

skog+
landskap

Forskning fra Skog og landskap 5/07

VEKSTREAKSJONER ETTER TYNNING I LAUVSKOGBESTAND MED FORSKJELLIG TETTHET

Growth reactions after thinning in
broadleaved forest stands with various
stand density

Oddvar Haveraaen og Arne Sandnes

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:

November 2007

Trykk:

PDC-Tangen

Opplag:

300

Bestilling:

Norsk institutt for skog og landskap

Postboks 115, 1431 Ås

Telefon: 64 94 80 00

Telefaks: 64 94 80 01

www.skogoglandskap.no

ISBN 978-82-311-0028-7

ISSN 1890-1662

Omslagsfoto:

Baksidebilde:

«Et bjørkebestand for framtida»

Foto: Oddvar Haveraaen

VEKSTREAKSJONER ETTER TYNNING I LAUVSKOGBESTAND MED FORSKJELLIG TETTHET

Growth reactions after thinning in broadleaved forest
stands with various stand density

Oddvar Haveraaen^{1*} og Arne Sandnes²

¹ Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Pb. 5003, NO-1432 Ås

² Avdeling for skog- og ressurspolitikk, Landbruks- og matdepartementet, Pb. 8007 Dep, NO-0030 Oslo.

* Korresponderende forfatter.

FORORD

Flere har bidratt til å realisere dette arbeidet. Norges forskningsråd (NFR) finansierte anleggsfasen med utleggelse av forsøksflater, mens Utviklingsfondet for skogbruket (NFR) og Fylkesskoetatene i Sør-Norge stod for den eksterne finansieringen i forbindelse med revisjonen og de avsluttende arbeidene. Foruten forfatterne som har deltatt gjennom hele prosessen, har forskerne Heidi Asbjørnsen og Jørn Heggertveit, dosent Klement Rejšek, Tsjekkia, stipendiat Bartomiej Bednarz, Polen, og skogbruksstudent Ingun Therese Braanaas deltatt i anleggsfasen; de tre første over lenger tid. Forsøksstekniker Hans Odde var med på alt revisjonsarbeid i felten. Både Heggertveit og Odde har dessuten bidratt med datasammenstillinger og beregninger. Professor Andreas Brunner og førsteamanuensis Lars Helge Frivold har gitt verdifulle kommentarer til manuskriptet. Frivold påtok seg å skrive det engelske sammendraget. Institutt for naturforvaltning, UMB, og andre kolleger har på forskjellige måter bidratt til gjennomføringen. Fagpersonell både på fylkes- og kommunenivå har vært til stor hjelp i forbindelse med oppløsting av egnete forsøksarealer. Alle skogeiere vi har hatt kontakt med, var interessert i arbeidet og ga oss frie tøyler til å utføre nødvendige registreringer. De tok også ansvaret for utdrift av tynningsvirket. Vi takker alle for god innsats og stor velvillighet.

Ås, september 2007

Oddvar Haveraaen og Arne Sandnes

SAMMENDRAG

Det finnes mange upleide lauvtrebestand rundt om i landet, og omfanget er økende. Formålet med dette arbeidet var å se nærmere på hvordan unge og upleide bestand reagerer på tynningsinngrep. Totalt 29 forsøksflater ble lagt ut i 1997 og 1998, fordelt på Østlandet, Sørlandet og Vestlandet. Materialet omfatter følgende treslag (flateantall): hengebjørk (7), dunbjørk (7), svartor (7), gråor (1), ask (2) og eik (5). Alle flater hadde ei kontrollrute, T0. Der arealet ga plass for to tynningsruter, ble ei rute tynnet svakt, T1, S % 20 og ei sterkt, T2, S % \approx 25. Revisjon av flatene ble utført i 2003 og 2004, i de fleste tilfeller seks år etter anlegg.

De gjensatte trærne etter tynning økte raskt årringbreddene med 30–100 % i forhold til trærne på kontrollrutene, og gjennomgående mest etter sterk tynning.

Arealmessig tilvekst på kontrollrutene ble satt til 100 og sammenlignet med de tilhørende tynnete ruter. Der utgangstettheten var meget høy før tynning, S % \approx 10, gikk den relative grunnflatetilveksten for bjørk og ask ned med 10–15 % etter svak tynning og ca 35 % etter sterk tynning. Endringen ble mindre på flater der utgangstettheten var lavere før tynning, S % $>$ 14. Svartor og eik fikk mindre nedgang. Bare unntaksvis var forskjellene mellom de ulike behandlingene statistisk sikre. Den relative volumtilveksten ble lavere enn den relative grunnflatetilveksten.

På alle kontrollrutene var det positiv sammenheng mellom trærnes diameter på anleggstidspunktet og diametertilveksten i forsøksperioden. Også på tynnete ruter var det samme tendens, men ikke så tydelig. Resultatene bidrar til å styrke grunnlaget for valg av behandlingsstrategi i avveiingen mellom arealproduksjon og de enkelte træs utvikling.

INNHOOLD

Sammendrag	3
1. Innledning	5
2. Symboler	5
3. Materiale og metode	6
3.1. Datainnsamling	6
3.2. Beregninger	7
4. Resultater og diskusjon	8
4.1. Tilvekst etter tynning	8
4.2. Tynning og reaksjonsforløpet	12
4.3. Diameter og diameter tilvekst	13
4.4. Høydevekst	16
5. Konklusjon	17
6. Summary	18
7. Litteratur	19

1. INNLEDNING

Dagens fordeling i mengde og forekomst av ulike lauvtrearter er et resultat av historiske bruks- og driftsendringer. Åpne foryngelseshogster er blitt dominerende, noe som har favorisert de fleste lauvtreslagene våre. Økte kostnader med etablering av ny barskog, større forståelse for lauvtrærnes økologiske og estetiske betydning, samt bedre avsetning og pris på lauvtrevirke de siste 10-årene, har gradvis gitt lauvtrærne større plass i skogbruket enn tidligere. Endret jordbrukspolitik med bl.a. redusert husdyrhold, sterkere mekanisering og økte effektivitetskrav har resultert i at en del arealer er tatt ut av aktiv jordbruksproduksjon. Gjengroingen med lauvskog startet mange steder ganske umiddelbart.

Vi har betydelige lauvskogressurser i Norge. Tomter (2000) oppgir at stående volum av lauvtrær på produktiv mark er 20–25 % av totalvolumet, totalt om lag 150 mill. m³ uten bark. Av dette utgjør bjørkeartene ca 65 %. I Øst-Norge er om lag 25 % av hogstklasse II klassifisert som lauvskogdominert med mer enn 50 % kronedekning. I ca 10 % av hogstklasse III utgjør lauvrevolumet mer enn 50 %. Tilsvarende tall for Vestland fylkene er om lag 35 %. Mye av lauvskogressursene er upleide.

Børset & Langhammer (1966) lagde en produksjonsoversikt for upleide gråorb Bestand. For øvrig er det i Norge gjort en del produksjonsstudier i mer velpleide lauvskog. For Vestlandet oppgir Smitt (1939) noen produksjonstall fra forsøksfelt med dunbjørk. Publiserte produksjonstabeller for osp (Haugberg 1958) ble utvidet og omarbeidet til H₄₀-systemet av Opdahl (1992). Ellers har Børset & Haugberg (1960) skrevet utførlig om osp. Lauvskogens skjøtsel og produksjon er behandlet i flere

arbeider av Langhammer (bl.a. 1969). Braastad (1967, 1977) lagde produksjonstabeller og tilvekstmodellprogram for bjørk i H₄₀-systemet for bonitetene B8 til B23 og flere tetthetsklasser. I ei bok om eik (Risidal et al. 2004) inngår en produksjonsoversikt på grunnlag av det forsøksmaterialet som foreligger om denne treslekten i Norge.

En praktisk veiledning «Bjørk Osp Or» kom i flere opplag (Institutt for skogskjøtsel 1985). Ved Skogbrukets Kursinstitutt er det utgitt et hefte om bestandspleie i lauvskog (Braastad et al. 1993), som også er kommet i flere opplag. Frivold (1994) skreiv ei bok om våre lauvtreslags foryngelse og skjøtsel. Foruten nordisk materiale bygger denne boka også på tallrike internasjonale publikasjoner. Skogforskningen har i beskjeden grad arbeidet med yngre, uskjøttet, lauvskog med stort treantall. Det råder usikkerhet om behandlingsstrategi og utviklingspotensial til slike bestand, hvor trærne ofte har svært liten grønn krone, lavt D/H-forhold og dårlig stabilitet. Hovedmålet med dette arbeidet var å undersøke reaksjonsevne og -hastighet til trær etter tynning i unge, tette og i de fleste tilfeller upleide lauvtrebestand ved å beskrive; 1) effekt av tynning på grunnflate- og volumtilvekst; 2) reaksjonshastighet som følge av tynningsinngrep; og 3) enkelttrærs tilvekst etter tynning i forhold til deres tilstand på tynningstidspunktet. I seinere publikasjoner vil andre sider av lauvskogskjøtselen bli omtalt.

2. Symboler *Symbols*

H o.h.	<i>H asl.</i>	Flatas høyde over havet, m	<i>Height above sea level of the plot, m</i>
År 1,3	<i>Year 1.3</i>	Bestandets alder i brysthøyde, år	<i>Age of the stand at breast height, years</i>
Ho	<i>Ho</i>	Bestandets overhøyde, m	<i>Top height of the stand, m</i>
N	<i>No.</i>	Antall trær per hektar	<i>Number of trees per hectare</i>
Gr.fl.	<i>B.area</i>	Grunnflate per hektar, m ²	<i>Basal area per hectare, m²</i>
Vol.	<i>Vol.</i>	Volum med bark per hektar, m ³	<i>Volume on bark per hectare, m³</i>
S %	<i>S %</i>	Stammefaktoren	<i>Hart-Becking's spacing index</i>
T0	<i>T0</i>	Behandling kontroll	<i>Treatment control</i>
T1	<i>T1</i>	Behandling svakt tynnet, S %20	<i>Treatment light thinning, S %20</i>
T2	<i>T2</i>	Behandling sterkt tynnet, S %25	<i>Treatment heavy thinning, S %25</i>
tilv.	<i>incr.</i>	Tilvekst	<i>Increment</i>

3. MATERIALE OG METODE

3.1. Datainnsamling

Gjennom hele vekstsesongen 1997 og 1998 ble det lagt ut til sammen 29 forsøksflater på Østlandet, Sørlandet og Vestlandet (Tabell 1). Flatene ligger i relativt homogene, yngre, og i de fleste tilfeller utynnete bestand. I tillegg til ei kontrollrute, T0, som forble urørt, inngår ei eller to tynnete ruter. Der arealet ga plass for to, ble ei rute tynnet svakt, T1, S % \approx 20; og ei sterkt, T2, S % \approx 25. Stammetallsfaktoren, S %, defineres som gjennomsnittlig treavstand i et bestand i prosent av bestandets overhøyde. Tettheten beskrives dermed tallmessig på grunnlag av de to viktige parameterne treantallet og overhøyden. Med bakgrunn i S % er det lett å sammenligne flere bestand med forskjellig treantall og høyde,

eller tilstanden i ett bestand på ulike tidspunkter. Rutestørrelsen var i gjennomsnitt omtrent 400 m², men varierte mellom 250 og 900 m². Det ble målt diameter i brysthøyde på alle trær. I tillegg skjedde utvelgelse av om lag 25 prøvetrær etter en kvotient som varierte med treantallet på ruta. På de tynnete rutene foregikk dette etter inngrep. Enkelte ruter hadde færre enn 25 trær. Det ble registrert total trehøyde fra rotavskjær, høyde til første grønne grein, kronhøyde og kroneradius i fire retninger. Med høyden til første grønne grein menes her høyden fra rotavskjær til stedet der greina er festet til stammen; også hvis greinvinkelen er spiss. Med kronhøyde menes høyden opp til den effektive krona.

Tabell 1. Forsøksflatenes fordeling på regioner, kommuner og treslag, og et utvalg av gjennomsnittlig flateinformasjon. Arealverdiene gjelder per hektar.

Table 1. Distribution of experimental plots on regions, municipalities and tree species, and some selected mean information of the plots. Area values are per hectare.

Region	Kommune	Treslag	Flatenr.	H o.h.	År 1,3	Ho	N	Gr.fl.	Vol.	S%
Region	Municipality	Tree species	Plot no.	H asl. m	Year 1.3	Ho m	No.	B.area m ²	Vol. m ³	S%
Østlandet South East Norway	Søndre	Hengebj.	2	160	18	15,1	1289	18,7	126	19
	Land	«	4	160	37	23,3	900	21	190	14
	Moss	«	24	50	15	12,8	3134	19,3	104	14
	Nøtterøy	«	26	40	30	20,5	2958	33	231	9
	Ringsaker	«	42	300	24	17,2	2701	27,4	193	11
	Øyer	«	46	210	23	10,6	2134	10,2	48	21
	Moss	«	71	20	33	22,8	2847	34,3	309	9
	Ski	Dunbjørk	1	200	25	14,4	4023	25,8	154	11
	Bærum	«	19	230	22	16	2355	24,1	162	12
	Oppegård	Svartor	12	40	41	21	2075	37,2	339	11
	Re	«	28	50	32	18,7	2785	35,5	282	10
	Rygge	«	72	30	18	18,6	3034	28,7	247	10
	Eidsvoll	Gråor	20	160	17	15,1	2221	27	186	14
	Porsgrunn	Ask	14	150	25	16,7	3032	23,3	158	11
Lier	«	75	100	32	21,8	1413	24,1	205	11	
Nesodden	Eik	40	110	42	15,8	1849	27,8	179	15	
Sørlandet Southern- most Nor.	Kvinesdal	Dunbjørk	69	300	29	14	4320	24,7	141	11
	Lillesand	Eik	15	20	84	19,4	1178	30,4	261	15
	«	«	16	50	85	20	1113	29,3	242	16
	«	«	17	40	77	17,9	1489	34,4	264	14
	Kvinesdal	«	68	30	27	11,1	2865	18,2	93	17
Vestlandet South West Nor.	Høyanger	Dunbjørk	5	190	32	12,4	3931	19,5	101	13
	«	«	6	180	28	13	2188	13,2	70	17
	«	«	7	80	33	12,6	2957	21,7	118	15
	Ølen	«	32	130	38	14,9	16,7	21,5	139	18
	Høyanger	Svartor	9	40	21	15,8	3415	32,3	220	11
	«	«	10	10	39	17,3	2525	58,2	437	11
	Ølen	«	31	50	16	11	2415	23	130	23
	Os	«	36	120	42	14,6	2794	40,8	269	13

Stammediameterne ble målt med diametertape og de forskjellige høydene med Vertex hypsometer. Kroneradius er estimert som horisontalt gjennomsnitt av de to lengste greinene innen 90 graders sektorer i hver av de fire hovedhimmelretningene. Metodikken var målestav på bakken og loddsnor, men dette var arbeidskrevende. Etter hvert gikk vi over til skjønnsmessig fastsettelse, men med jevnlig kontroll etter opprinnelig metodikk. Fem herskende trær (Krafts system, se Børset 1985) ble felt på alle svakt tynnete ruter eller fra buffersonen for å unngå å fjerne framtidsstammer. Uttaket foregikk fra sterkt tynnete ruter på flater uten svak tynning. Fra de felte trærne ble det skåret ut stammeskiver ved stubbeavskjær, 1,3 m, 2 m, 4 m og så videre for hver andre meter. Flate 4 var tidligere tynnet, mens det på noen andre flater var foretatt reduksjon av treantallet gjennom ungsogpleie.

Revisjon foregikk høsten 2003 og 2004 med innsamling av tredata som ved anlegg; bortsett fra stammeskiver. På alle rutene ble det i tillegg tatt borprøver i brysthøyde av seks herskende trær; alltid etter 1. september. Målingen av minimum 15 årringer fra hver prøve foregikk med Eklunds årringmålmaskin. Alle revisjoner er utført etter 15. august og tynnet etter samme regime som bestemt ved anlegg, vanligvis før 1. oktober.

3.2. Beregninger

Prøvetrærnes diameter og høyde i hver rute ga grunnlag for beregning av høydefunksjoner, mens kuberingsfunksjoner for de enkelte treslag (Øyen & Tveite, 2002) danner grunnlaget for volumberegning av trær grovere enn 5 cm i brysthøyde. Det ble videre beregnet overhøyde (H_0) og S % anleggsåret før og etter tynning. Grunnflate- og volumtilvekst for de enkelte trær og ruter framkom som differanser mellom verdiene ved anlegg og revisjon. Ved etablering før 15. juni inngikk året som et fullt tilvekstår, mellom 15. juni og 15. juli som et halvt, og etter 15. juli som et avsluttet tilvekstår. Relative verdier for grunnflate- og volumtilvekst ble beregnet med kontrollrutene satt til 100 %. Innen hvert treslag er resultatene fra forsøksflater med relativ lik S % før tynning slått sammen i grupper og presentert grafisk. Tilsvarende ble gjort med grunnflatesum som basis for gruppeinndelingen.

Gjennomsnittlige bredder av hvert års årringer fra de seks utvalgte trærne per rute danner grunnlag for kurver over årringbreddeutviklingen før og etter tynning. Det er videre beregnet gjennomsnittsver-

dier av årringene etter tynning og for et tilsvarende antall år før tynning. Verdiene for de tynnede rutene etter inngrepet ble justert i forhold til årringbreddene før tynning og til breddene på kontrollrutene i begge periodene etter følgende formel:

$$\text{Relativ årringbredde} = \frac{T0f * T1e * 100}{T0e * T1f}$$

Forkortelser i formel: T0 – kontroll, T1 – svak tynning, f – gjennomsnittlig årringbredde før tynning, e – gjennomsnittlig årringbredde etter tynning. Verdiene for kontrollrutene er satt til 100.

Students t-test er nyttet for å teste effekt av behandlingen på grunnflate-, volumtilvekst og årringbredde for de enkelte treslag. Bare enkeltflater med parvis ulike behandlinger ble testet mot hverandre. For hver rute ble det også utført korrelasjonsberegninger, lineære og ikke-lineære, med de enkelte træs brysthøydiameter og andre registrerte egenskaper til tre og krone (se under datainnsamling) anleggsåret som uavhengige variabler og diametertilveksten i forsøksperioden som avhengig variabel. Vi har nyttet $P < 0,05$ som indikator på at forskjellene er statistisk sikre.

4. RESULTATER OG DISKUSJON

4.1. Tilvekst etter tynning

Tabell 2 beskriver tilstanden på de enkelte flater anleggsåret straks etter tynning og tilvekstdata i perioden mellom anlegg og revisjon; vanlig seks år.

Tilvekstverdiene for kontrollrutene (T0) er ført opp som absolutte tall, mens verdiene for T1 og T2 er relative i forhold til T0.

Tabell 2. Noen hovedtall for forsøksflatene i anleggsåret etter tynning og for perioden fram til første revisjon, vanlig 6 år. Tilveksttallene for T1 og T2 er i prosent av T0. Arealverdiene er per hektar.

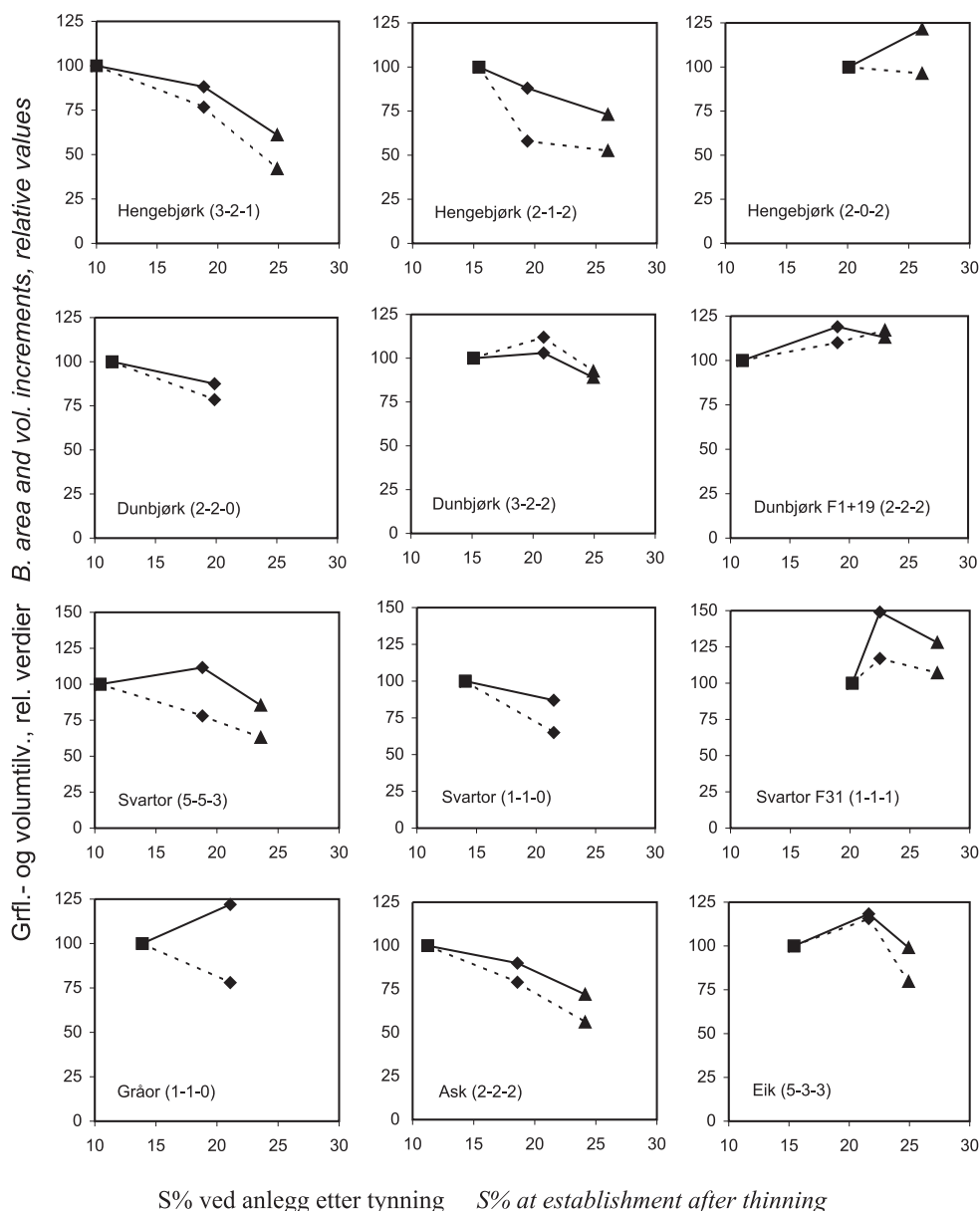
Table 2. Some main data for the experimental plots in the year of establishment after thinning, and for the period up to the first revision, usually 6 years. Increment figures for T1 and T2 are in per cent of T0. Area based values are per hectare.

Treslag Tree species	Anleggsåret 1997/1998 The year of establishment 1997/1998											Perioden 1997/98 - 2003/04 The period 1997/98 - 2003/04					
	År 1,3		N No.			Gr.fl. B. area			S% S%			Årlig gr.fl.tilv. Annual b.area incr.			Årlig vol.tilv. Annual vol. incr.		
	Year 1.3	Ho m	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
Flatnr Plot no												m ²	%	%	m ³	%	%
Hengebjørk																	
42	24	17,7	2803	934		30,0	11,8		11	20		1,36	93		15,4	78	
71	33	22,0	2920	568		32,9	14,1		9	18		1,02	83		13,9	75,5	
26	30	20,2	2971		416	29,9		8,7	9		25	1,05		61	12,2		42
4	37	23,2	778	490	310	20,1	11,7	9,3	15	20	24	0,58	88	71	7,4	59	50
24	15	13,4	2867		870	20,0		5,5	14		28	1,26		75	13,2		55
2	18	15,1	1178		667	16,8		10,8	19		25	0,88		147	11,1		103
46	23	10,7	2000		1244	10,2		6,6	21		27	0,78		96	6,1		84
Dunbjørk																	
5	32	12,2	4692	1655		20,0	12,7		12	20		0,86	78		4,6	85	
69	29	13,9	4320	1240		24,7	11,9		11	20		0,62	97		5,8	72	
1	25	14,7	3852	1775	787	24,3	12,0	8,6	11	17	23	0,51	135	90	4,95	117	113
19	22	16,4	2711	1022	667	23,2	12,8	12,5	12	21	23	0,66	103	136	5,55	103	121
7	33	12,6	2800	1313		19,2	15,4		15	22		0,55	107		3,8	107	
32	38	15,0	2097	1270	927	25,8	20,9	14,0	15	20	23	0,88	99	93	4,7	117	98
6	28	13,0	2375		850	13,0		7,5	16		27	0,71		85	4,6		87
Svartor																	
9	21	15,5	3491	1272		33,0	17,1		11	18		0,85	120		10,1	96	
10	39	18,0	2950	950		59,8	30,4		10	20		1,06	115		15,7	59	
12	41	21,0	2500	625	425	45,7	16,8	10,9	9	19	23	0,67	139	100	9,38	93	70
28	32	18,5	2933	756	440	36,8	12,9	7,1	10	20	27	1,00	80	60	11,8	59	43
72	18	19,2	1850	952	635	25,9	11,5	9,7	12	18	21	1,36	104	96	16	83	76
36	42	14,0	2583	949		39,0	21,1		14	21		0,52	87		4,9	65	
31	16	10,4	2267	1467	1086	20,4	17,9	13,7	20	22	27	1,03	149	128	10	117	107
Gråor																	
20	17	15,6	2130	1067		27,1	12,9		14	21		0,91	122		13,9	78	
Ask																	
14	25	17,4	2520	1060	587	23,9	10,5	6,4	11	19	25	0,97	98	75	11,6	84	50
75	32	22,0	1700	613	400	22,6	16,4	10,6	11	18	23	1,08	82	69	14,9	74	62
Eik																	
15	84	19,3	1156	489		31,2	16,3		15	23		0,48	108		4,8	93	
16	85	20,5	975	525		25,2	17,5		16	22		0,38	89		3	120	
17	77	17,6	1505	800	467	34,4	22,6	13,1	15	19	25	0,40	158	98	5	134	70
68	27	11,1	3280		1400	20,4		11,2	16	16	24	1,19		109	8,8		94
40	42	15,8	1716		652	28,0	13,7		15		26	0,59		90	5,2		75

Det er til dels store variasjoner i utgangstilstand og årlig løpende tilvekst i forsøksperioden både innen flater og mellom flater. På gode og middels boniteter forutsetter bjørketabellene (Braastad 1977) 2500 trær per hektar i startfasen og reduksjon til omtrent halvparten av treantallet ved overhøyde omlag 12 m. På svake boniteter kommer reduksjonen av treantallet ved lavere overhøyde. De fleste flatene våre hadde høyere treantall enn tabellene til Braastad (1977) ved tilsvarende trehøyde og boni-

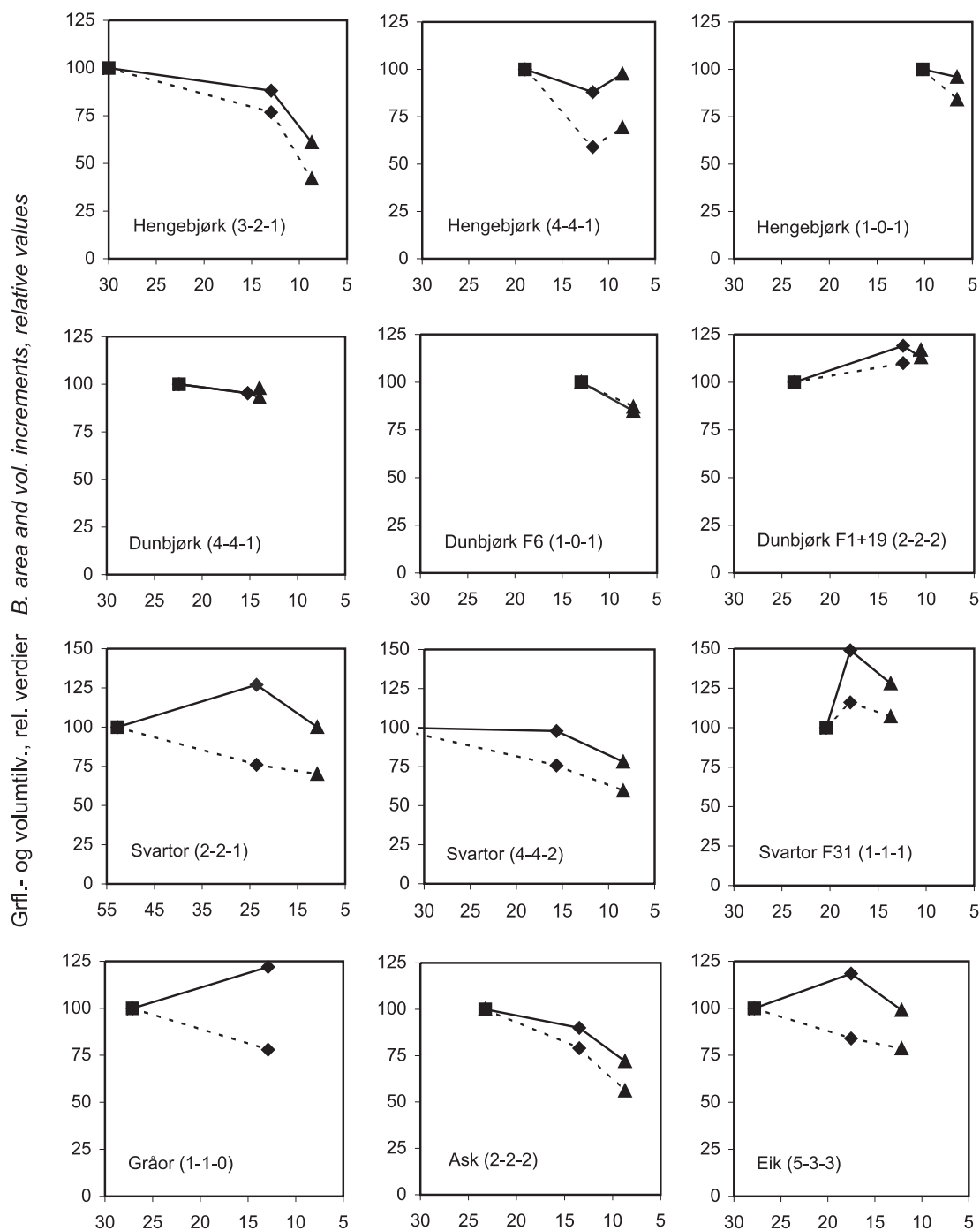
tet. Eikeflatene har også vesentlig høyere treantall enn gjennomsnittet i de norske forsøksfeltene med eik (Risdal et al. 2004).

Tabell 2 danner grunnlag for framstillingen av Figurene 1 og 2 som viser den gjennomsnittlige relative tilveksten i perioden mellom anlegg og revisjon for hvert treslag. I Figur 1 er materialet gruppert etter S % på kontrollrutene ved anlegg, mens grupperingen er etter grunnflate i Figur 2.



Figur 1. Gjennomsnittlig relativ grunnflate- og volumtilvekst i perioden mellom anlegg og revisjon for de ulike behandlingsledd. Flatene er gruppert etter treslag og S % for T0 ved anlegg. Tallene i parentes etter treslagskoden angir antall flater for henholdsvis T0, T1 og T2. Symboler: — grunnflatetilvekst, ----- volumtilvekst, ■ T0, ◆ T1, ▲ T2.

Figure 1. Mean relative basal area and volume increments in the period between plot establishment and revision for the different treatments. The plots are grouped by tree species and S % for the control sub-plot at plot establishment. Figures in parentheses after the tree species code show the number of plots for treatments T0, T1, and T2, respectively. Symbols: — basal area increment, ----- volume increment, ■ T0, ◆ T1, ▲ T2.



Grunnflate etter tynning, m^2 per hektar Basal area after thinning, m^2 per hectare

Figur 2. Gjennomsnittlig relativ grunnflate- og volumtilvekst i perioden mellom anlegg og revisjon for de ulike behandlingsledd. Flatene er gruppert etter treslag og grunnflatesum m^2 per hektar for T0 ved anlegg. Tallene i parentes etter treslagskoden angir antall flater for henholdsvis T0, T1 og T2.

Symboler: — grunnflatetilvekst, ----- volumtilvekst, ■ T0, ◆ T1, ▲ T2.

Figure 1. Mean relative basal area and volume increments in the period between plot establishment and revision for the different treatments. The plots are grouped by tree species and basal area m^2 per hectare for the control sub-plot at plot establishment. Figures in parentheses after the tree species code show the number of plots for treatments T0, T1, and T2, respectively.

Symbols: — basal area increment, ----- volume increment, ■ T0, ◆ T1, ▲ T2.

Begge figurene viser hovedeffektene av tynningsinngrepene. På flater med meget lav S % (10) hadde selvtynningen startet. Treantall, grunnflate og volum ble sterkt redusert ved tynningen. På flater med hengebjørk ble grunnflatesummen redusert fra 30 m² per hektar til ca 10. På disse flatene gikk tilveksten noe ned etter sterk tynning. Ellers har ikke inngrepene ført til dramatiske endringer av grunnflatetilveksten i forhold til kontrollrutene. Nesten uten unntak ligger de relative verdier for alle treslag høyere for grunnflatetilveksten enn for volumtilveksten. Hovedforklaringen til dette er at gjennomsnittlig diameter tilvekst hos alle treslag har økt markant på alle tynningsrutene sammenlignet med kontrollrutene, mens den målte effekten på høydetilveksten var relativt liten.

De relative tilveksttall i Tabell 2 er testet med Students t-test der grunnflatetilveksten for de ulike behandlingsledd parvis er testet mot hverandre, separat for de enkelte treslag og S % ved anlegg. Denne testen er også utført med verdiene for grunnflatetilveksten mot volumtilveksten. Tilsvarende beregninger er foretatt med grunnflatesummen som grupperingsgrunnlag i stedet for S %. Flatene 1 og 19 med dunbjørk på Østlandet ligger delvis på grøftet torvmark, og boniteten varierte noe innen hver flate. Disse to flatene er derfor ikke med i de etterfølgende tabeller. Tabell 2 viser at med den grupperingen som er foretatt, er det bare svartor og eik som har tre eller flere flater med tilnærmet samme tynningsgrad. Tabell 3 viser statistiske beregninger med S % som inndelingsgrunnlag.

Tabell 3. P-verdier (t-test) for ulike treslag og utgangstettheter, S%, før tynning.

Grunnflatetilveksten for behandlingene er parvis testet mot hverandre (venstre del), og grunnflatetilveksten mot volumtilveksten for T1 og T2; separat og samlet (høyre del). Signifikante verdier er markert med stjerne, *.

Table 3. P values (t-test) for different tree species and spacing, S%, before thinning. Basal area increment is pair wise tested against treatments (left part), and basal area increment against volume increment for T1 and T2, separately and jointly (right part). Significant values are marked with star, *.

Treslag Tree sp.	Grunnflatetilvekst Basal area incremen					Grunnflatetilvekst mot volumtilvekst Basal area increment versus volume incr				
	S% før tynning S% before thinning					Behandling Treatment	S% før tynning S% before thinning			
	≈10	≈15	≈20	≈10-15	≈10-20		≈10	≈15	≈10-15	≈10-20
Hengebjørk										
T0 - T1	0,247			0,051	0,051	T1	0,195		0,109	0,109
T0 - T2		0,047*	0,554	0,018*	0,550	T2		0,044*	0,001*	0,013*
					T1+T2	0,051	0,003*	0,001*	0,001*	
Dunbjørk										
T0 - T1	0,414	0,590		0,496		T1	0,674	0,500		
T0 - T2		0,222		0,222		T2		0,258	0,258	
						T1+T2	0,674	0,250	0,849	
Svartor										
T0 - T1	0,299			0,0439	0,211	T1	0,010*		0,004*	0,001*
T0 - T2	0,368			0,368	0,798	T2	0,030*		0,030*	0,004*
T1 - T2	0,132			0,132	0,041*	T1+T2	0,001*		0,001*	0,001*
					Alle tres.					Alle tres.
	Ask	Eik			All spec.		Ask	Eik		All spec.
T0 - T1	0,430	0,467			0,361	T1	0,170	0,089		0,019*
T0 - T2	0,068	0,873			0,129	T2	0,326	0,047*		0,001*
T1 - T2	0,172				0,004*	T1+T2	0,047*	0,262		0,001*

Hengebjørk med stor til middels utgangstetthet får statistisk sikker nedgang i grunnflatetilveksten ved sterk tynning. Dette finnes ikke for de andre treslagene. I noen tilfeller har svak tynning ført til økt vekst på flere av flatene. Derfor har tilvekstnedgangen fra T1 til T2 blitt signifikant når alle treslagene behandles under ett. Testen der grunnflatetilvek-

sten testes mot volumtilveksten viser for de fleste treslag statistisk sikre forskjeller. Mest gjennomgående er dette når T1 og T2 behandles som en samlet gruppe. Gruppering av materialet vårt etter grunnflate ga lik eller noe dårligere sammenhengen enn når en nyttet S % som grunnlag.

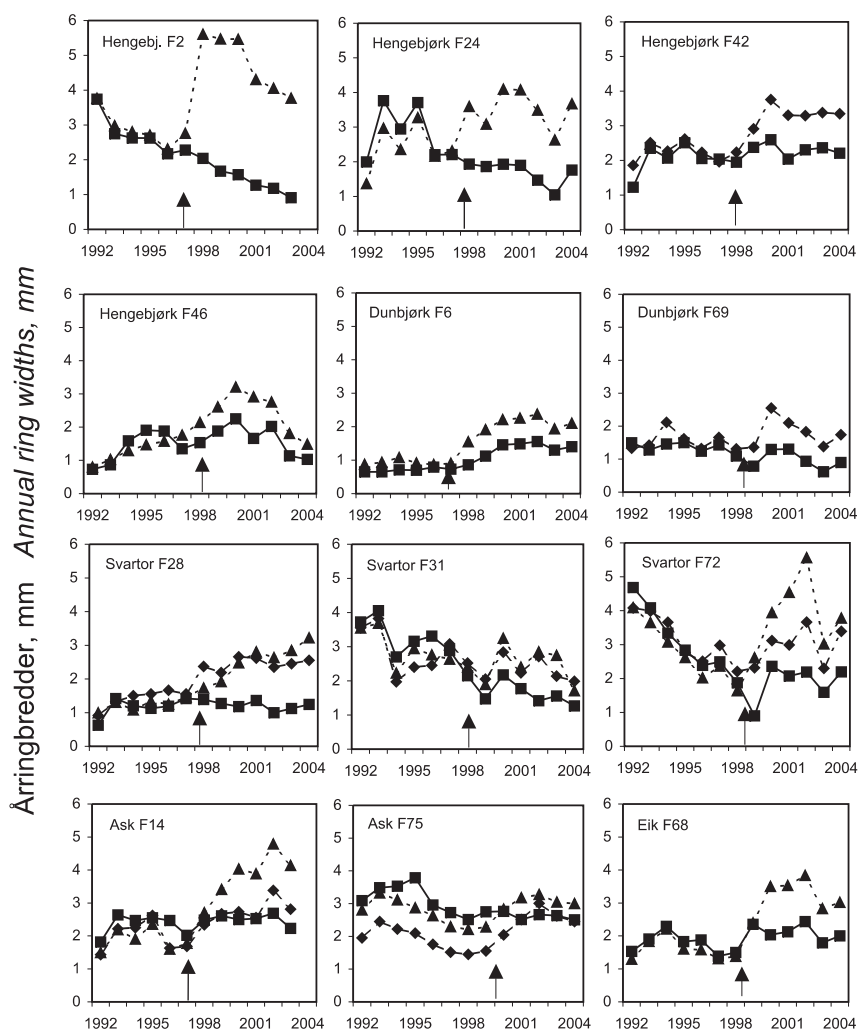
De fleste av forsøksflatene er unge og diameterne er fortsatt små, også hos hovedstammene. Hvis flatene overholdes uten nye inngrep et par 10-år til, kan tilvekstverdiene per arealenhet ha jevnet seg noe ut, mens dimensjonsforskjellene har blitt forsterket. Nye tynningsinngrep vil påvirke denne utviklingen. I Norge viser produksjonstabeller for bjørk, gran og furu at volumtilveksten per arealenhet reduseres noe ved tynning og at reduksjonen blir større med økende tynningsstyrke (Braastad 1967, 1975, 1980).

Brække & Granhus (2004) presenterer data fra et forsøksfelt i Ås der bjørka ble satt i skjerm i 1985. I 1995 var brysthøydealder 21 år og overhøyden ca 12,5 m. Kontrollen hadde 7550 trær per hektar, S % 9, mens treantallet i to andre behandlingsledd

ble redusert til henholdsvis 1800 (S % 18) og 1000 (S % 26) etter inngrepet. Revisjon ble utført åtte år seinere. Årlig volumtilvekst i perioden for de tre leddene i ovennevnte rekkefølge var henholdsvis 6,6, 9,6 og 8,9 m³ per hektar. Feltet ligger på grøftet torvmark. Det var ingen gjentak i forsøket til Brække & Granhus (2004), og dermed er det vanskelig å vurdere resultatet nærmere.

4.2. Tynning og reaksjonsforløpet

Årringbreddeutviklingen hos de seks herskende trærne som er boret på hver rute, er beregnet og framstilt grafisk for alle forsøksflatene. Resultatene for noen representative flater vises i Figur 3.



Figur 3. Årringbreddeutviklingen i mm før og etter tynning for noen flater. Treslag og flatenummer er skrevet inn i de enkelte delfigurer. Den vertikale pila markerer året og når i vekstsesongen inngrepet ble utført. Symboler: —■— T0, —◆— T1, ----▲---- T2.

Figure 3. Development of annual ring widths in mm prior to and after thinning in some experimental plots. Tree species and plot number are shown in each diagram. The vertical arrow indicates the year and time in the growing season of treatment. Symbols: —■— T0, —◆— T1, ----▲---- T2.

Alle trærne reagerte raskt og svært positivt etter inngrepet. Årringbreddene økte mest der tynningen var sterkst. På flate 46 er tynningseffekten avtagende. Her forsterkes konkurransen mellom de gjensatte trærne for hvert år. Marktypen var tørr og relativt næringsfattig. Ellers går kurvene for de fleste flatene stort sett parallelt de siste 4–5 årene.

I Figur 3 er det vanskelig å isolere effekten av tynningsinngrepene fra andre effekter. Værforhold det enkelte år påvirker veksten. Nivået på de ulike

behandlingsledd årene før tynning kan variere på grunn av forskjellig bonitet, tetthet, dimensjonsfordeling og utvelgelse av trær; jfr. flate 75. For å få tallmessig bedre bilde av tynningens effekt på diametertilveksten til de trærne som ble boret, er det for alle ruter beregnet gjennomsnitt av årringbreddene etter inngrepet og tilsvarende for antall år før tynning. Justeringen er beskrevet under Materiale og metode; 3.2. Middelerdiene for de enkelte treslagene er ført opp i Tabell 4.

Tabell 4. a: Relative verdier av gjennomsnittlige årringbredder etter tynning for ulike treslag og behandlinger. Tallene i parentes angir antall ruter. b: P-verdier (t-test) for de samme treslag der T0 parvis er testet mot T1 og T2. Signifikante forskjeller ($P < 0,05$) er merket med stjerne, *.

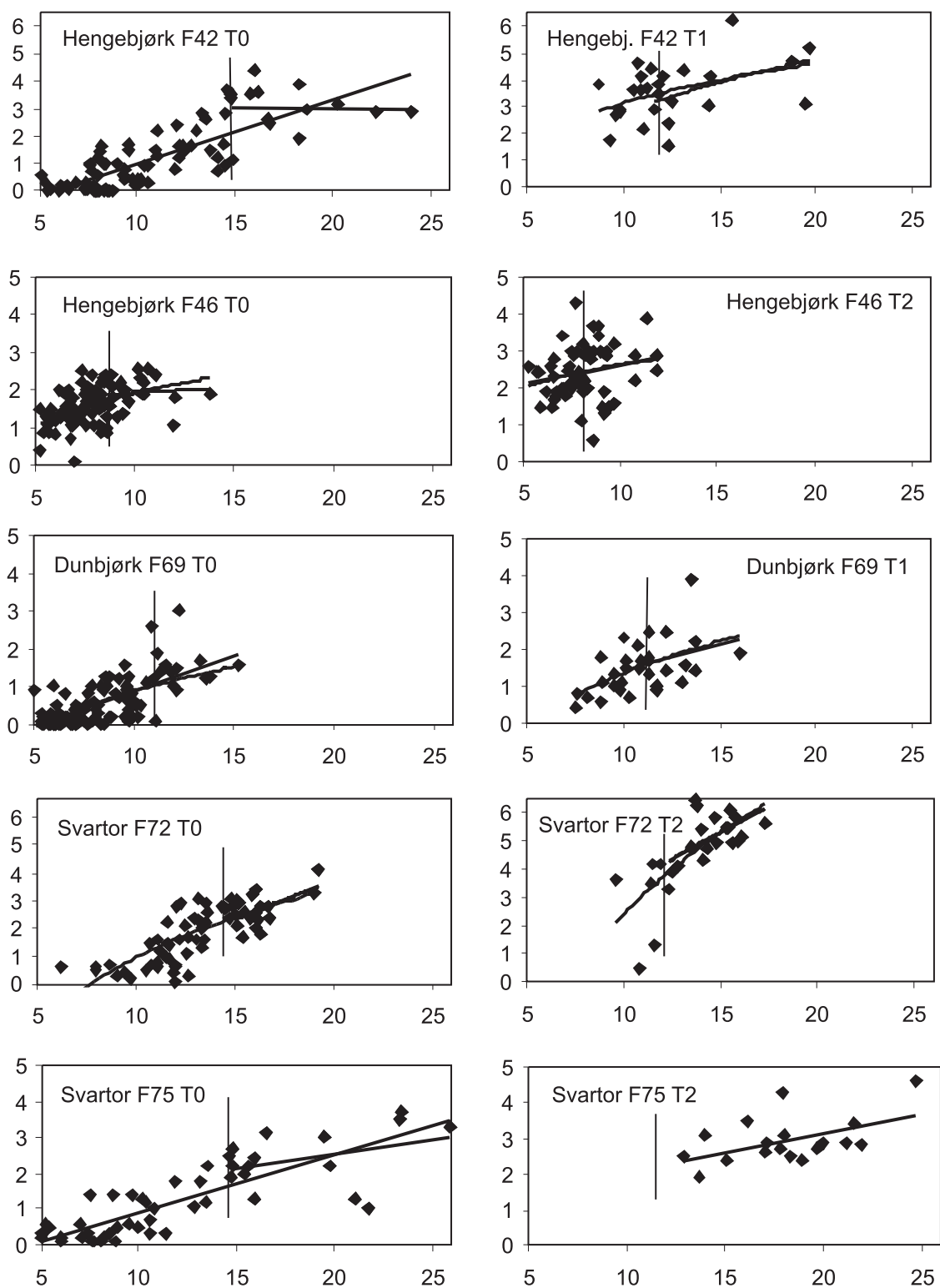
Table 4. a: Relative values of mean annual ring width after thinning adjusted to corresponding mean annual ring widths before thinning for different tree species and treatments Figures in parentheses indicate number of sub-plots. B: P values (t-test) for the same species where T0 is pair wise tested against T1 and T2. Significant differences ($P < 0.05$) are marked with star, *.

	Behan. Treatm.	Hengebjørk	Dunbjørk	Svartor	Gråor	Ask	Eik
a	T0	100 (7)	100(5)	100 (7)	100 (1)	100 (2)	100 (5)
	T1	135 (3)	147(4)	171(7)	138 (1)	145 (2)	145 (3)
	T2	186 (5)	117(2)	210 (4)		163 (2)	144 (3)
b	T0 -T1	0,007*	0,022*	0,002*		0,205	0,069
	T0 - T2	0,009*	0,075	0,009*		0,264	0,054

Hos dunbjørk hadde flatene 5 og 69 meget høye treantall. Svak tynning virket derfor som et sterkt inngrep med stor økning av årringbreddene. Det er statistisk sikre forskjeller mellom kontrollrutene og alle tilhørende tynningsruter for de treslagene som har flere enn tre parvise ruter. For de fleste treslag var det færre enn tre parvise ruter med både behandlingen T1 og T2. Det ble ingen signifikante forskjeller mellom disse for noen av treslagene, men for svartor ble P-verdien 0,083. Uansett utgangstetthet og tynningsstyrke har de herskende trærne fått sterkt økende årringbredder etter tynning.

4.3. Diameter og diametertilvekst

Ved vurdering av skjøtselsmessige tiltak er det viktig å vite mest mulig om hvordan de enkelte trær vil kunne reagere etter et inngrep. For alle flater og tynningsstyrker er det derfor laget diagrammer og beregnet korrelasjon mellom trærnes diameter på tynningstidspunktet og deres diametertilvekst i perioden mellom anlegg og revisjon. Dette er vist for fem flater i Figur 4.



Figur 4. Sammenhengen mellom trærnes diameter (1,3 m) ved anlegg og diametertilvekst i perioden (6 år) for fem flater; kontroll og tynnet. Den lange regresjonskurven gjelder for alle trærne, den korte, til høyre for den vertikale streken, for de 500 groveste per hektar.

Figure 4. Relationship between the diameter (1.3 m) of the trees at establishment and the diameter increment in the period (6 years) for five plots; control and thinned. The long regression curve refers to all the trees, the short one, to the right of the vertical line, to the 500 largest per hectare.

På kontrollrutene inngår alle trærne, og på tynningsrutene alle gjenstående trær etter inngrepet. Punktene til høyre for den vertikale streken markerer de 500 groveste trærne per hektar. Ulikt antall trær skyldes forskjellig rutestørrelse. Det er beregnet regresjonskurver; både lineære og ikke-lineære, for alle trærne og for de 500 groveste per hektar. Forskjellen mellom metodene var svært små. Den metoden som ga høyest R^2 , er lagt inn i Figur 4. Når alle trærne på rutene er tatt med, var sammenhengen signifikant for alle fem kontrollrutene og for fire

av de tynnete. For de 500 groveste trærne per hektar var korrelasjonen sikker for ei kontrollrute (F72) og ei tynnet rute (F75).

Resultatene for alle treslag og behandlinger står i Tabell 5. Denne viser totalt antall ruter innen hver gruppe og hvor stor prosentandel av disse der sammenhengen mellom trærnes brysthøydiameter ved anlegg og diametertilveksten etter tynningen var statistisk sikker.

Tabell 5. Sammenhengen mellom trærnes diameter (1,3 m) ved anlegg 1997/1998 og deres diametertilvekst etter tynning (1997/1998 – 2003/2004) for treslag, behandlinger, alle trær og de 500 groveste per hektar. Kolonnene «% sign.» viser hvor stor andel av de respektive rutene «n» hadde regresjonskurver med signifikante verdier ($P < 0,05$).

Table 5. Correlations between diameter at breast height in the year of establishment (1997/1998) and diameter increment after thinning (1997/1998 – 2003/2004) by tree species, treatments, all trees, and the 500 largest per hectare. The columns «% sign.» show the percentage of respective sub-plots «no.» where regression curves had significant values ($P < 0.05$).

Treslag <i>Tree species</i>	Alle trær <i>All trees</i>						500 groveste per hektar <i>500 largest per hectare</i>					
	T0		T1		T2		T0		T1		T2	
	n <i>no.</i>	% sign. <i>% sign.</i>	n <i>no.</i>	% sign. <i>% sign.</i>	n <i>no.</i>	% sign. <i>% sign.</i>	n <i>no.</i>	% sign. <i>% sign.</i>	n <i>no.</i>	% sign. <i>% sign.</i>	n <i>no.</i>	% sign. <i>% sign.</i>
Hengebj.	7	100	3	100	5	40	7	29	3	67	5	40
Dunbjørk	5	100	4	75	2	100	5	20	4	0	2	0
Svartor	7	100	7	29	4	25	7	29	7	0	4	25
Gråor	1	100	1	100			1	0	1	0		
Ask	2	100	2	0	2	50	2	50	2	0	2	50
Eik	5	100	3	33	3	33	5	20	3	0	3	0
Middel <i>Mean</i>	27	100	20	50	16	44	27	26	20	10	16	25

Når alle trærne på rutene er med i beregningen, viser 100 % av kontrollrutene positiv og signifikant sammenheng; uavhengig av treslag. Sammenhengen er varierende for tynningsrutene; meget god for bjørk, og signifikant for rundt en tredjedel av rutene for de andre treslagene. En vesentlig grunn til forskjellen er høyere treantall og større diameterspredning på kontrollrutene. De minste trærne med antatt svakest vekstpotensial ble fjernet. Dessuten har også de gjensatte små trærne fått bedre plass, mens trengselen for tilsvarende dimensjoner på kontrollrutene stadig er blitt sterkere. Analyser av de 500 groveste trærne per hektar viste positiv korrelasjon på 25–30 % av kontrollrutene. For de tynnete rutene var sammenhengen god for hengebjørk, men svak for de andre treslagene. Beregningene viser dessuten at regresjonskurven for de 500 groveste trærne går nesten horisontalt på flere av flatene uavhengig av behandlingen, jfr. punktsvermene til høyre for den vertikale streken i

Figur 4. Dette betyr at diameterveksten hos disse trærne er tilnærmet uavhengig av diameteren ved anlegg. De herskende trærne på de tynnete rutene har likevel økt årringbreddene mer enn de herskende trærne på kontrollrutene, jfr. Figur 4 og Tabell 4.

Det ble funnet en klar positiv sammenheng mellom trærnes kronediameter og diametertilvekst. Derimot viste trehøyde og høyde til første grønne grein og kronehøyde ved anlegg dårlig sammenheng med diametertilveksten i forsøksperioden. Varierende tetthet over kort avstand påvirker i liten grad høydeveksten, men diameterveksten blir påvirket, og dermed skapes større diameterspredning. Det er vanskelig å definere og måle høyden opp til den effektive krona. Påvirkning fra nabotrær kan føre til ulik høyde til grønn krone på de forskjellige sidene av treet. Dessuten har studier av veksten hos bartrær og lauvtrær etter kunstig kvisting vist at de nederste grønne greinene kan ha liten eller ingen

nettoproduksjon (Vuokila 1960, Zumer 1967). Slike greiner i tette bestand vil dø i løpet av noen år. I noen grad har derfor skjønsmessige vurderinger inngått når den effektive kronehøyden skulle fastsettes. Dette er lettere noen år etter tynning. Da har svakt utviklete greiner blitt en del av den aktive krona. Likevel vil det ta flere år før diametertilveksten blir målbart påvirket.

4.4. Høydevekst

Produksjonen hos de enkelte trær er betinget av ei stor og effektiv krone. Utbyggingen av trekronene er en sammensatt prosess underlagt genotypisk og fenotypisk kontroll. Avhengig av tilgjengelige ressurser og konkurransesituasjon, søker tærne å utnytte tilgjengelig lys i bestandet gjennom økning i krone-

lengde (høydetilvekst) og/eller ved økning i kronediameter. Trærnes alder og sosiale status i bestandet påvirker evnen til å konkurrere med nabotrær om lys som respons til et tynningsinngrep. Med grunnlag i høydemålingene er det for de enkelte ruter sett nærmere på om det er sammenheng mellom trærnes diameter ved anlegg og toppskuddlengdene i forsøksperioden. Korrelasjonsberegninger ga ikke signifikante forskjeller for noen av rutene. I USA har Miller (2000) og Schuler (2006) vist at enkelte lauvtreslag har fått mindre høydevekst etter tynning enn uttynnete felt. På våre flater viser særlig resultatene fra svartor at sterk tynning har ført til kortere toppskudd enn på kontroll og svakt tynnete ruter. Resultatene for de andre treslagene varierer imidlertid mye.

5. KONKLUSJON

På mange av flatene var tettheten så stor på anleggstidspunktet at selvtynningen hadde begynt, S % ca 10. Treantallet lå da mellom 2000 og 4500 per hektar avhengig av trehøyden. Etter sterk tynning (S % ca 25) sto det igjen mellom 400 og 1400 trær per hektar. Alle undersøkte flater viste at trærnes årringbredder økte raskt og sterkt etter inngrep. Økningen var størst ved sterk tynning, men også markert ved svak tynning. Midlere årringbredde for herskende trær økte med 30–100 % i forhold til veksten hos tilsvarende trær på kontrollrutene.

På alle kontrollrutene var det signifikant sammenheng mellom trærnes diameter ved anlegg og diameterveksten i perioden etter (6 år). Det var samme tendens på ruter som ble tynnet, men en mindre andel flater med signifikante sammenhenger. Lavere treantall der særlig trær med de minste diameterne er fjernet, er en vesentlig årsak til forskjellen. Ved en tilsvarende analyse av de 500 groveste trærne per hektar, var sammenhengene dårligere. De groveste trærne vokste relativt godt uavhengig av diameteren på anleggstidspunktet, men best på tynnete ruter.

I en del tilfeller er det klare indikasjoner på at økte årringbredder etter tynning ikke er nok til å kompensere for redusert treantall når tilveksten vurderes på arealbasis. Mest tydelig var dette for bjørk og ask når utgangstettheten var stor og tynningen sterk, men variasjonene var store. På flater med høyere S % før tynning; færre trær eller lavere overhøyde; ble den gjennomsnittlige relative effekten av inngrepet liten. De gjensatte trærne hadde da grovere diameter, større kroner og bedre utbygd rotsystem og kunne lettere utnytte den frigitte plassen.

Mens diameterveksten hos trærne økte kraftig etter tynning, var effekten på høydeveksten betydelig mindre. Den relative volumveksten var

nesten alltid lavere enn den en tilsvarende grunnflatetilveksten. Tynningsforsøk med andre treslag viser generelt at nedgangen i grunnflate- og volumtilvekst etter store uttak blir mindre jo lenger tid det går etter inngrepet. Uten mer hogst er det derfor grunn til å forvente at dette også vil skje på flatene våre.

I yngre lauvtrebestand gir trærnes diameter et enkelt og godt grunnlag for rangering av de enkelte træs forventede diametervekst de nærmeste årene; både i bestand som skal stå urørt eller tynnes.

Mulighetene for å rekruttere utviklingsdyktige kvalitetsstammer fra de mindre diameterklasser avtar raskt med tida. Tre kronene blir relativt mindre, og dominerende nabotrær kan bidra til kvalitetsforringelse på potensielle framtidstrær ved eksempelvis langkrok og skjevheter. Denne utviklingen betyr lite hvis målet er størst mulig volum- eller tørrstoffproduksjon per arealenhet. Derimot, hvis en ønsker å vektlegge kvalitet, er det viktig å stimulere til økt diametervekst hos de mest lovende trærne på et tidlig tidspunkt.

Risikoen for at snø skal bøye og brette stammer er stor der trærne er lange og tynne. Dette er særlig tilfelle for bjørk fordi treslaget har spesielt mange greiner og kvister som snøen kan festes til. På forsøksflatene våre har det imidlertid vært minimalt med skader. Av hensyn til stabilitet og sikkerhet tilrås likevel mange reservestammer der forholdet mellom høyde og diameter før tynning er stort. Trærnes kvalitet og prisspenningen mellom sortimentene må vektlegges når en skal velge behandlingsstrategi og dermed avveie de enkelte træs vekst og utvikling i forhold til volumproduksjonen per arealenhet.

6. SUMMARY

There are many non-managed broadleaved forest stands in Norway, and the extent of such stands is increasing (Tomter, 2000). The aim of the present study is to examine how young, non-managed broadleaved stands react to thinning. A total of 29 experimental plots were established in 1997 and 1998, distributed over South East, South, and South West Norway. The material includes the following tree species (no. of plots in parentheses): *Betula pendula* (7), *B. pubescens* (7), *Alnus glutinosa* (7), *A. incana* (1), *Fraxinus excelsior* (2), and *Quercus spp.* (5). All plots included a control sub-plot (T0), and one or two sub-plots for thinning. Where plot size allowed two thinned sub-plots, one sub-plot was lightly thinned, T1, $S \% \approx 20$, and one was heavily thinned, T2, $S \% \approx 25$. Comprehensive tree registrations were performed. The plots were revised in 2003 and 2004, in most cases six years after the start of the experiment. Remaining dominant trees after thinning quickly increased their annual ring width by 30–100 % in proportion to dominant trees in the control sub-plots; most generally after heavy thinning. The yield per hectare in the control sub-plots was compared with the yield in the companion thinned sub-plots. In plots with a very high stand density before thinning, $S \% \approx 10$,

the basal area increment for *Betula* and *Fraxinus* decreased by 10–15 % after light thinning and 35 % after heavy thinning. The relative effect was less pronounced in plots with a lower stand density before thinning, $S \% > 14$. Basal area increment was less influenced by thinning in *Alnus glutinosa* and *Quercus sp.* than in the other tree species. Only in exceptional cases the differences between the treatments were statistical significant. Generally, the relative volume increment turned out to be lower than the relative basal area increment. In all control sub-plots there was a distinct positive correlation between the stem diameter at the start of the experiment and the diameter increment in the trial period. A similar, but less explicit trend was observed in the thinned sub-plots. Among the largest 500 stems per hectare the effect of the initial diameter was less distinct independent of the treatment. However, the annual ring widths were always wider on thinned sub-plots than on the controls.

The results may contribute to strengthening the basis for choice of management strategy – finding the balance between total volume production and the development of individual trees in a stand.

7. LITTERATUR

- Brække, F. & Granhus, A. 2004. Ungskogpleie i naturlig forynget gran på middels og høy bonitet. Rapport fra skogforskningen 10/04: 1–22.
- Braastad, H. 1967. Produksjonstabeller for bjørk (Yield Tables for Birch). Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen 22(84): 265–365.
- Braastad, H. 1975. Produksjonstabeller og tilvekstmodeller for gran (Yield Tables and Growth Models for *Picea abies*). Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning 31(9): 357–537.
- Braastad, H. 1977. Tilvekstmodellprogram for bjørk. Norsk institutt for skogforskning, rapport 1/77. 17 s.
- Braastad, H. 1980. Tilvekstmodellprogram for furu (Growth model computer program for *Pinus sylvestris*). Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning 35(5): 265–359.
- Braastad, H.; Bunkholt, Aa.; Huse, K.J.; Næss, R.M.; Petersen, J. & Risdal, M. 1993. Lauvskog – Bestandspleie. Skogbrukets Kursinstitutt, Biri. 25 s.
- Børset, O. 1985. Skogskjøtsel I. Skogøkologi. Landbruksforlaget. 494 s.
- Børset, O. & Haugberg, M. 1960. Ospa. Det norske Skogselskap. 176 s.
- Børset, O. & Langhammer, Aa. 1966. Vekst og produksjon i bestand av gråor (*Alnus incana*). Meldinger fra Norges landbrukshøgskole 45(24): 1–35.
- Frivold, L.H. 1994. Trær i kulturlandskapet. Landbruksforlaget, Oslo. 224 s.
- Haugberg, M. 1958. Produksjonsoversikter for osp. Foreløpig rapport. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen 15(50): 143–186.
- Institutt for skogskjøtsel (1985). Bjørk Osp Or, veiledning for det praktiske skogbruk. Institutt for skogskjøtsel, Norges landbrukshøgskole. 187 s.
- Langhammer, Aa. 1969. Hvor mye produserer våre treslag? Norsk skogbruk 15(2): 41–44.
- Miller, G.W. 2000. Effect of crown growing space on the development of young hardwood crop trees. Northern Journal of Applied Forestry 17(1): 25–35.
- Opdahl, H. 1992. Bonitet, vekst og produksjon hos osp (*Populus tremula* L.) i Sør-Norge. Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning 44(11): 1–44.
- Risdal, M.; Næss, R.; Kringlebotn, T.; Tveite, B. & Myking, T. 2004. Eika – skjøtsel og krav. Skogbrukets Kursinstitutt, Biri. 109 s.
- Schuler, T.M. 2006. Crop tree release improves competitiveness of northern red oak growing in association with black cherry. Northern Journal of Applied Forestry 23(2): 77–82.
- Smitt, A. 1939. Vestlandsbjørken. Tidsskrift for skogbruk 47(6): 195–208.
- Tomter, S. M. (red.) 2000. Skog 2000. Statistikk over skogforhold og -ressurser i Norge. Norsk institutt for jord- og skogkartlegging, Ås. 84 s.
- Vuokila, Y. 1960. The effect of green pruning on growth of Scots pine. Communications Instituti Forestalis Fenniae 52(1): 1–27.
- Zumer, M. 1967. Kvistingsforsøk med furu, gran, bjørk, osp, ask og eik. Tidsskrift for skogbruk 75(3): 352–382.
- Øyen, B.-H. & Tveite, B. 2002. Kuberingsfunksjoner og -tabeller for ulike treslag i Norge – en oversikt. Aktuelt fra skogforskningen 6/02: 23–26.