,9 ***	-0,295 ***		NS
4	<0,0001	0,4257	34,71	-10,9	-0,320 ***	3,04 ***	99,8 ***	-0,239 ***		NS

Modellene gir en begrenset forklaring på variasjonen innen materialet (opp til 43 %). De viktigste uavhengige variablene er konkurranseindeks (KI) og lokalitetsindeks (l<sub>HS10</sub>).

### 3.2 Fristilte trær

Veksten hos sentrumstrærne i bestand 1 og 2 siste 10 år viste en ganske tydelig stigende trend fram mot en topp i 2001 som er behandlingstidspunktet (Figur 4a). Fram mot 2004 var det en synkende trend i toppskuddlengder, mens det kan virke som toppskuddlengdene tar seg opp igjen i 2005. Denne behandlingseffekten var tydeligst hos sentrumstrærne som var fristilt på bekostning av høyere nabotrær (Figur 4b).





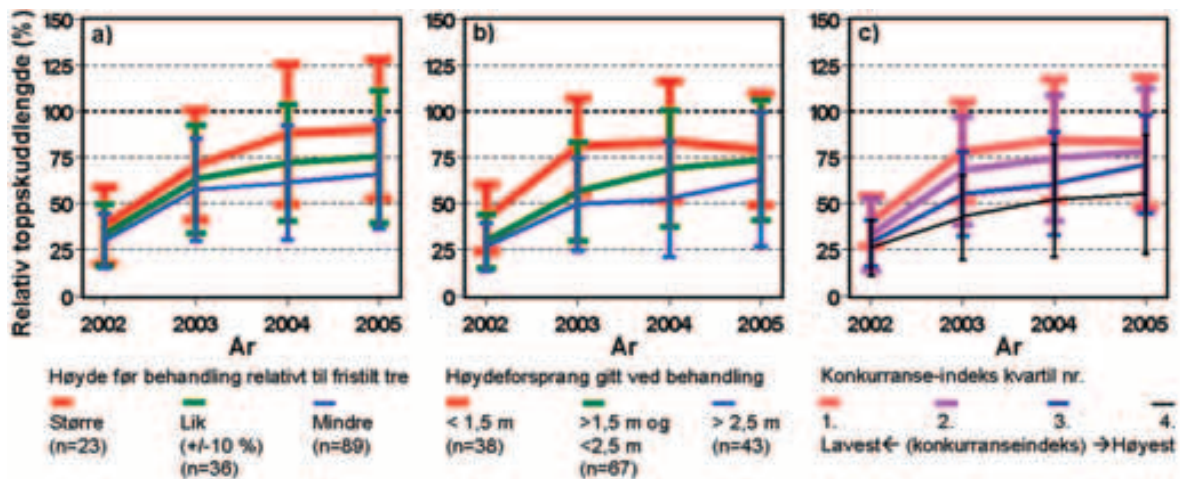
Figur 4. Toppskuddlengder hos sentrumstrærne siste 10 år for (a) hvert av de 3 bestanda og (b) stratifisert etter høyde i forhold til høyeste toppkappede nabotre før behandling. Standardavviket er markert med vertikale linjer. Behandlingstidspunkt (2001) er markert med en vertikal blå strek.

### 3.3 Utvikling av høydeforskjell mellom fristolte og toppkappede trær

Toppkappede trær som hadde en høy konkurranseindeks eller var mindre enn det fristolte treet før behandling eller var kappet lavt under det fristolte

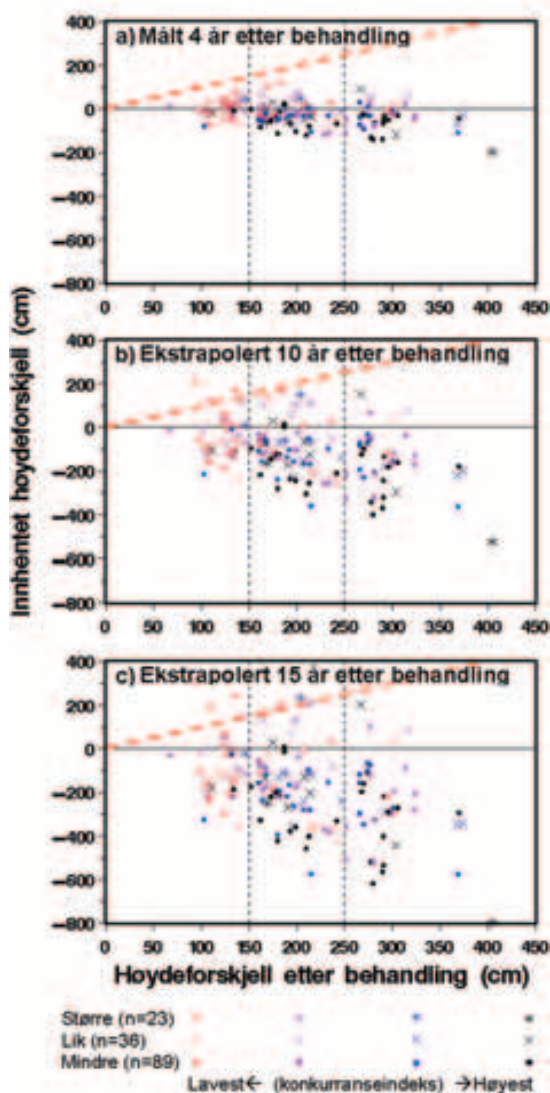
treet's topp, hadde generelt kortere toppskudd i forhold til sentrumstreet (Figur 5).

Etter 4 år var ett sentrumstre av totalt 49, forbivokst av et toppkappet nabotre (Figur 6). En lineær ekstrapolering av høydeveksten antydte at 3 trær (6%) kunne bli forbivokst etter 10 år og 7 trær (14%) etter



Figur 5. Toppskuddlengder hos toppkappede trær etter behandling relativt til høydevekst hos sitt fristolte nabotre (sentrumstreet). 100 % er årlig høydevekst hos sentrumstreet fra og med behandling (gjennomsnitt av 5 siste år). Toppkappede trær er stratifisert etter (a) høydeforhold før og (b) etter behandling og (c) konkurranseindeks. Vertikale linjer viser standardavviket rundt gjennomsnittet for de enkelte strata.

15 år. Etter 4 år hadde 53 % av sentrumstrærne hatt en lavere høydeøkning enn det høyeste toppkappede nabotreet. Denne andelen ble 45 % etter 10 år og 41 % etter 15 år i følge ekstrapoleringen. Det var en signifikant negativ sammenheng mellom høydeforskjell etter behandling ( $Dif_{01}$ ) og innhentet høydeforsprang etter 4 år ( $p < 0,0001$ ,  $R = -0,33$ ). Denne sammenhengen ble enda sterkere etter ekstrapoleringen til 10 år ( $p < 0,0001$ ,  $R = -0,42$ ) og 15 år ( $p < 0,0001$ ,  $R = -0,43$ ) etter behandling.



Figur 6. Innhenting av høydeforsprang forklart med størrelsen på høydeforsprang gitt ved behandling ( $Dif_{01}$ ) (a) målt 4 år etter behandling og (b) ekstrapolert fram til 10 år og (c) 15 år etter behandling. Hver observasjon representerer et toppkappet tre ( $n=148$ ). Observasjoner som ligger over 0 cm, indikerer at det toppkappede treet har hatt en større høydeøkning enn sentrumstreet. Observasjoner over rød stiplede linje ( $x=y$ ) betyr at det toppkappede treet har innhentet sentrumstrees høyde. Farge angir hvilket kvartil av konkurranseindeksverdiene observasjonen tilhører. Symbolet angir størrelsen før behandling relativt til sentrumstreet.

## 4 DISKUSJON

### 4.1 Toppkappede trær

#### 4.1.1 Vekstforløp

Det var stor variasjon i veksten hos de toppkappede trærne. Samlet høydeutvikling for levende toppkappede trær 4 år etter behandling varierte mellom 23 og 303 cm. Det betyr at toppkappede nabotrær i enkelte tilfeller kan være en fortsatt konkurrent til det fristilte treet i framtiden, mens de i andre tilfeller nesten stopper helt opp i veksten eller dør straks etter toppkapping.

Resultatene fra denne undersøkelsen kan tyde på at det nye toppskuddet ikke vokser som et normalt toppskudd før i andre vekstsesong etter behandling. I bestand 1 og 2 var veksten redusert første året og stabil fra og med andre året. Når toppen fjernes, brytes apikaldominansen og en av de øverste greinene vil rette seg oppover og etter en viss tid, vokse som et normalt toppskudd. Det var en tydelig forsinkelse i høydevekst (toppskudd) første året i forbindelse med denne omstillingen, men det kunne ikke påvises at denne effekten gjelder utover første vekstsesong. I bestand 3 så veksten fortsatt ut til å være stigende etter 4 år. Materialet herfra er lite, men forholdet indikerer at forsinkelsen også kan vare i flere enn ett år. Ligné et al. (2005b) kunne vise en like god eller bedre høydevekst første året i forhold til andre og tredje år hos toppkappet bjørk. Årsaken til denne motsetningen kan ligge i at opphavet til det nye toppskuddet hos bjørk oftest vil være en lateralknopp på stamme eller en grein (Karlson & Albrektson 2000a), mens det for gran nesten alltid vil være apikalskuddet på en grein.

Summen av oppretting av grein og toppskuddlengde første året (Figur 1) var signifikant høyere enn årlig høydevekst seinere. Det betyr at total høydeøkning snarere blir framskyndet enn forsinket første året når oppretting av grein tas med. Prosessen rundt oppretting av grein etter toppkapping er lite beskrevet i litteraturen. Høydegevinst på denne måten skjer bare første året og bidrar derfor ikke til noen vesentlig del av samlet høydeutvikling på lang sikt. Likevel kunne dette i enkelte tilfeller gi over en meter i høydegevinst, hvilket kan redusere høydeforspranget betraktelig. Det vises til Bøhler (2006) for analyse av oppretting av grein.

Materialet inkluderer ikke mer enn tre toppkappede trær som har dødd i perioden mellom behandling og oppmåling. Dette materialet egner seg derfor lite til å si noe om den langsiktige overlevelsen hos

toppkappede trær, selv om man kan antyde at mortaliteten på kort sikt synes å være meget begrenset (2 %) ut fra dette materialet. Det kan tenkes at mortaliteten hadde vært høyere om tetthet eller bestandshøyde ved behandling hadde vært høyere.

Det behøves også større og mer langsiktige forsøk for å beskrive risikoen for spredning av rotråte fra evt. infiserte toppkappede trær. Det er grunn til å tro at toppkapping kan redusere faren for infeksjon i forhold til tradisjonell ungskogpleie fordi snittflaten kommer høyere opp over bakken (Vasiliauskas & Stenlid 1998) og fordi snittflaten blir mindre (Solheim 1994, Solheim 1996, Bendz-Hellgren & Stenlid 1998, Morrison & Johnson 1999) pga. avsmalningen. Vollbrecht et al. (1995) mener at faren for spredning av rotkjuke (*Heterobasidion spp*) fra stubber etter ungskogpleie er ubetydelig, men Solheim (1996) viste at infeksjon forekommer og mener at spredningsfare ikke kan utelukkes. Uansett er muligheten for å redusere risikoen for råte svært interessant om man vurderer metoden som et alternativ til en tidlig tynning. Da kommer også effekten av at man unngår kjøreskader (Baadshaug 1994).

#### 4.1.2 Forklaring av høydevekst

Konkurransindeksen ( $KI$ ) og høydeforskjell mellom kappehøyde og sentrumstre i 2001 ( $Dif_{01}$ ) så ut til å kunne forklare mye av variasjonen i vekst hos toppkappede trær. Et mål for lokalitetsindeks på prøveflatenivå ( $I_{HS10}$ ) reduserte restvariasjonen i modellen ytterligere. Det er tenkelig at den negative effekten av sentrumtreets høydeforsprang ( $Dif_{01}$ ) i stor grad var en effekt av konkurranse fordi en større høydeforskjell setter det toppkappede treet i en dårligere konkurransesituasjon. De to variablene var positivt korrelert. Likevel er begge variablene signifikante i samme modell. Det betyr at høydeforskjell mellom kappehøyde og sentrumstre i 2001 ( $Dif_{01}$ ) forklarer en del av variasjonen i veksten hos de toppkappede trærne som ikke blir forklart av konkurranseindeksen ( $KI$ ) og motsatt. Fällman et al. (2003) kunne også påvise at vekst hos toppkappede trær var negativt korrelert med høydeforspranget som var gitt hovedstammene hos bjørk. Michold (1991) viser at det samme gjelder for furu.

Høyde hos det toppkappede treet før inngrepet ( $h_{TF}$ ) alene hadde liten effekt på høydeveksten, men høyde relativt til sentrumstreet ( $h_{TF}/h_{S01}$ ) hadde en signifikant positiv effekt. De to variablene var signifikante sammen i en modell som også inkluderte de to andre variablene konkurranseindeks ( $KI$ ) og lokalitetsindeks ( $I_{HS10}$ ). I denne modellen med fire variabler var parameteren for  $h_{TF}$  nega-

tiv og parameteren for  $h_{TF}/h_{S01}$  var positiv. Dette tyder på at lav bestandshøyde og høy sosial posisjon for det toppkappede treet før inngrepet gir størst vekst hos det toppkappede treet, mens lav sosial posisjon før inngrepet i et høyere bestand gir minst vekst. Bistammene mister en større andel av kronen hvis toppkapping skjer ved en større bestandshøyde hvis kappehøyden er lik. Innenfor bestandet vil ikke-dominerende trær ha mindre bar under kappepunktet. Toppkappingen vil dermed muligens redusere veksten kraftigere.

Resultatene viste at konkurranse fra nabotrær hadde en signifikant effekt på høydeveksten hos de toppkappede trærne. Johansson (1991) fant at høydevekst og overlevelse av stubbeskudd hos bjørk hadde sterk sammenheng med lysmengde. Det har ikke lyktes å finne andre studier som har testet konkurranseindekser for toppkappede trær. Det kan nevnes flere undersøkelser hvor det er testet ulike konkurranseindekser for hovedtrær etter avstandsregulering uten å kunne påvise effekt på høydevekst (Eriksson 1976, Martin & Ek 1984, Daniels et al. 1986, Tomé & Burkhart 1989, Nyström & Kexi 1997). Likevel finnes det noen studier på konkurranse og høydevekst i ungskog som også inkluderer undertrykte trær som subjekttrær og som støtter våre resultater. Biging & Dobbartin (1992) testet alternative avstandsavhengige konkurranseindekser beregnet ut fra blant annet høyde hos subjekttrær og nabotrær, hos ulike bartreslag. De kunne påvise signifikant effekt av konkurranse på høydevekst hos både gullfuru (*Pinus ponderosa*), douglasgran (*Pseudotsuga menziesii*) og koloradoedelgran (*Abies concolor*). Sammenhengen var generelt bedre for indeksene beregnet ut fra høyde enn de beregnet ut fra diameter eller kronevidde hos subjekttrær og nabotrær. Cannell (1984) studerte konkurranse i 7 og 5 år gamle plantninger av sitkagran (*Picea sitchensis*) og kontortafuru (*Pinus contorta*). Konkurransindeksen ble beregnet som en sum av helningsvinklene av linjene fra toppen på subjekttrær til toppene på nabotrærne. Han fant at dominerende trær undertrykte høydeveksten hos mindre trær, men ikke omvendt. Magnussen (1989) gjorde en lignende studie i banksfuru (*Pinus banksiana*) og påviste kun en svak effekt av konkurranse på høydevekst som var begrenset til trær med høyere nabotrær enn seg selv (positiv helningsvinkel).



## 4.2 Fristilte trær

Toppskuddlengdene hos sentrumstrærne var synkende de første tre årene etter behandling. Siste året (4. året etter behandling) var veksten noe høyere enn 3. året etter behandling hvilket kan tyde på en økning i høydeveksten igjen. Brantseg (1962) beskriver høydevekstreaksjon hos gran etter en regulering av treantallet i ungskog som en bølgegang med først avtagende vekst i 2–3 år og siden økende før veksten igjen går tilbake til den normale. Denne midlertidige høydevekstreduksjonen forklarer han med en slags lyssjokkeffekt. Det kan alternativt forklares som en allokeringseffekt (Nilsson & Hällgren 1993) ved at et tre prioriterer vekst i krone og stammediameter framfor høydevekst etter en fristilling for å øke stabiliteten. Harrington & Reukema (1983) kunne tydelig påvise en slik bølgegang hos douglasgran. Hvis en slik bølgegang blir realiteten også her, er framtidig høydevekst hos sentrumstrærne underestimert. Brissette et al. (1999) påviste at samlet høydevekst 18 år etter avstandsregulering var høyere enn urørt kontroll. Dong (1996) viste en svakt positiv effekt på høydevekst tre år etter toppkapping i meget tett foryngelse av gran. Hverken Michold (1991), Karlsson & Albrektson (2000a), Karlsson & Albrektson (2001) eller Fällman et al. (2003) kunne påvise noen behandlingseffekt på høydevekst hos fristilte trær etter toppkapping i bjørk og furu.

Resultatene våre tyder på at denne negative behandlingseffekten er sterkest hos fristilte trær som hadde lavere sosial status enn sine toppkappede nabotrær før behandling. Det er ikke overraskende at effekten er størst hos de trærne som opplever størst endring i konkurranseforhold etter fristilling.

## 4.3 Utvikling av høydeforskjell

Etter 4 år hadde ett av totalt 49 sentrumstrær blitt forbivokst av et toppkappet nabotre. En lineær ekstrapolering av høydene framover i tid antyder at 7 av sentrumstrærne ville bli forbivokst innen 15 år etter behandlingen. Over halvparten (53 %) av sentrumstrærne hadde hatt en mindre høydeøkning enn det høyeste toppkappede nabotreet etter 4 år slik at høydeforspranget hadde minket siden toppkappingen. Andelen av sentrumstrærne hvis høydeforsprang hadde minket, skulle i følge ekstrapoleringen, være mindre etter 10 år (45 %) og etter 15 år (41 %).

Når trusselen fra de toppkappede trærne er så stor som antydnet i dette materialet, kan det virke som denne metoden ikke er hensiktsmessig i granbestand. Resultatene står i kontrast til resultater for furu og bjørk. Karlsson & Albrektson (2000a) studerte effekten av toppkapping i bjørk ved bestands-høyde 1,8 m. Toppkapping med to ulike kappehøyder, ingen behandling og tradisjonell behandling (kapping rett over bakkenivå) ble sammenlignet. Tre år etter behandling konkluderte de med at når høydeforskjellen mellom kappehøyde og høyde hos det fristilte treet var 1,1 m etter behandling, stod ikke det fristilte treet i fare for å bli forbivokst av toppkappede nabotrær. I behandlingsalternativet med en høydeforskjell på 0,6 m, var risikoen noe større. Fällman et al. (2003) som analyserte de samme feltene 7 år etter behandling, kunne konstatere at de fristilte trærne ikke stod i fare for å bli forbivokst av toppkappede nabotrær selv når høydeforskjellen var bare 0,6 m etter behandling. Michold (1991) som analyserte to feltforsøk med toppkapping i furu gir ingen konklusjon for minste anbefalte høydeforsprang, men han antyder at overlevelsen hos de toppkappede trærne faktisk ble mindre enn ønskelig når høydeforspranget var større enn 1,5 m eller antall gjenstående levende greinkranser var mindre enn 4. Resultatene fra Sverige kan tyde på at toppkappingsmetoden er mer effektiv i bjørk og furu da de toppkappede nabotrærne viser en mer begrenset evne til å innhente det fristilte treet. I det minste må metoden modifiseres noe i granbestand i forhold til de anbefalinger som er gitt for metoden i bjørk (Fällman et al. 2003) og furu (Michold 1991).

### 4.3.1 Høydeforhold før og etter toppkapping

Ingen trær som ble kappet mer enn 2,5 m under sentrumtreets topp, ville ta igjen sentrumstreet innen 15 år etter behandling i følge ekstrapoleringen. Dette høydeforspranget avgjøres ved kappehøyde, bestandshøyde ved inngrep og seleksjon av framtidstrær. Mulighetene for å justere denne høydeforskjellen ved kappehøyde er begrenset av hva som er behagelig og effektiv arbeidshøyde med de aktuelle arbeidsredskapene. Gjennomsnittlig kappehøyde i dette materialet var 1,5 m og høyeste og laveste kappehøyde var henholdsvis 2,25 m og 0,73 m.

Ved å velge bestandsalder og dermed bestands-høyde ved inngrepstidspunkt, har man større muligheter til å justere høydeforskjell mellom kappehøyde og høyde hos fristilt tre. Gjennomsnittlig høyde hos sentrumstrærne ved behandlingstids-

punkt i dette materialet var 3 m i bestand 1, 3,5 m i bestand 2 og 4,5 m i bestand 3. For å oppnå en høydeforskjell på minst 2,5 m med en kappehøyde på 1,5 m, må høyden på trærne som skal fristilles, være minst 4 m. For å unngå stor risiko for overvekst, betyr dette at toppkapping bør gjøres relativt seint i bestandsutviklinga i forhold til det som ofte er anbefalt for ungskogpleie i gran (Brantseg 1962, Slåttå 1978, Braastad et al. 1997). Også Moss (2004) hevder, basert på praktiske erfaringer, at risikoen for overvekst reduseres betraktelig om inngrepet gjøres seinere i omløpet og ved bestands-høyde over 4 m. Det som avgjør øvre grense for bestandshøyde som er hensiktsmessig å behandle med denne metoden, er redskapet man bruker og hvor store dimensjoner man kan kappe på en effektiv måte. Nye motormanuelle redskaper, bl.a. beskrevet av Lignè et al. (2005) og Skogbrukets kursinstitutt (2008) kan derfor være svært interessant å få utprøvd. Moss (2005) beskriver ulike manuelle redskaper han har erfaring med i toppkapping, bl.a. greinsaks og huggert som han hevder er effektive. Studieområdene her er behandlet med greinsaksa som han beskriver.

Fordi det alltid vil være en viss høydevariasjon i et ungskogbestand, vil man kunne øke høydeforskjellen mellom kappehøyde og høyde hos fristilt tre ved å i større grad velge ut de høyeste trærne for fristilling. Slåttå (1978) skriver om «nedtopping» og «nivellering» av bestandet, ut fra hvor langt man går i å fjerne dominerende trær i reguleringen av et bestand for å etterstrebe jevn kronhøyde og jevn horisontal fordeling av framtidstrær med kvalitetspotensial. I tillegg til effekten av en økt høydeforskjell, tyder resultatene på mindre risiko for overvekst når det fristilte treet hadde en høyere sosial status før inngrepet enn sine toppkappede nabo-trær. Dette har sammenheng både med lavere høydevekst hos toppkappet tre og med mindre negativ behandlingseffekt på det fristilte treet. Spesielt om man ønsker en nivellering av bestandet når bestandshøyden er lav, tyder resultatene på høy risiko for overvekst. Man kan si at det har vært utført betydelig grad av nedtopping i det foreliggende materialet. Andelen fristilte trær med minst ett toppkappet nabotre som hadde vært høyere før behandling, var 57 % i bestand 1, 59 % i bestand 2 og 18 % i bestand 3.

#### 4.3.2 Konkurransforhold før og etter toppkapping

Det som avgjør behovet for regulering av tetthet i et bestand er ikke bare treantall og høyde, men også høydespredningen i bestandet (Braastad et al.

1997). I et bestand med stor høydespredning kan stabiliteten være god og et riktig antall dominerende trær ha gunstige konkurranseforhold selv om treantallet er høyt. I motsetning til å redusere treantallet som ved tradisjonell ungskogpleie, er prinsippet i toppkapping å skape en høydespredning med to klasser: fristilte trær og bistammer (toppkappede og indifferente trær). Det skal oppnås ved å (1) redusere høyden av konkurrentene ved inngrepet og (2) ved å sette konkurrenter i en dårligere situasjon, slik at framtidstreets høydeforsprang øker med tiden. Toppkappingen endrer konkurransesituasjonen for alle trær. Framtidstrær vil få klart mindre konkurranse. Konkurransesituasjonen for bistammene vil generelt bli dårligere, men kan for enkelte trær også bli bedre. I dette materialet var det en stor variasjon i konkurranseforhold for toppkappede trær. Resultatene viser at framtidstreets høydeforsprang har større sannsynlighet for å øke når det toppkappede treet blir satt i en dårlig konkurranse-situasjon. Likevel kan man ikke si at behandlingen økte høydespredningsprosessen fordi vi ikke kjenner konkurranseforholdene og høydetilveksten uten behandling hos bistammene.

Høydespredningsprosessen er en effekt av konkurranse om lys som er asymmetrisk. Det betyr at større trær forbruker en uforholdsmessig stor del av lysressursene (Newton & Jolliffe 1998a, Newton & Jolliffe 1998b). Flere studier har vist at effekt av konkurranse om lys på høydevekst er asymmetrisk ved at den er ubetydelig på dominerende trær og samtidig tydelig på mer undertrykte naboer (Cannell 1984, Magnussen 1989, Biging & Dobbartin 1992, Nyström & Kexi 1997). Pettersson (1992) bruker forskjellen mellom overhøyde og grunnflateveid middelhøyde i bestandet som et uttrykk for høydespredningen. Han hevder at høydespredningsprosessen er en funksjon av bestandshøyde og tetthet og at den begynner så snart bestandet lukker seg. Det vil si når de nederste greinene begynner å dø. Han forklarer det med at det er da konkurransen om lys for alvor begynner.

At bestandet lukker seg og konkurransen om lys øker gir etablering av skyggenåler nederst i krona og greinavdøying nedenfra og oppover. Dermed vil det være en fordel om bestandet er lukket før behandling fordi det da er større sannsynlighet for at greinene under kappehøyde er døde eller dominerert av mindre vitale skyggenåler som krever lengre tid til omstilling.

Flere som har beskrevet toppkapping i furu, vurderer inngreptidspunkt og kappehøyde ut fra bestan-

dets utviklingsstadium på en enkel måte ved å anbefale kappehøyde over et bestemt antall grønne greinkranser. Michold (1991) viser at det bør være fire, mens Mayer (1984) mener én krans er nok ved toppkapping av varger. Savill & Beatty (1986) beskriver toppkapping i avstandsregulering i plantede sitkagranbestand. De anbefaler inngrepstidspunkt når nederste levende greinkrans er fra 1 til 2 m over bakken og kappehøyde rett over denne. De antyder at ved en plantetetthet på 2500 tre/ha inntreffer dette ved bestandshøyde på rundt 5 m. At dette gir liten eller ingen risiko for overvekst, samsvarer godt med våre resultater.

Dette skulle bety at bestandet bør være lukket ved behandling og at antall levende greinkranser under kappehøyde er interessant i forhold til vekst og overlevelse hos bistammer.

#### 4.4 Konklusjoner

Høydevekst hos de toppkappede trærne blir påvirket av konkurranse fra nabotrær. Man har muligheten til å påvirke høydeveksten hos de toppkappede trærne ved å velge størrelse på høydeforspranget. Risikoen for overvekst av framtidstrærne i dette materialet var større enn ønskelig. Likevel kan toppkapping være hensiktsmessig å bruke i reine granbestand forutsatt visse modifikasjoner i forhold til tidligere anbefalinger for furu og bjørk.

Resultatene indikerer at metoden kan være egnet i reine granbestand hvis bestandshøyden er 3,5–4,0 m eller høyere, og man ikke har et mål om en nivelering i reguleringen. Dessuten er det rimelig å anta at metoden er best egnet i lukkede bestand fordi greinene under kappepunktet vil være mindre vitale og utgjøre en mindre trussel for framtidsstammene.

For videre forskning ville det være interessant å studere overlevelse, vekst og kvalitet i toppkappede granbestand i et mer langsiktig perspektiv. Det ville også vært nyttig å registrere antall levende greinkranser under kappehøyde. Unge granbestand i Norge har ofte et betydelig innslag av lauv. Det ville derfor være interessant å studere effekten av toppkapping i blandingsbestand med gran og bjørk. Effekter av ulike tettheter av fristilte trær og ulike bestandshøyder ved behandling ville også vært nyttig å få mer kunnskap om. Noen forhold vil kunne belyses i de langsiktige feltforsøk som er anlagt av Skog og landskap. (Øyen et al. 2006). Det kan også være interessant i framtidige studier å vurdere metoden som et alternativ til tidlig tynning, ikke minst i forhold til råte.

## LITTERATUR

- Bendz-Hellgren, M. & Stenlid, J. 1998. Effects of clear-cutting, thinning, and wood moisture content on the susceptibility of Norway spruce stumps to *Heterobasidion annosum*. Canadian Journal of Forest Research. 28: 759–765.
- Bigging, G. & Dobbartin, M. 1992. A Comparison of Distance-Dependent Competition Measures for Height and Basal Area Growth of individual Conifer Trees. Forest Science 38 (3): 695–720.
- Brantseg, A. 1962. Skogbestandets pleie. S. 355–360. I: Skogbruksboka. Bind 2. Skogskjøtsel. Red. O. Børset. Skogforlaget A/S, Oslo.
- Brissette, J., Frank, R., Stone, T. & Skratt, T. 1999. Pre-commercial thinning in a northern conifer stand: 18-year results. Forestry Chronicle. 75 (6): 967–972.
- Braastad, H., Pettersen, J. & Johnsrud, T. 1997. Ungskogpleie. Aktivt skogbruk. 52 s.
- Braastad, H. & Tveite B. 2000. Ungskogpleie i granbestand, effekten på tilvekst, diameterfordeling, kronhøyde og kvisttykkelse. Rapport fra skogforskningen (11): 1–24..
- Bøhler, F. 2006. Toppkapping i ungskogpleie av gran: Vekstreaksjoner på kappede trær. Masteroppgave 2006. Universitetet for miljø og biovitenskap, Ås. 56 s.
- Baadshaug, K. 1994. Tynningsinngrepets betydning for råtespredning i granskog. Hovedoppgave ved Institutt for skogfag. NLH, Ås. 43 s.
- Cannell, M.G.R., Rothery, P. & Ford, E.D. 1984. Competition within stands of *Picea sitchensis* and *Pinus contorta*. Annales of Botany. 53: 349–362.
- Dahl, T. & Lindmo, A. 1977. Ungskogpleie. Aktivt skogbruk. 30 s.
- Daniels, R. 1976. Simple competition indices and their correlation with annual Loblolly Pine tree growth. Forest Science. 22: 454–456.
- Daniels, R., Burkhardt, H. & Clason, T. 1986. A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. Canadian Journal of Forest Research. 16 (6): 1230–1237.
- Dong, P.H. 1996. Erste Ergebnisse der Untersuchung zu Eingriffszeitpunkt und Art der Freistellung bei Fichten-Naturverjüngung auf der Freifläche. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung. 167 (1–2): 20–23.
- Eriksson, L. 1976. Competition models for individual trees after cleaning. Report 99. Swedish University of Agricultural Sciences, Stockholm, Sweden. 76 s.
- Fällman, K., Ligné, D., Karlson, A. & Albrektson, A. 2003. Stem quality and height development in a *Betula*-dominated stand seven years after precommercial thinning at different stump heights. Scandinavian Journal of Forest Research 18: 145–154.
- Haveraaen, O 1992. Ungskogpleie – Framtidsrettet tilpassing. Norsk Skogbruk (4): 28–29
- Harrington, C. & Reukema, D. 1983. Initial Shock and Long-Term Stand Development Following Thinning in a Douglas-fir Plantation. Forest Science. 29 (1): 33–46.
- Jansen, J. 1987. Brystkapping – aktuelt inngrep i tett foryngelse. Skogeigieren. (1): 15.
- Johansson, T. 1991. Sprouting Ability of Two-year-old *Betula pendula* Stumps Exposed to Different Light Intensities During Five Years. Scandinavian Journal of Forest Research. 6: 509–518.

- Karlsson, A & Albrektson, A. 2000a. Height development of *Betula* and *Salix* species following pre-commercial thinning at various stump heights: 3-year results. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 15: 359–367.
- Karlsson, A & Albrektson, A. 2000b. Røj på en högre nivå! Fakta skog nr. 9. 2s.
- Karlsson, A & Albrektson, A. 2001. Height development of *Betula* and *Salix* species following pre-commercial thinning through breaking the tops of secondary stems: 3-year results. *Forestry*. 74 (1): 41–51.
- Kiær, T. & Haugen, K. 1940. Rasjonelt Skogbruk. Tidsskrift for skogbruk, hefte 4. 96 s.
- Ligné, D., Nordfjell, T. & Karlsson, A. 2005a. New techniques for pre-commercial thinning – time consumption and tree damage parameters. *International Journal of Forest Engineering*. 16 (2): 89–99.
- Ligné, D., Karlsson, A. & Nordfjell, T. 2005b. Height development of *Betula pubescens* following precommercial thinning by breaking or cutting the treetops in different seasons. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 20: 136–145.
- Magnussen, S. 1989. Effects and adjustments of competition bias in progeny trials with single-tree plots. *Forest Science*. 35 (2): 532–547.
- Martin, G. & Ek, A. 1984. A comparison of competition measures and growth models for predicting plantation Red Pine diameter and height growth. *Forest Science*. 30 (3): 731–743.
- Mayer, H. 1984. *Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York. S: 225–226.
- Michold, B. 1991. Toppkapning av bistammar i Tallungskog. Eksamenarbeite i ämnet skogsskötsel. SLU. 36 s.
- Morrison, D. J. & Johnson, A. L. S. 1999. Incidence of *Heterobasidion annosum* in precommercial thinning stumps in coastal British Columbia. *European Journal of Forest Pathology*. 29: 1–16.
- Moss, J. 2004. Toppkapping som alternativ metode i bestandspleie. *Aktuelt fra skogforskningen*. (7): 8–9.
- Moss, J. 2005. Raskere ungskogpleie med toppkapping. *Norsk Skogbruk*. (11): 10–11.
- Myhrwold, A.K. 1928. *Skogbrukslære*. Forelesninger ved Norges landbrukshøgskole. Grøndal & Sønns forlag, Oslo.
- Newton, P.F. & Jolliffe, P.A. 1998a. Assessing processes of intraspecific competition within spatially heterogeneous black spruce stands. *Canadian Journal of Forest Research*. 28: 259–275.
- Newton, P.F. & Jolliffe, P.A. 1998b. Aboveground modular component responses to intraspecific competition within density-stressed black spruce stands. *Canadian Journal of Forest Research*. 28: 1587–1610.
- Nilsson, U. & Hällgren J-E. 1993. Changes in growth allocation owing to competition for light in young fertilized Norway spruce trees. *Forest Ecology and Management*. 62 (1–4): 157–172.
- Nyström, K. & Kexi, M. 1997. Individual tree basal area growth models for young stands of Norway spruce in Sweden. *Forest Ecology and Management*. 97: 173–185.
- Pettersson, N. 1992. The effect on stand development of different spacing after planting and precommercial thinning in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Yield Research. Report No. 34, 17 s.
- Savill, P. S. & Beatty, M. H. 1986. Techniques, early growth and silvicultural considerations. pp. 12–15. In: *Oceanic forestry*. Proceedings of a conference held in 1985. Edited by Harris, E.H.M. The Royal Forestry Society of England, Wales and Northern Ireland.
- Skogbrukets kursinstitutt. 2008. Brystkapping – ny metode for ungskogpleie? <http://www.skogkurs.no/Prosjekter/brystkapp/brystkapp.html>
- Slåttå, L. 1978. Ungskogpleie og avstandsregulering. Rapport. Institutt for skogskjøtsel, NLH, Ås. 126s.
- Solheim, H. 1994. Seasonal infection of *Heterobasidion annosum* on stumps of Norway spruce and surface coating with urea. Rapport fra skogforskningen. (3): 1–10.
- Solheim, H. 1996. Rotråte, et problem for granskogen. *Norsk Skogbruk*. (9): 12–14 + 20.
- Strand, L. 1968. Skogbrukets produksjonslære. Forelesningsnotat, NLH. Vollebakk, Ås. 88 s.
- Strømnes, R. 1986. Avstandsregulering. Rapport fra Norsk institutt for skogforskning (8): 1–23.
- Tomé, M. & Burkhart, H. 1989. Distance-dependent competition measures for predicting growth of individual trees. *Forest Science*. 35 (3): 816–831.
- Vasiliauskas, R. & Stenlid, J. 1998. Fungi inhabiting stems of *Picea abies* in a managed stand in Lithuania. *Forest Ecology and Management*. 109: 119–126.
- Vestjordet, E. 1977. Avstandsregulering av unge furu- og granbestand. Meddelelser fra Norsk institutt for skogforskning. 33 (9): 309–436.
- Vollbrecht, G., Gemmel, P. & Pettersson, N. 1995. The Effect of Precommercial Thinning on the incidence of *Heterobasidion annosum* in planted *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 10 (1): 37–41.
- Øyen, B.-H. 2005. Instruks for anlegging av forsøk med toppkapping på Løvenskiold-Vækerø A/S eiendom i Nordmarka, Oslo. Notat, Skogforsk. 5 s.
- Øyen, B.-H., Skage, J.-O., Brean, R. & Østgård, Å. 2006. Ungskogpleie – fokus på «toppkapping» som alternativ metode. Sluttrapport til Norges Forskningsråd og Utviklingsfondet for Skogbruket. Norsk institutt for skog og landskap. 10 s.

## Forfatterinstruks for Forskning fra Skog og landskap

- Manus skrives i Word 12 punkt skrift med 1 ½ linjeavstand, ren tekst; uten bruk av stiltyper i word.
  - » Forord
  - » Sammendrag
  - » Innledning
  - » Materiale og metode
  - » Resultat
  - » Konklusjon/diskusjon
  - » Litteratur
- Titler skal identifiseres ved hjelp av nummerering; 1., 1.1., 1.2., 2., 2.1., osv.
- Avsnitt markeres med dobbel linjeavstand.
- Latinske navn skal skrives i kursiv.
- Som desimalskille i tall skal det brukes komma på norsk og punktum på engelsk.
- Alle tabeller og talloppsett som skrives i Word, skal være med tabellfunksjonen (ikke bruk tabulator), og plasseres i teksten der det skal stå.
- Alle tabeller, figurer og bilder som er laget i andre programmer enn Word, skal vedlegges i sitt originale filformat. Velg gode størrelser i fontene så figurene beholder sin lesbarhet når de skaleres/nedfotograferes.
- Merk i manuset hvor tabeller/bilder/figurer i annet format enn Word skal inn. Skriv også inn tabell/bilde/figuratekst her.
- Strektykkelsen i figurer og grafer må ikke være mindre enn 0,11 mm, det vil si ¾ punkt.
- Tenk lesbarhet i grafer. Farger ser fint ut på skjermen, men er vanskelig lesbart i svart/hvit gjengivelse.
- Redaktøren tar standpunkt til om manuskriptet er kvalifisert for utgivelse i serien.



---

NORSK INSTITUTT FOR  
SKOG OG LANDSKAP

---

adr.: Pb 115  
NO-1431 Ås

---

tf.: +47 64 94 80 00  
faks: +47 64 94 80 01

---

nett: [www.skogoglandskap.no](http://www.skogoglandskap.no)

---

---

REGIONKONTOR  
NORD-NORGE

---

adr.: Skogbrukets hus  
NO-9325 Bardufoss

---

---

REGIONKONTOR  
MIDT-NORGE

---

adr.: Statens hus  
NO-7734 Steinkjer

---

---

REGIONKONTOR  
VEST-NORGE

---

adr.: Fanaflaten 4  
NO-5244 Fana

---

---

NORSK  
GENRESSURSENTER

---

adr.: Pb 115  
NO-1431 Ås

---

