

Meddelelser fra

NORSK INSTITUTT FOR SKOGFORSKNING

Reports of The Norwegian Forest Research Institute

34.7

Vekst og stabilitet i et forbandsforsøk med gran

Growth and stability in a spacing experiment with Picea abies

Helge Braastad

Ås-1979

ISBN 82-7169-180-5

ISSN 0332-5709

Norsk institutt for skogforskning (NISK)

Norwegian Forest Research Institute

Direktør/Director: Toralf Austin, Box 61, 1432 Ås-NLH Norway

NISK-Ås, Box 61, 1432 Ås-NLH, Norway. Telf./Phone (02) 94 11 60

Administrasjon

Administration

Leder/head: Kontorsjef/Manager Tore Gaute Aas.

Skogøkologisk avdeling

Division of Forest Ecology

Leder/head: Professor, dr. Kristian Bjør

Avdeling for skogvern

Division of Forest Protection

a) Forstpatologi/Forest Pathology (02) 94 10 60

Leder/head: Forsker/Associate professor Kåre Venn

b) Forstzoologi/Forest Zoology

Leder/head: Forskningssjef/Professor, dr. Alf Bakke

Avdeling for gjenvækt

Division of Forest Regeneration

Leder/head: Professor, dr. Peder Braathe.

Avdeling for skogbehandling og skogproduksjon

Division of Forest Management and Yield Studies

Leder/head: Forsker/Associate professor Bjørn Tveite.

Avdeling for planteforedling

Division of Forest Genetics and Tree Breeding

Leder/head: Forskningssjef/Professor, dr. Jon Dietrichson

Skogteknologisk avdeling

Division of Wood Science and Wood Technology

Leder/head: Forsker/Associate professor Gunnar Wilhelmsen

Driftsteknisk avdeling

Division of Forest Operations and Techniques

Leder/head: Professor Ivar Samset

Landsskogtakseringen

The National Forest Survey

Leder/head: Forsker/Forest surveyor Torgeir Løvseth

NISK-Stend, 5047 Stend, Norway, Tel./Phone (05) 27 63 70

Leder/head: Forsker/Associate professor Asbjørn Løken

Skogbiologisk avdeling

Division of Forest Biology

Leder/head: Forsker/Associate professor Asbjørn Løken

Avdeling for skogproduksjon og skogbehandling

Division of Forest Yield Studies and Forest Management

Leder/head: Forskningssjef/Professor Eivind Bauger.

Meddelelser fra

NORSK INSTITUTT FOR SKOGFORSKNING

Reports of The Norwegian Forest Research Institute

34.7

Vekst og stabilitet i et forbandsforsøk med gran

*Growth and stability in a spacing experiment with *Picea abies**

Helge Braastad

Ås-1979

ISBN 82-7169-180-5

ISSN 0332-5709

Abstract

Braastad, H., 1978. Vekst og stabilitet i et forbandsforsøk med gran. Growth and stability in a spacing experiment with Picea abies. Meddr Norsk inst. skogforsk. 34.7: 169—215.

A spacing experiment with *Picea abies* with the spacings 1.2x1.2, 1.8x1.8, 2.4x2.4 and 3.0x3.0 was measured at total age 28 years when the top height was about 10 meter. The total yield decreases with increasing spacing. Mean diameter increases when the spacing increases. The top height is lowest by spacing 1.2x1.2, but there is not significant difference in top height between the other spacings. Height to first live branche decreases with increasing spacing. Diameter of the branches increase when the spacing increases. The stability against snow damage increases with increasing spacing up to spacing 2.4.

Utdrag

Braastad, H., 1978. Vekst og stabilitet i et forbandsforsøk med gran. Meddr Norsk inst. skogforsk. 34.7: 169—215.

Et forbandsforsøk i gran med forbandene 1.2x1.2, 1.8x1.8, 2.4x2.4 og 3.0x3.0 er revidert ved totalalderen 28 år da overhøyden var ca. 10 meter. Totalproduksjonen synker med økende forband. Middeldiameteren øker når forbandet øker. Overhøyden er lavest på forband 1.2, men det er ikke sikker forskjell på overhøyden mellom de andre forband. Kronehøyden avtar med økende forband. Kvisttykkelsen øker når forbandet øker. Stabiliteten mot snøskade øker med økende forband inntil forband 2.4 m.

Forord

Denne rapporten bygger på data fra forsøksfelt 928 hos Mathiesen Eidsvold Værk i Skjeggerudlia i Hurdal. Dette er et forbandsforsøk (planteavstandsforsøk) som ble anlagt i 1954 av professor dr. *Elias Mork*. Forsøket ble oppmålt høsten 1977 med midler fra NLVF.

I 1954 ble markarbeidet ledet av forsøksleder *Martin Sandvik* og i 1977 ble markarbeidet ledet av fagassistent *Harald Eikeland*, som også har deltatt i beregningsarbeidet. Cand. real *Erik Mønness* har vært rådgiver ved en del statistiske beregninger. Professor *Asbjørn Svendsrud*, forsker *Egil Vestjordet* og forsker *Kåre Venn* har lest gjennom manuskriptet og gitt gode råd.

Figurene er tegnet av fagassistent *Arne Brekka*. Kontorassistent *Ida Svendsen* har renskrevet manuskriptet på maskin.

Til disse institusjoner og personer vil jeg rette min hjerteligste takk for all hjelp og støtte.

Ås, august 1978

Helge Braastad

Innhold

Forord	171
I. Symboler	173
II. Innledning	174
III. Feltbeskrivelse	174
IV. Totalproduksjon	176
V. Middeldiameter	178
VI. Overhøyde	179
VII. Kronehøyde	181
VIII. Kvisttykkelse	183
IX. Skaden i oktober 1976	189
A. Klimaforholdene	189
B. Prosent skadde trær	190
C. Prosent skadd volum	191
D. Diameterfordeling	194
E. Lengden av avbrukken stammedel og bruddstedets diameter	198
X. Diskusjon	209
Sammendrag	211
Growth and stability in a spacing experiment with <i>Picea abies</i>	213
Litteratur	215

I. Symboler

F	Forband (meter) – Spacing (meter).
T_t	Totalalder (år) – Total age (years).
$T_{1.3}$	Brysthøydealder (år) – Age at breast height (years).
H_L	Middelhøyde – H_{Lorey} (meter) – Mean height – H_{Lorey} (meter).
HO	Overhøyde (meter). Aritmetisk gjennomsnitt av de 100 grøvste trær pr. ha. – Top height (meter). Arithmetic mean height of the 100 largest (according to diameter) trees per hectare.
H_{40}	Bonitet. – Site index class.
N_1	Treantall før skaden i 1976. – Tree number before the damage in 1976.
$D_{1.3}$	Grunnflatemiddelstammens diameter (cm). – Basal area mean diameter (cm).
K_H	Kronehøyde (meter). – Height to first live branch (meter).
D_K	Kvisttykkelse (mm). – Diameter of branch (mm).
V_T	Totalproduksjon $m^3/ha.$ – Total yield $m^3/ha.$

II. Innledning

Dette arbeidet tar sikte på å belyse en del sammenhenger mellom varierende forband i grankultur og bestandets senere totalproduksjon, diametertilvekst, kvistkvalitet og stabilitet mot snøskader.

Materialet stammer fra et forbandsforsøk som er anlagt for bare 24 år siden. Det er derfor for tidlig å trekke noen sikre konklusjoner om sammenheng mellom forband og tilvekst. Men særlig fordi forsøket ga sikre sammenhenger mellom forband og stabilitet har en valgt å publisere disse resultater nå.

I Norge har det vært anlagt svært få forbandsforsøk. *Klem* (1942 og 1952), *Braathe* (1952), *Brantseg* (1959) og *Braastad* (1970) har beskrevet undersøkelser i forbandsforsøk i gran. *Slåttå* (1978) har i en litteraturoversikt gjennomgått publiserte forbandsforsøk med særlig vekt på europeiske resultater.

I Danmark har *Jørgensen* (1963) en beskrivelse og diskusjon av europeiske forbandsforsøk både i granbestand og i en rekke andre treslag. Nedenfor nevnes derfor ikke arbeider fra perioden før 1963.

Wiksten (1965) har beskrevet et forbandsforsøk i granskog i Sverige. I dette arbeidet er det også en meget fyldig diskusjon av eldre litteratur.

I en rekke arbeider i løpet av de siste tiår har det i Tyskland vært lagt stor vekt på en analyse av kvaliteten i granbestand med varierende forband. Av disse nevnes: *Merkel* (1967), *Abetz & Merkel* (1968), *Kramer, Dong & Rusack* (1971).

Pollanschütz (1974) beskriver et forbandsforsøk i gran i Østerrike der både produksjon, kvalitet og skadefrekvens belyses.

Fra Tsjekkoslovakia har *Vyskot* (1974 og 1977) beskrevet forbandsforsøk i gran.

Det mest omfattende arbeide om effekten av varierende forband er utført i England av *Hamilton & Christie* (1974). I perioden 1935—36 ble det anlagt 134 forbandsforsøk av Forestry Commission i England. I hvert forsøk ble forbandene 0.9x0.9, 1.4x1.4, 1.8x1.8 og 2.4x2.4 meter undersøkt.

I 1953 var ca. 100 forsøk intakt og av disse var 19 forsøk i gran. Forsøkene er dels utynnet, dels tynnet etter forskjellige tynningsprogram. På grunnlag av disse forsøkene har *Hamilton & Christie* (1974) utviklet tilvekstmodeller for utynnede og tynnede granbestand med forband 0.9, 1.4, 1.8 og 2.4 meter for de 3 forskjellige boniteter.

III. Feltbeskrivelse

Forsøksfelt 928 er et forbandsforsøk som ble anlagt i 1954 hos Mathiesen Eidsvold Værk i Skjeggerudlia i Hurdal. Feltet ligger i en nordvendt li med svak helling, på tidligere dyrket mark. Høyde over havet er ca. 350 m. Feltet ble tilplantet med 2/2 gran av proveniens B 100. I forsøket er forban-

dene 1.2 x 1.2, 1.8 x 1.8, 2.4 x 2.4 og 3.0 x 3.0 benyttet. Forsøket er anlagt som et latinsk kvadrat med 4 gjentak av hvert forband. Hver rute er 20 x 20 m. Det er ikke anlagt noen kappe mellom rutene. Figur 1 viser en skisse av forsøket.

Innen rute 14 er det spor etter en liten grunnmur. Denne har ført til at ruten har noe lavere treantall en forbandet 2.4 m skulle tilsi. For de andre rutene har tilslaget etter planting vært meget godt. Generelt er det meget ensartede forhold innen forsøksfeltet.

FORSØKSFELT 928 – EXPERIMENTAL SITE 928

R. 4 F. 1.8	R. 3 F. 1.2	R. 2 F. 3.0	R. 1 F. 2.4
R. 8 F. 3.0	R. 7 F. 2.4	R. 6 F. 1.8	R. 5 F. 1.2
R. 12 F. 2.4	R. 11 F. 1.8	R. 10 F. 1.2	R. 9 F. 3.0
R. 16 F. 1.2	R. 15 F. 3.0	R. 14 F. 2.4	R. 13 F. 1.8

R= Rute - Plot F= Forband - Spacing

Figur 1. Skisse over forsøksfelt 928.
Map showing experimental site 928.

I tabell 1 er det anført en del tall fra oppmålingen i 1977. Det framgår at brysthøydealderen for 3 ruter er 16 år og for 13 ruter lik 17 år. Brysthøydealderen er beregnet som middel av 4 trær pr. rute. Når alderen angis med en desimal går det fram at alderen varierer mellom 16.0 og 17.0 år. I tre tilfeller er alderen lavere enn 16.5 og settes da til 16 år i tabellen. Overhøydens variasjon vil bli diskutert i et senere kapittel.

Feltets midlere bonitet — H_{40} — er G 20.2. Det vil si at forsøket ligger på en høy bonitet. Den forventede produksjonsevne er ca. 9 m³ pr. ha og år

Tabell 1. Resultater fra forsøk 928.

Stående trær før skaden i oktober 1976.

Results from experiment 928.

Standing trees before the damage in October 1976.

Rute	Forband	T_t	$T_{1.3}$	H_0	H_{40}	N_1	$D_{1.3}$	H_L	K_H	V_T
<i>Plot</i>	<i>Spacing</i>									
3	1.2	28	16	9.6	19.8	5825	8.5	8.5	2.01	156.4
5	1.2	28	17	9.9	19.3	5750	8.7	8.2	1.92	157.2
10	1.2	28	17	10.0	19.5	5025	9.1	8.6	1.76	154.1
16	1.2	28	16	9.9	20.4	6050	8.4	8.0	1.97	149.5
4	1.8	28	17	10.5	20.5	3375	9.7	8.4	1.12	116.3
6	1.8	28	17	10.5	20.5	2875	11.0	9.2	1.61	138.1
11	1.8	28	17	9.7	18.9	3050	10.3	8.5	1.21	119.0
13	1.8	28	17	10.2	19.9	3075	10.8	9.0	1.37	139.2
1	2.4	28	17	10.8	21.1	2225	12.1	9.4	0.67	127.0
7	2.4	28	17	10.6	20.7	2100	11.6	9.2	1.05	110.6
12	2.4	28	17	10.9	21.3	2050	11.7	9.3	1.00	111.0
14	2.4	28	17	10.4	20.3	1575	12.9	9.6	0.79	103.1
2	3.0	28	17	9.7	18.9	1225	13.2	9.3	0.36	82.7
8	3.0	28	17	10.8	21.1	1350	13.0	9.7	0.60	90.8
9	3.0	28	17	10.3	20.1	1175	13.1	9.2	0.65	77.1
15	3.0	28	16	10.0	20.6	1375	12.0	8.8	0.57	74.1

IV. Totalproduksjonen

Det er av begrenset interesse å studere totalproduksjonen (V_T) når feltet bare er 28 år gammelt. Likevel er det analysert hvordan totalproduksjonen varierer med forbandet.

I tabell 1 er totalproduksjonen gjengitt for de 16 rutene.

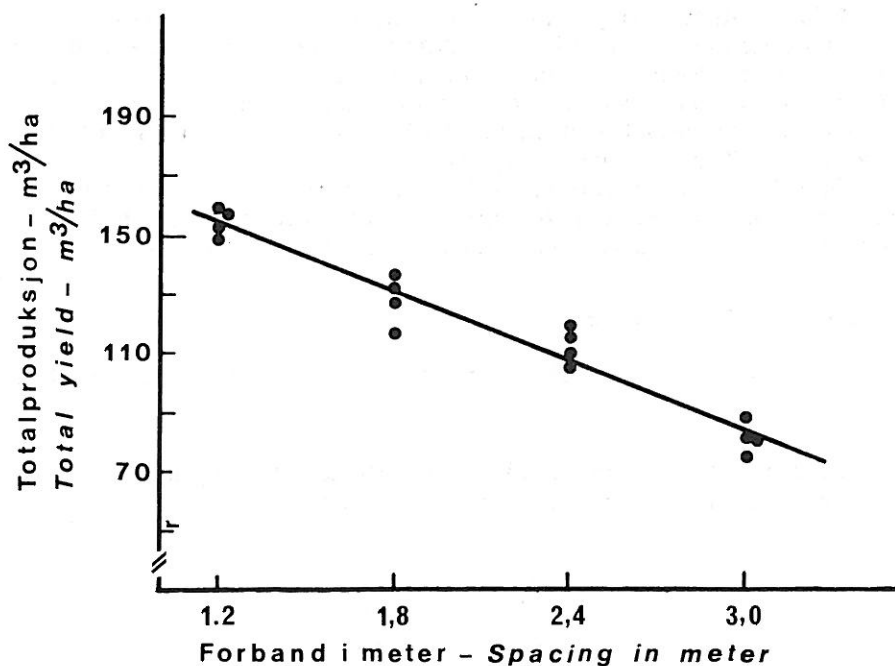
En variansanalyse viser at det er signifikant forskjell i totalproduksjonen mellom forband ($P < 0.001$). Det er videre testet om det er forskjell i totalproduksjonen mellom de enkelte forband. (Newman-Keuls metode — Spjøtvoll 1974.) Det er signifikant forskjell mellom 1.2 og 1.8 meters forband og mellom 2.4 og 3.0 meters forband ($P < 0.05$). Men det er ikke signifikant forskjell i totalproduksjonen mellom 1.8 og 2.4 meters forband.

I figur 2 er totalproduksjonen (V_T) på de enkelte ruter, korrigert for variasjon mellom rekker og kolonner i det latinske kvadrat, tegnet opp over forbandet. På grunnlag av disse data er følgende regresjoner beregnet:

$$V_T = 202.45 - 39.55 \cdot F \quad \text{IV—I}$$

$$\bar{R} = 0.972 \quad \bar{S} = \pm 9.02 \text{ m}^3 \quad): \pm 7.6 \% \text{ av } \bar{V}_T$$

Det er en sterkt korrelasjon mellom totalproduksjonen ved 28 år og planteforbandet. Ved økende planteforband synker totalproduksjonen. I



Figur 2. Totalproduksjonen ved totalalder 28 år avsatt over forbandet.
Total yield at total age 28 years plotted against the spacing.

gjennomsnitt for de enkelte forband er det følgende verdier for totalproduksjonen (V_T):

F m	V_T m ³
1.2	154.3
1.8	128.2
2.4	112.9
3.0	81.2

Ved 28 års alder er forskjellen i totalproduksjonen mellom forband 1.2 m og forband 3.0 m lik 73.1m³ pr. ha. Totalproduksjonen med forband 3.0 m er bare 52.6 % av totalproduksjonen med forband 1.2 m.

Den relative forskjell vil antagelig avta sterkt med økende alder, men det er mulig at den absolutte forskjell vil øke noe i de nærmeste år.

V. Middeldiameter

Middeldiameter ($D_{1.3}$) er grunnflatemiddelstammens diameter beregnet av totalprodusert grunnflate ved 28 år. En variansanalyse viser at det er signifikant forskjell på middeldiameteren mellom de ulike forband ($P < 0.001$). Det er også påvist at middeldiameteren øker signifikant ($P < 0.05$) når forbandet øker fra 1.2 til 1.8, fra 1.8 til 2.4 eller fra 2.4 til 3.0. (Newman — Keuls metode — *Spjøtvoll* 1974)

I figur 3 er middeldiamteren på de enkelte ruter, korrigert for variasjon mellom rekker og kolonner i det latinske kvadrat, tegnet opp over forbandet. Med grunnlag i disse data er følgende regresjon beregnet:

$$D_{1.3} = 6.078 + 2.347 \cdot F \quad V-I$$

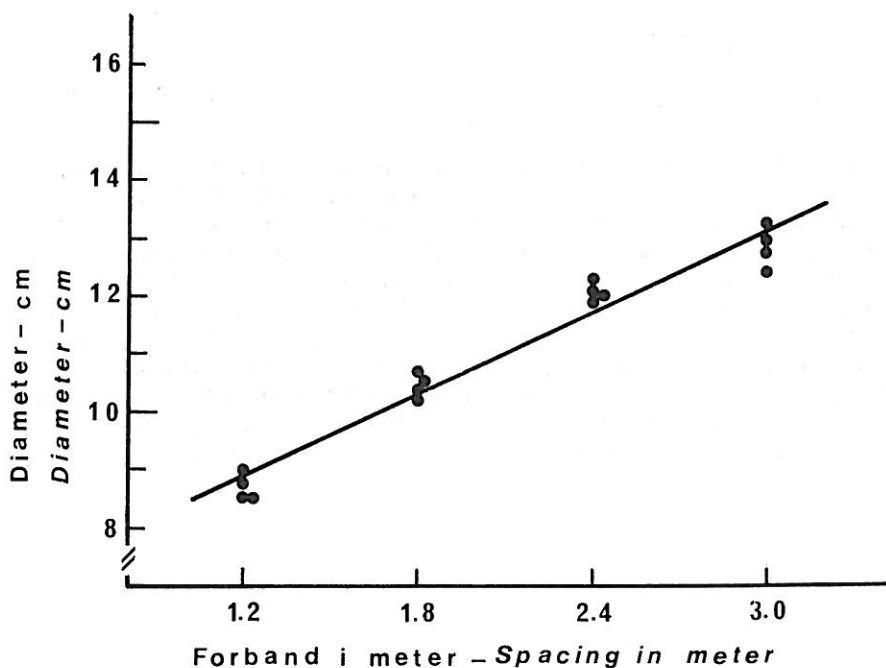
$$\bar{R} = 0.952 \quad \bar{S} = \pm 0.50 \text{ cm} \quad); \pm 4.54 \% \text{ av } \bar{D}_{1.3}$$

Middeldiameteren øker signifikant når forbandet øker. I gjennomsnitt for de enkelte forband har middeldiamteren følgende verdier:

F m	$D_{1.3}$ cm
1.2	8.7
1.8	10.5
2.4	12.1
3.0	12.8

VI. Overhøyde

Tabell 1 viser hvordan overhøyden (H_O) varierer fra rute til rute. I gjennomsnitt for de enkelte forband har overhøyden følgende verdier:



Figur 3. Grunnflatemiddelstammens diameter av totalproduisert grunnflate, ved totalalder 28 år, avsatt over forbandet.
Basal area mean diameter of total yielded basal area at total age 28 years, plotted against the spacing.

F m	H_O m
1.2	9.85
1.8	10.23
2.4	10.68
3.0	10.20

En variansanalyse viser at det er signifikant forskjell på overhøyden mellom forband. ($P < 0.025$).

Med Newman—Keuls (*Spjøtvoll* 1974) metode ($P = 0.05$) påvises signifikant forskjell i overhøyde mellom forbandene 1.2 og 2.4. Derimot kan det ikke påstås at det er forskjell i overhøyde hverken mellom forbandene 1.8 og 2.4 eller mellom forbandene 2.4 og 3.0.

I figur 4 er overhøyden på de enkelte ruter, korrigert for variasjon i rekker og kolonner innen det latinske kvadrat, tegnet opp over forbandet. En rettlinjert regresjon gir en dårlig tilpassing ($\bar{R} = 0.500$). I figuren er følgende regresjon tegnet inn:

$$H_O = 7.357 + 2.748 \cdot F - 0.5946 \cdot F^2$$

VI—I

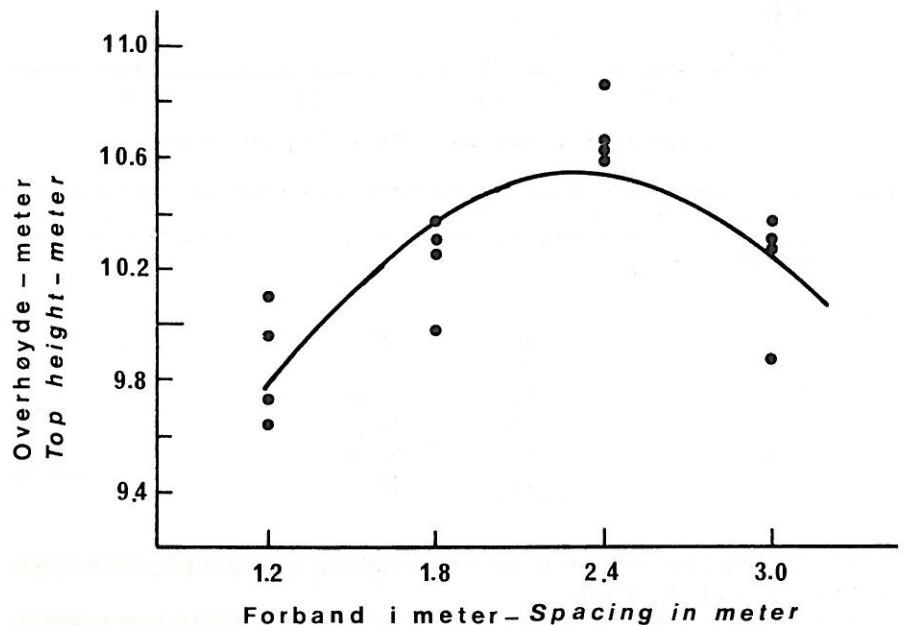
$$\bar{R} = 0.809$$

$$\bar{S} = \pm 0.30 \text{ m}$$

$$): \pm 2.93 \% \text{ av } \bar{H}_O$$

Denne funksjonen er også litt for stiv, slik at den overvurderer H_O ved forband 1.8 m og tilsvarende undervurderer H_O ved forband 2.4 m.

Middeltallene for overhøyden og de enkelte observasjoner som er plottet i figur 4 tyder på at forband 2.4 m gir den største overhøyde ved 28 års alder. De statistiske analyser viser at overhøyden ved forband 2.4 m er signifikant større enn ved forband 1.2 m. Det er derimot ikke påvist signifikante forskjeller mellom forbandene 1.8, 2.4 og 3.0 m. Av dette kan det derfor bare påvises at 1.2 meters forband gir lavere H_O enn forbandene 1.8, 2.4 og 3.0. Men det kan ikke uttales at det er noen forskjell mellom de øvrige forband. Derfor kan det heller ikke påstås at 2.4 m har gitt den største overhøyde ved 28 år, slik som middeltallene antyder, og regresjonen i figur 4 tyder på.

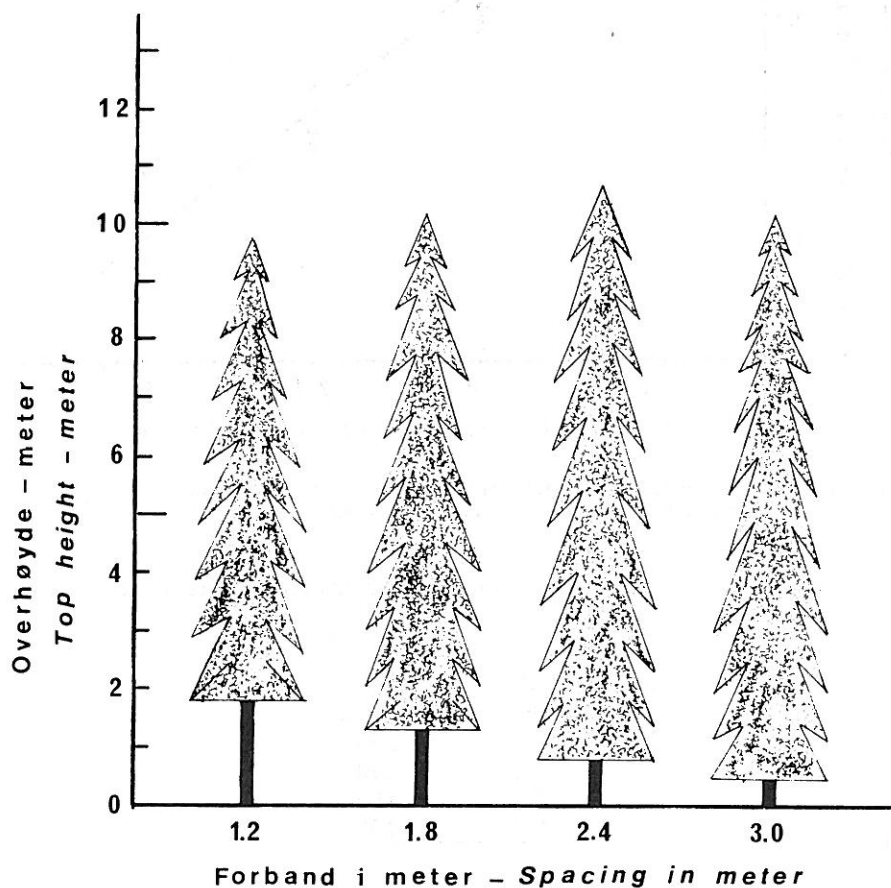


Figur 4. Overhøyde ved totalalder 28 år avsatt over forbandet.
Top height at total age 28 years plotted against the spacing.

VII. Kronehøyden

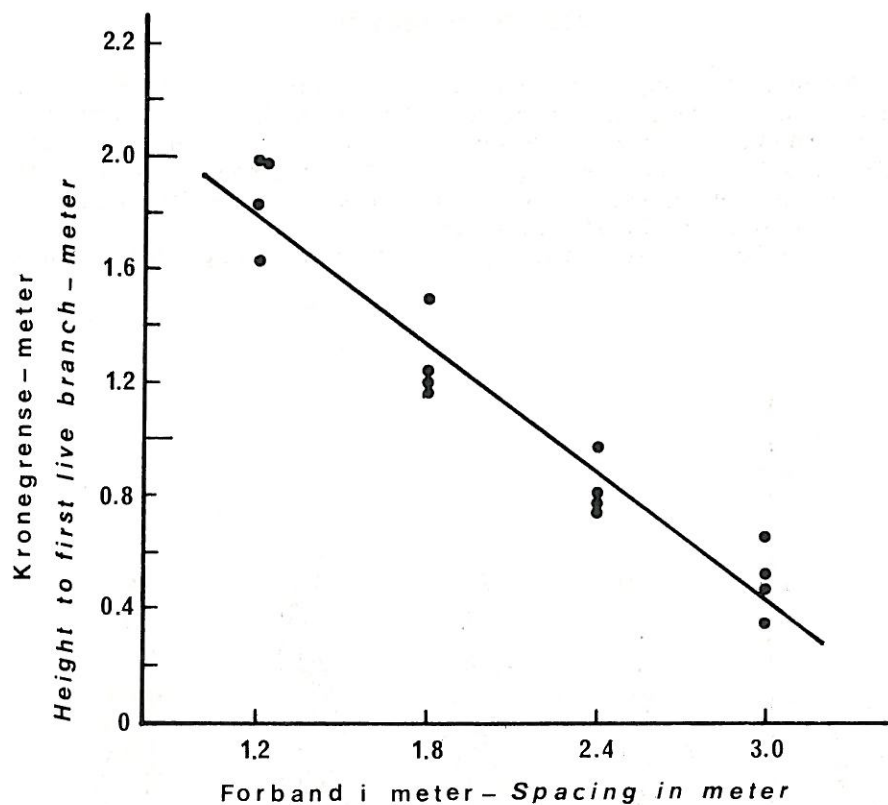
Kronehøyden angis som høyden fra marken opp til den grønne kronens nedre grense (kronesats). Lengden av den grønne krone blir derfor trehøyden minus kronehøyden. Det kan oppstå tvil om hva som er kroneansats. Kroneansats er oftest nederste grønne gren. Men dersom det mellom nederste grønne gren og resten av kronen er minst 2 tørre grenkranser flyttes kronegrensen opp til neste grønne gren.

I tabell 1 er den gjennomsnittlige kronehøyde (K_H) angitt for hver rute.



Figur 5. Gjennomsnittlig overhøyde og høyde til nederste grønne gren (krosegrense) på de fire forskjellige forband.

Average tree height and height to first live branch on the four different spacings.



Figur 6. Høyde til nederste grønne gren (kronegrense) avsatt over forband.
Height to first live branch plotted against the spacing.

I gjennomsnitt for de enkelte forband har kronehøyden følgende verdier:

F m	K _H m
1.2	1.85
1.8	1.28
2.4	0.83
3.0	0.50

En variansanalyse viser at det er signifikant forskjell i kronehøyde mellom forband ($P < 0.001$). Med Newman — Keuls metode (Spjøtvoll 1974) påvises signifikant forskjell ($P = 0.05$) i kronehøyde mellom forbandene 1.2 og 1.8, mellom 1.8 og 2.4, men ikke mellom forbandene 2.4 og 3.0.

I figur 5 er det gjengitt en grafisk framstilling av den gjennomsnittlige kronhøyde og trehøyde for de 4 forskjellige forband.

I figur 6 er den gjennomsnittlige kronhøyde for de enkelte ruter, korrigert for variasjon innen kolonner og rekker i det latinske kvadrat, plottet over forband. På grunnlag av disse data er følgende regresjon beregnet:

$$K_H = 2.69 - 0.75 \cdot F \quad \text{VII-I}$$

$$\bar{R} = 0.966 \quad \bar{S} = \pm 0.19 \text{ m} \quad): \pm 17.1 \% \text{ av } \bar{K}_H$$

Ved totalalder 28 år, og når overhøyden er ca. 10 meter, har oppkvistingen bare så vidt begynt på forbandene 2.4 og 3.0. Det er liten forskjell i kronhøyde mellom disse to forband. På forbandene 1.8 og 1.2 er derimot oppkvistingen kommet godt i gang. Kronhøyden øker signifikant når forbandet avtar.

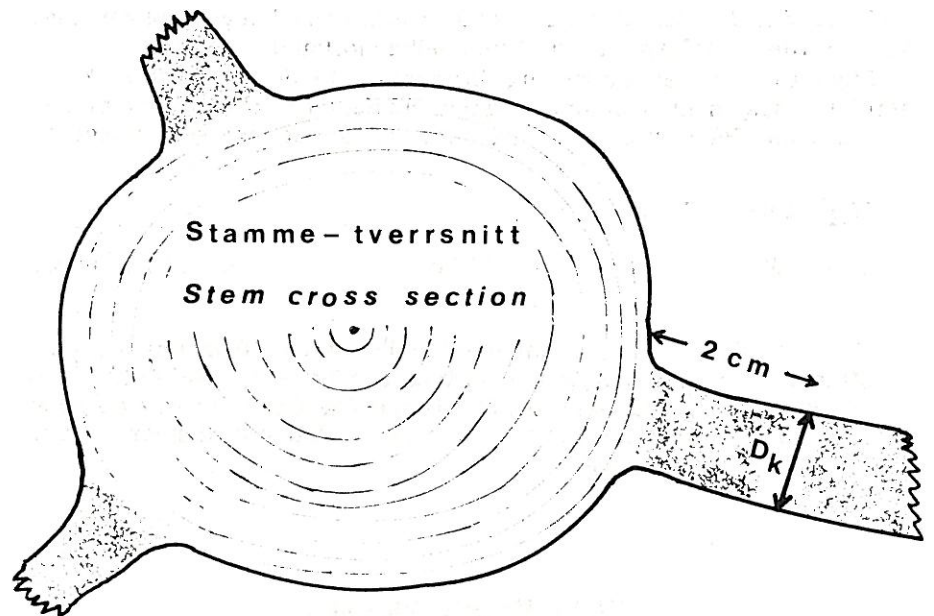
VIII. Kvisttykkelsen

Før måling av kvisttykkelsen er det først målt ut en indre rute på 15 x 15 meter. Innenfor denne indre rute er de 15 grøvste trær valgt ut. På hvert av disse trærne er tykkelsen av den grøvste kvisten i hver kvistkrans målt og merket for senere revisjon. Alle kvistkranser fra brysthøyde til første krans etter 5 meter over marken ble undersøkt. Diameteren på den enkelte kvist ble målt med skyvelære. Kvistdiamteren ble tatt 2 cm fra stammen og den horisontale diameter ble målt. Se figur 7. De fleste av de målte kvister er levende. Bare på forbandene 1.2 og 1.8 var kronhøyden større enn 1.3 meter.

I middel for hvert forband er det funnet følgende kvisttykkelser (D_K). $D_{1.3}$ er prøvetrærnes gjennomsnittlige diameter.

F m	D_K cm	$D_{1.3}$ cm
1.2	14.8	12.1
1.8	16.8	13.2
2.4	19.0	14.8
3.0	20.3	14.7

En variansanalyse viser at det er signifikant forskjell ($P < 0.001$) i kvisttykkelse mellom forband. Med Newman — Keul's metode ($P = 0.05$) ((Spjøtvoll 1974) påvises det signifikante forskjeller i kvisttykkelse mellom alle forband. Dvs. kvisttykkelsen øker signifikant når forbandet øker med 0.6 m fra forband 1.2 til forband 3.0.



$D_k =$ Horizontal diameter på kvisten
Horizontal diameter of the branch

Figur 7. Skisse som viser hvordan kvistens diameter er målt.
Illustration of the measurement of branch diameter.

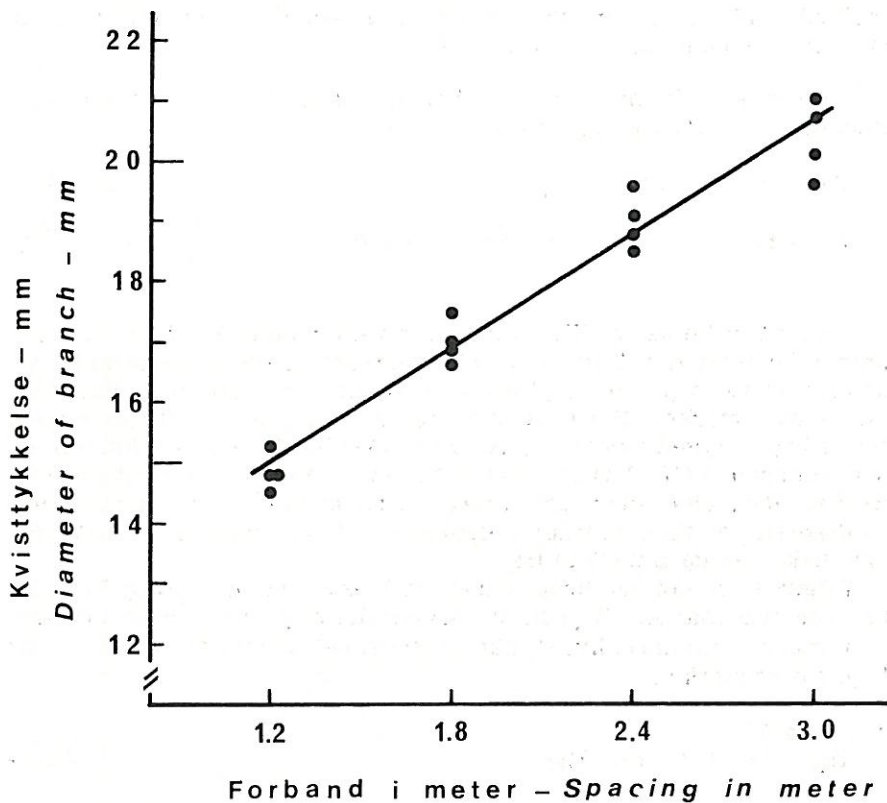
I figur 8 er kvisttykkelsen (D_K) på den enkelte rute, korrigert for variasjon i kolonne og rekke innen det latinske kvadrat, tegnet opp over forbandet. På grunnlag av disse data er følgende funksjon beregnet:

$$D_K = 11.29 + 3.10 \cdot F \quad \text{VIII-1}$$

$$\bar{R} = 0.977 \quad \bar{S} = \pm 0.65 \text{ mm} \quad): \pm 3.62 \% \text{ av } \bar{D}_K$$

Det er en sterk korrelasjon mellom den gjennomsnittlig kvisttykkelse på hver rute og rutas forband. Fordi nesten alle målte kvister er levende, vil en med tiden få en økning i kvisttykkelsen og rimeligvis en økende forskjell i kvisttykkelse mellom forband.

Ved måling av diameteren på den enkelte kvist (D_K) er kvistens høyde over marken notert (H_K). Videre kjenner en treets diameter ($D_{1,3}$), og hvilket forband det aktuelle treet står innenfor (F). På de 16 rutene er det målt 8.91 kvister pr. tre. Tilsammen er det målt 2139 kvister. Av dette materiale er følgende funksjon beregnet:



Figur 8. Kvisttykkelsen avsatt over forbandet.
Diameter of branch plotted against the spacing.

$$D_K = -1.354 + 1.627 \cdot F + 0.945 \cdot D_{1.3} + 0.898 \cdot H_K \quad \text{VIII-2}$$

$$\bar{R} = 0.731 \quad \bar{S} = \pm 2.6 \text{ mm} \quad): \pm 14.9 \% \text{ av } \bar{D}_K$$

Ved beregning av residualspredningen (\bar{S}) er antall observasjoner minus antall regresjonskoeffisienter benyttet som antall frihetsgrader. Kvistmålingene innen rute med samme forband og innen samme tre er selvsagt ikke uavhengige. Derfor er det antall frihetsgrader som er benyttet sikkert noe for høyt.

Denne regresjonen viser at kvisttykkelsen øker med økende forband og med økende diameter på treet. Dessuten øker kvistdiamteren med økende høyde over bakken (H_K), mellom 1.3 og 5 meter. Det er noe overraskende at trets diameter ved brysthøyde ($D_{1.3}$) er signifikant variabel i denne funksjon når også forband er med som variabel. Det er tidligere påvist en sterk korrelasjon mellom diameter og forband. Dessuten er kvisttykkelsen bare

målt på de 15 grøvste trær pr. rute, slik at variasjonen i diameter er mindre enn om kvisten på alle trær var målt.

Dersom kvistdiameteren (D_K) beregnes som funksjon av bare diameteren ($D_{1,3}$) får vi følgende koeffisienter:

$$D_K = 0.0934 + 1.285 \cdot D_{1,3} \quad \text{VIII-3}$$

$$\bar{R} = 0.616 \quad \bar{S} = \pm 3.0 \text{ mm} \quad): \pm 17.3 \% \text{ av } \bar{D}_K$$

I figur 9 er funksjon VIII—3 tegnet inn sammen med midlere kvistdiameter for hvert av de 240 trær hvor kvisten er målt. Det plottede materialet skjuler den variasjon som skyldes at kvistdiameteren varierer med kvistens høyde over marken. Det er relativt høy korrelasjon ($R = 0.616$) mellom treetts brysthøydediameter og kvistens tykkelse. Men kvisttykkelsen er, som funksjon VIII—2 viser, også avhengig av forband og hvor på treet kvisten sitter. Men det er også variasjon i kvisttykkelse som ikke forklares av disse tre variable. Av mulige årsaker er det her rimelig å fremheve den genetiske variasjon mellom trær.

I figur 10 er sammenhengen mellom kvisttykkelse (D_K) og kvistens høyde over marken (H_K) angitt. Materialet er gruppert etter forband.

For hvert forband er kvisttykkelsen beregnet som funksjon av kvistens høyde over marken.

Forband 1.2

$$D_K = 11.306 + 1.163 \cdot H_K \quad \text{VIII-4}$$

$$\bar{R} = 0.524 \quad \bar{S} = \pm 2.6 \text{ mm} \quad): 17.2 \% \text{ av } \bar{D}_K$$

Forband 1.8

$$D_K = 13.768 + 0.989 \cdot H_K \quad \text{VIII-5}$$

$$\bar{R} = 0.533 \quad \bar{S} = \pm 2.1 \text{ mm} \quad): \pm 12.8 \% \text{ av } \bar{D}_K$$

Forband 2.4

$$D_K = 16.822 + 0.745 \cdot H_K \quad \text{VIII-6}$$

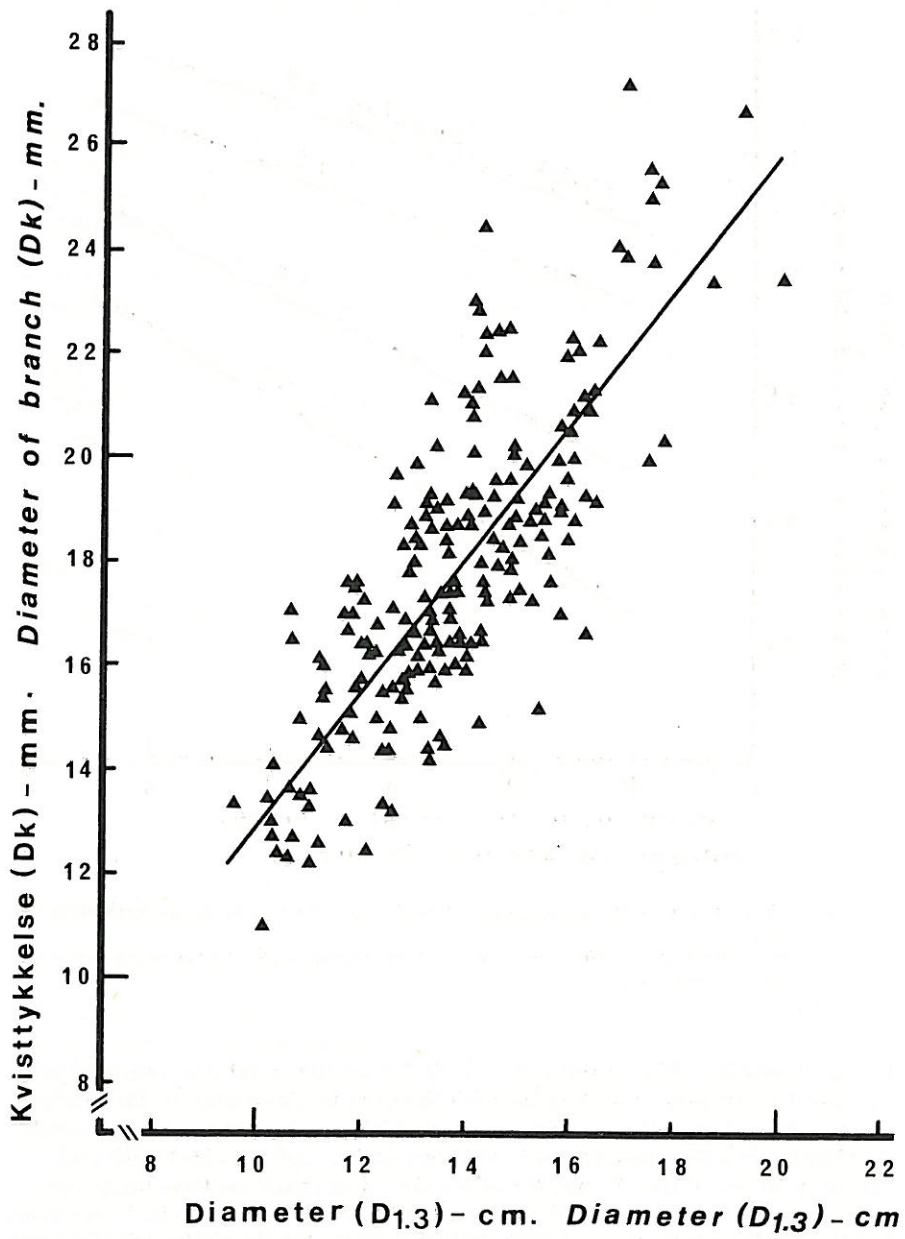
$$\bar{R} = 0.258 \quad \bar{S} = \pm 3.8 \text{ mm} \quad): \pm 20.0 \% \text{ av } \bar{D}_K$$

Forband 3.0

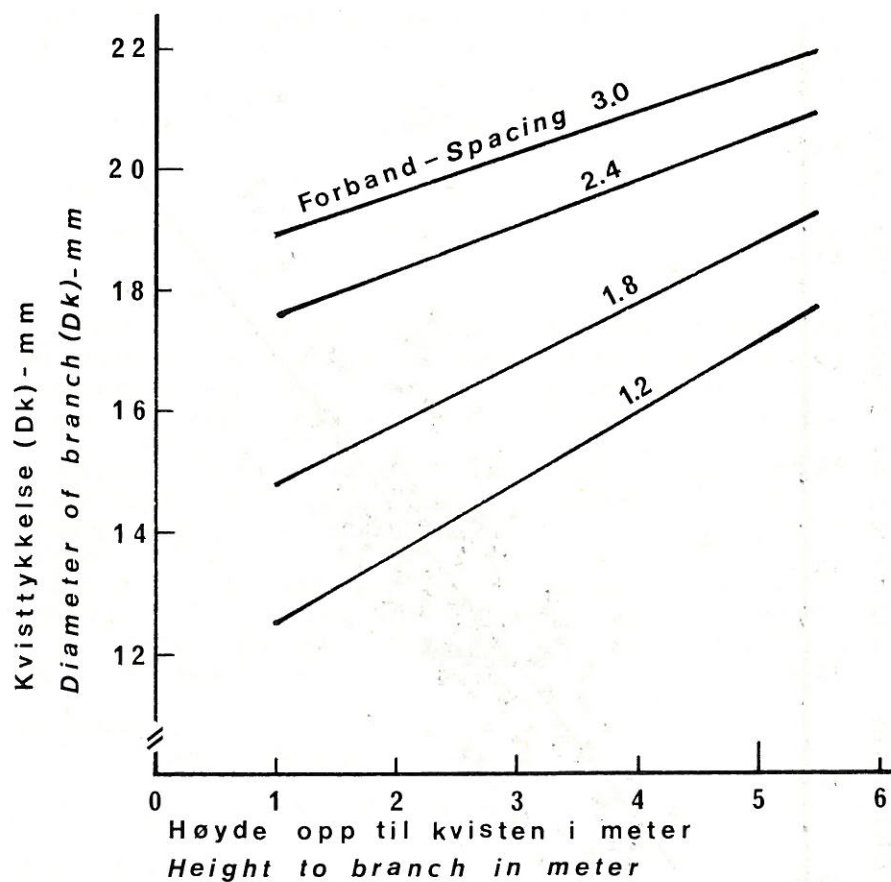
$$D_K = 18.293 + 0.656 \cdot H_K \quad \text{VIII-7}$$

$$\bar{R} = 0.265 \quad \bar{S} = \pm 3.2 \text{ mm} \quad): \pm 15.7 \% \text{ av } \bar{D}_K$$

Det er lav korrelasjon mellom kvisttykkelse og kvistens høyde over bakken, også når en regner dette innenfor de enkelte forband. Av funksjon VIII—2 og VIII—3 vet vi at kvisttykkelsen er relativt sterkt avhengig av



Figur 9. Gjennomsnittlig kvisttykkelse på hvert tre avsatt over treets diameter ved brysthøyde.
 Average diameter of the branches on each tree plotted against the diameter of the tree.



Figur 10. Kvisttykkelsens økning med økende høyde over marken for de fire forskjellige forband.
The increase of the branch diameter with increasing height to the branch on the four different spacings.

tree's diameter. For the spacings 1.2 and 1.8 there is a stronger relationship between branch diameter and branch height above ground than for the spacings 2.4 and 3.0. On the most dense spacing the branch diameter has increased the most. Several of the green branch whorls will be stressed by lack of light. On the most dense spacing there is therefore the thickest branch sitting relatively high up in the crown. This leads therefore to a relatively high correlation between branch diameter and branch height above ground. On the larger spacing the branch diameter has only just begun to increase. This leads to the fact that we find the thickest branch sitting high up in the crown. When the branch is measured up to 5 m above ground, a linear function will give a low correlation between branch diameter and branch height above ground.

IX. Skaden i oktober 1976

A. Klimaforholdene

I perioden 13. til 24. oktober 1976 kom det på Østlandet store mengder nedbør. I enkelte lokaliteter kom nedbøren som regn, andre steder som våt snø og i høyereliggende strøk som tørrere snø. Dessverre er det ingen observasjoner av nedbøren på selve feltet, eller fra de helt nære lokaliteter. Nærmeste nedbørstasjon finnes i Jeppedalen, som ligger 4 km syd for forsøksfeltet. Nedbørstasjonen ligger 480 m. o. h. og forsøksfeltet ligger 350 m. o. h. En antar at nedbørstallene og snømålingene fra Jeppedalen gir et akseptabelt bilde av forholdene på forsøksfeltet.

Tabell 2

Nedbørstall og snødybde i Jeppedalen i Hurdal i tiden 13. til 31. oktober 1976.

Precipitation and snowdepth in Jeppedalen in Hurdal in the period from the 13. to 31. of October 1976.

Dato - Date	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Nedbør - Precipitation mm		23	34	34	39	17	16	13	8	11
Snødybde - Snowdepth cm		14	25	22	45	58	58	60	50	40

Dato - Date	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Nedbør - Precipitation mm	6	1	5	0	0	0	0	1	7
Snødybde - Snowdepth cm	34	30	26	24	24	23	23	24	25

I tabell 2 er nedbørmengde i mm og snødybden i cm for tiden 13. til 31. oktober gjengitt. Både nedbør og snødybde blir registrert kl. 8 hver morgen. Den nedbør som står oppført under den 14. oktober er derfor summen av den nedbør som kom dagen og natten før. Snøfallet startet på ettermiddagen den 13. oktober.

Tabell 2 viser at vi fikk store nedbørmengder fra den 13. oktober til og med den 23. oktober. Særlig stor var nedbøren de 4 første døgn. Snødybden øker først fra 14 til 25 cm. Men den 16. synker den igjen til 22 cm. Dette betyr at nedbøren dette døgnet kom som regn. Men selv om ikke dette bidro til å øke snødybden, må en regne med at store deler av regnvannet ble tatt opp av snøen slik at tyngden økte. Snødybden øker fram til den 20. oktober, da den er 60 cm. Deretter ser en at snødybden avtar gradvis fram til 31. oktober, da den igjen er nede i 25 cm. Den våte snøen ble sittende godt fast i

trekronene og snøtrykket har øket fra dag til dag i perioden 13. til 20. oktober.

Hverken på forsøksfeltet eller i Jeppedalen er det foretatt vindmålinger. Nærmeste stasjon som måler vindstyrke er Gardermoen. I luftlinje er det ca. 30 km mellom Gardermoen og forsøksfeltet, samtidig som feltet ligger ca. 180 m høyere enn stasjonen. Det er derfor klart at den vindstyrke som måles på Gardermoen bare gir en antagelse om vindstyrken på selve forsøksfeltet. På Gardermoen er vindstyrken den 13. til 15. oktober registrert som «laber bris» — vindstyrke 4 etter Beauforts skala dvs. 5.4—7.9 m/sek. Den 16. til 20. oktober er vindstyrken registrert som «lett bris» — vindstyrke 3 etter Beauforts skala dvs. 3.4—5.4 m/sek. Denne vindstyrke fører til at snøen kommer skrått inn mot trekronene, og snøen kan derfor avsette seg ensidig på kronene. Når kronene etter hvert blir nedpakket med våt, tung snø, er det mulig at også vindstyrke «lett til laber bris» vil være en medvirkende årsak til at treet knekker.

B. Prosent skadde trær

I tabell 3 er treantallet på rutene før skaden angitt. Videre er antall skadde trær i absolutte og relative tall gjengitt. Ved revisjonen har en satt igjen de skadde trær som ble bedømt til å ha en reell sjanse til å overleve (stående-skadde trær). I tabell 3 har en derfor også gjengitt antall felte-skadde trær og antall stående-skadde trær.

I gjennomsnitt for de enkelte forband har prosent skadde trær følgende verdier:

F m	Prosent skadde trær
1.2	61.3
1.8	37.2
2.4	22.9
3.0	18.7

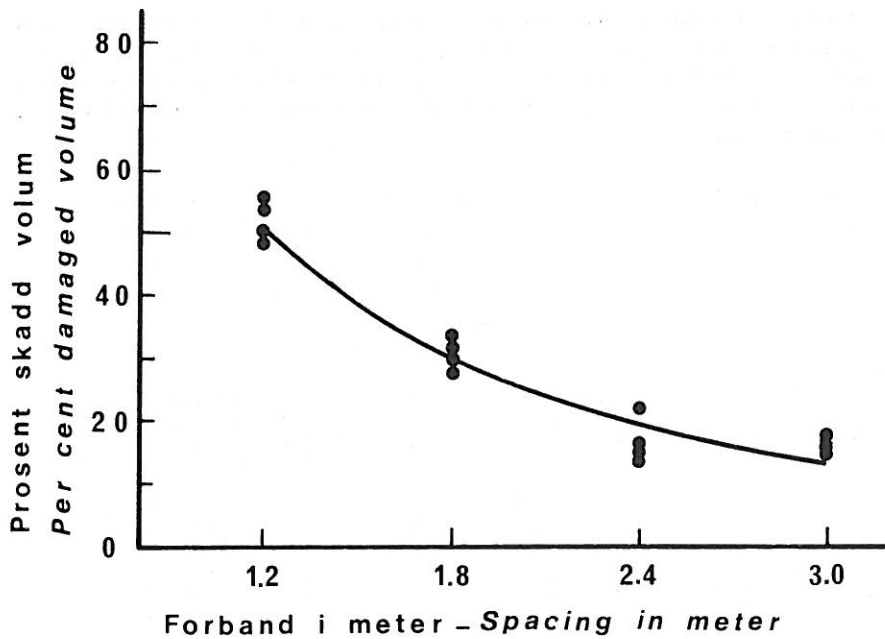
En variansanalyse viser at det er signifikant forskjell ($P < 0.001$) i prosent skadde trær mellom forband. Med Newman — Keul's metode (Spjøtvoll 1974) $P = 0.05$ påvises det signifikant forskjell i prosent skadde trær mellom forband 1.2 og 1.8 m. Videre mellom forband 1.8 og 2.4 m. Derimot er det ikke signifikant forskjell i prosent skadde trær mellom forbandene 2.4 og 3.0 m.

I figur 11 er prosent skadde trær redusert for variasjon p. g. a. rekke og kolonne i det latinske kvadrat plottet over forband. På grunnlag av disse data er følgende regresjon beregnet.

$$\text{Prosent skadde trær} = y = -11.714 + 87.596 \cdot \frac{1}{F} \quad \text{IX-1}$$

$$\bar{R} = 0.975 \quad \bar{S} = \pm 5.3 \% \quad): \pm 15.2 \% \text{ av } \bar{y}$$

Denne regresjon er lagt inn i figur 11.



Figur 11. Prosent skadde trær på ruter med forskjellig forband.
Per cent damaged trees on plots with different spacing.

Materialet viser at det er en sterk sammenheng mellom forband og prosent skadde trær. Når forbandet øker, avtar skaden betydelig helt til en når forband på 2.4. Det relative antall skadde trær synker ikke i dette materiale om forbandet økes fra 2.4 til 3.0 m.

C. Prosent skadd volum

I tabell 4 er volum pr. ha før skaden angitt for de 16 rutene. Videre er volum av skadde trær og skadd volum i prosent av volum før skaden angitt. Som for treantallet er volum av skadde trær fordelt på felte-skadde trær og stående-skadde trær både i absolutte og relative tall.

I gjennomsnitt for de enkelte forband har prosent skadd volum følgende verdier:

F m	Prosent skadd volum
1.2	51.9
1.8	31.0
2.4	16.8
3.0	16.4

En variansanalyse viser at det er signifikant ($P < 0.001$) forskjell på prosent skadd volum mellom forband. Med Newman — Keul's metode (*Spjøtvoll* 1974) ($P = 0.05$) påvises forskjeller i prosent skadd volum mellom forbandene 1.2, 1.8 og 2.4, men det er ikke forskjell i prosent skadd volum mellom forbandene 2.4 og 3.0.

Tabell 3. Treantallet på rutene før skaden. Antall skadde trær, antall felte-skadde trær og antall stående-skadde trær. *The tree number on the plots before the damage. Number of damaged trees, number of felled-damaged trees and number of standing-damaged trees.*

Forband	Rute	N ₁	Skadde trær	% skadde trær	Felte-skadde trær	% felte-skadde trær	Stående-skadde trær	% stående-skadde trær
Spacing	Plot	N ₁	Damaged trees	Per cent damaged trees	Felled-damaged trees	Per cent felled-damaged trees	Standing-damaged trees	Per cent standing-damaged trees
2.4	1	2225	475	21.4	225	10.1	250	11.2
3.0	2	1225	250	20.4	50	4.1	200	16.3
1.2	3	5825	3975	68.2	3150	54.1	825	14.2
1.8	4	3375	1150	34.1	875	25.9	275	8.1
1.2	5	5750	3650	63.5	2500	43.5	1150	20.0
1.8	6	2875	925	32.2	400	13.9	525	8.3
2.4	7	2100	450	21.4	300	14.3	150	7.1
3.0	8	1350	200	14.8	125	9.3	75	5.6
3.0	9	1175	250	21.3	50	4.3	200	17.0
1.2	10	5025	3250	64.7	2400	47.8	850	16.9
1.8	11	3050	1200	39.3	775	25.4	425	13.9
2.4	12	2050	575	28.1	375	18.3	200	9.8
1.8	13	3075	1325	43.1	850	27.6	475	15.4
2.4	14	1575	325	20.6	200	12.7	125	7.9
3.0	15	1375	250	18.2	75	5.5	175	12.7
1.2	16	6050	2950	48.8	2150	35.5	800	13.2

I figur 12 er prosent skadd volum på de 16 rutene, redusert for variasjon i kolonne og rekke i det latinske kvadrat, tegnet opp over forbandet.

På grunn av disse data er det beregnet følgende regresjonsanalyse.

$$\text{Prosent skadd volum} = y = -11.355 + 75.526 \cdot \frac{1}{F} \quad \text{IX-2}$$

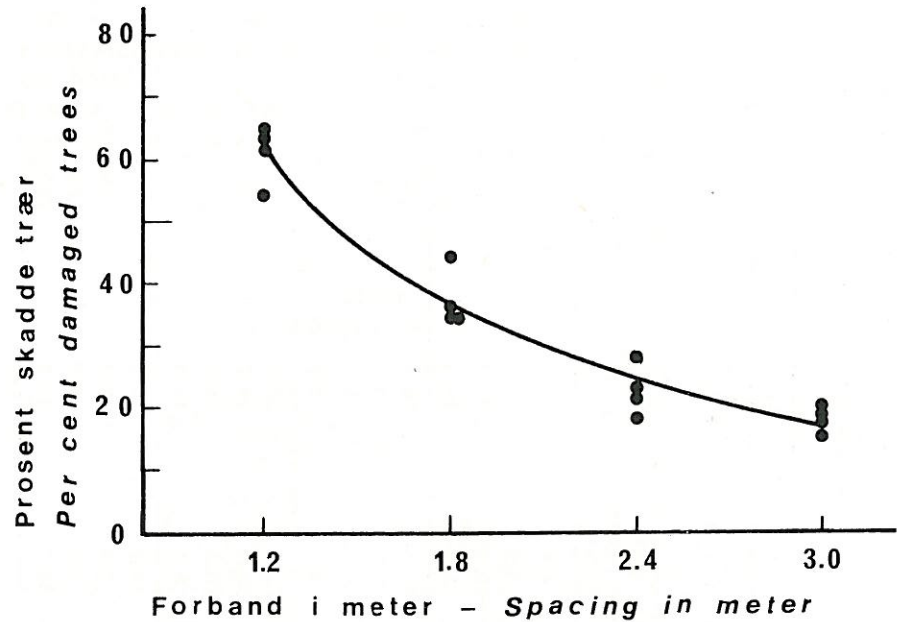
$$\bar{R} = 0.973$$

$$\bar{S} = \pm 4.8 \%$$

$$): \pm 16.6 \% \text{ av } \bar{y}$$

Tabell 4. Volum (m³) på rutene før skaden. Volum av skadde trær, av felte-skadde trær og av stående-skadde trær.
 Volume (m³/ha) on the plots before the damage. Volume of damaged trees of felled-damaged trees and of standing-damaged trees.

Rute Plot	For- band Spacing	Volum av skadde trær i % av volum før skade		Volum av felte-skadde trær i % av skadde trær		Volum av felte-skadde trær i % av volum før skade		Volum av stående-skadde trær i % av volum før skade	
		Volume of damaged trees before damage	Volume of damaged trees in per cent of volume before damage	Volume of felled-damaged trees before damage	Volume of felled-damaged trees in per cent of volume before damage	Volume of standing-damaged trees before damage	Volume of standing-damaged trees in per cent of volume before damage		
1	2.4	127.0	21.2	16.7	6.1	4.8	15.1	11.9	11.9
2	3.0	82.7	16.5	19.9	2.9	3.5	13.6	16.4	16.4
3	1.2	156.4	91.8	58.7	63.0	40.3	28.8	18.4	18.4
4	1.8	116.3	30.8	26.5	20.2	17.4	10.6	9.1	9.1
5	1.2	157.2	87.6	55.7	49.5	31.5	38.1	24.2	24.2
6	1.8	138.1	37.6	27.3	10.6	7.7	27.0	19.6	19.6
7	2.4	110.6	18.5	16.7	10.2	9.2	8.4	7.6	7.6
8	3.0	90.8	9.4	10.4	4.1	4.5	5.3	5.8	5.8
9	3.0	77.1	14.9	19.3	1.4	1.8	13.5	17.5	17.5
10	1.2	154.1	81.9	53.1	47.3	30.7	34.6	22.5	22.5
11	1.8	119.0	36.8	30.9	18.0	15.1	18.9	15.9	15.9
12	2.4	111.0	21.8	19.6	9.7	8.7	12.1	10.9	10.9
13	1.8	139.2	45.4	32.6	19.9	14.3	25.5	18.3	18.3
14	2.4	103.1	14.5	14.0	5.6	5.4	8.9	8.6	8.6
15	3.0	74.1	11.7	15.8	2.0	2.7	9.7	13.1	13.1
16	1.2	149.5	60.1	40.2	37.0	24.7	23.1	15.5	15.5



Figur 12. Prosent skadd volum på ruter med forskjellig forband.
Per cent damaged volume on plots with different spacing.

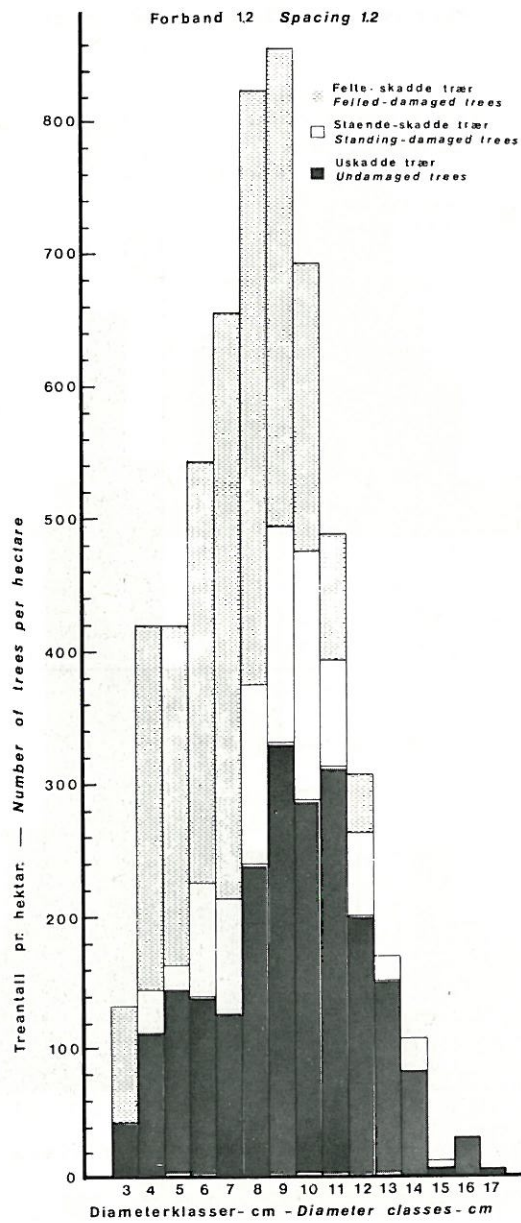
Beregningene viser at prosent skadd volum avtar sterkt når forbandet øker fra 1.2 til ca. 2.4 meter. Skaden avtar ikke om forbandet øker ytterligere.

D. Diameterfordeling

For hver av rutene er antall felte-skadde trær, antall stående-skadde trær og antall uskadde trær fordelt til 1 cm diameterklasser. Ruter med samme forband er slått sammen.

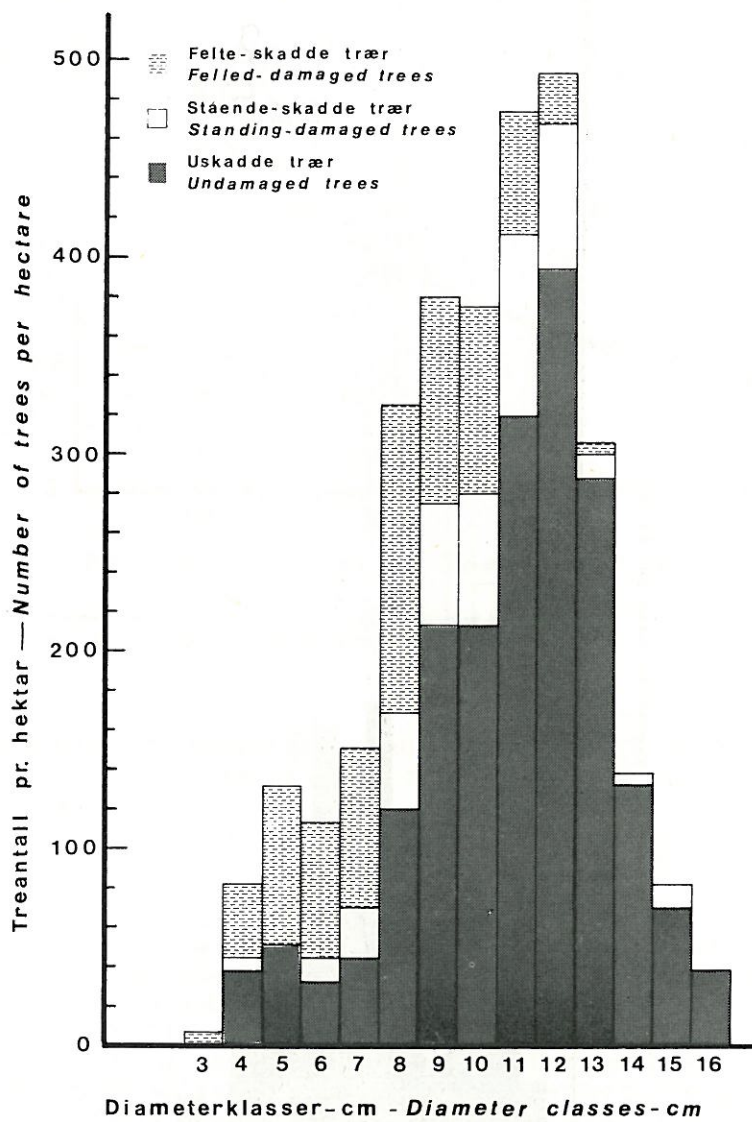
I figurene 13, 14, 15 og 16 er resultatene av denne beregning gjengitt. Søylediagrammene viser antall trær pr. ha i hver diameterklasse fordelt på de tre kategorier: felte-skadde trær, stående-skadde trær og uskadde trær.

For alle forband er det bare i de små og midlere diameterklasser en finner felte-skadde trær. Stående-skadde trær, dvs. trær med små skader er noe mer fordelt over alle diameterklasser, men også her er tendensen at en finner de fleste skader blant de små og middelstore trær. Fordi skaden er størst blant de minste trær vil middeldiameteren øke etter skaden. Middeldiameteren for alle trær før skaden ($D_{1,3f}$) og middeldiameteren for uskadde trær pluss stående-skadde trær ($D_{1,3e}$) har for de fire forband følgende verdier:

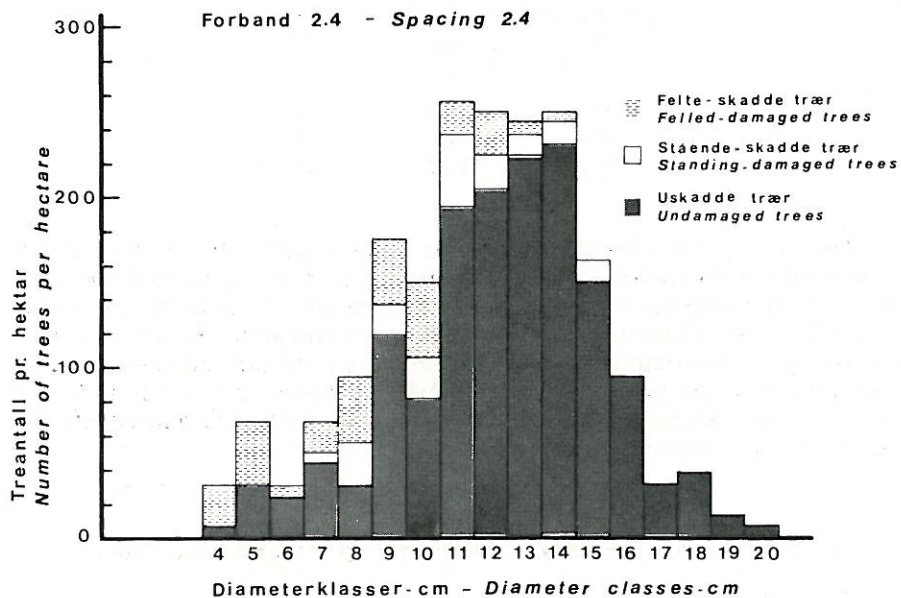


Figur 13. Antall felle-skadde trær, stående-skadde trær og uskadde trær pr. ha fordelt på diameterklasser. Middell for fire ruter med forband 1.2 meter.
 Number of felled-damaged trees, standing-damaged trees and undamaged trees per hectare distributed on diameterclasses. Average for four plots with spacing 1.2 meter.

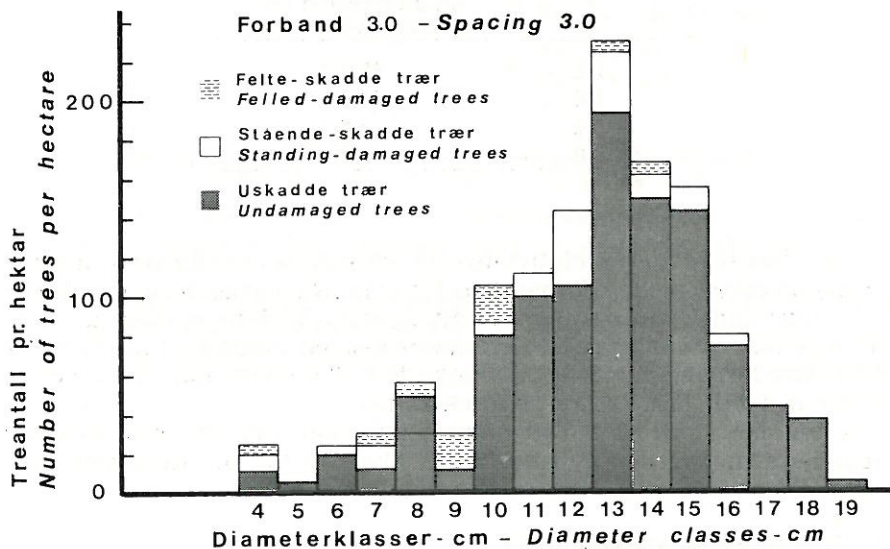
Forband 1.8 - Spacing 1.8



Figur 14. Antall felte-skadde trær, stående-skadde trær og uskadde trær pr. ha fordelt på diameterklasser. Middell for fire ruter med forband 1.8 meter.
 Number of felled-damaged trees, standing-damaged trees and undamaged trees per hectare distributed on diameterclasses. Average for four plots with spacing 1.8 meter.



Figur 15. Antall felte-skadde trær, stående-skadde trær og uskadde trær pr. ha fordelt på diameterklasser. Middell for fire ruter med forband 2,4 meter.
Number of felled-damaged trees, standing-damaged trees and undamaged trees per hectare distributed on diameterclasses. Average for four plots with spacing 2.4 meter.



Figur 16. Antall felte-skadde trær, stående-skadde trær og uskadde trær pr. ha fordelt på diameterklasser. Middell for fire ruter med forband 3,0 meter.
Number of felled-damaged trees, standing-damaged trees and undamaged trees per hectare distributed on diameterclasses. Average for four plots with spacing 3.0 meter.

F m	D _{1,3f} cm	D _{1,3e} cm
1.2	8.6	9.5
1.8	10.4	11.0
2.4	12.1	12.5
3.0	12.8	13.0

Økningen i diameter etter skaden er størst for de forband som har hatt størst skade. Skadefrekvensen er størst for de små og middelstore trær. Skadebildet antyder at vinden har hatt liten betydning for skadens størrelse. Dvs. det er rimelig å tro at dette er en ren snøskade. Som nevnt er det mangelfulle opplysninger om vindforholdene i den aktuelle periode. Men det antas at vindstyrken har ligget i nærheten av «lett til laber bris». Ved en sterkere påvirkning av vind skulle en ha ventet at også relativt grøvere trær ville blitt rotveltet eller fått stammebrekk.

E. Lengden av avbrukken stammedel og bruddstedets diameter

1. Rotvelter

En del av de skadde trær er rotvelter. Nedenfor er det angitt hvor mange prosent av de skadde trær som er rotvelter på de forskjellige forband.

F m	Antall rotvelter i % av alle skadde trær
1.2	28.6
1.8	29.9
2.4	17.8
3.0	5.5

Det viser seg at det er relativt mye rotvelter på de tette forband. Men det er ingen forskjell mellom forbandene 1.2 og 1.8. Når forbandet øker til 2.4 og 3.0 synker andelen av rotvelter sterkt. Årsaken til dette er trolig at på de tette forband vil trærne presse hverandre ned når snøtrykket blir stort. På de tettere forband har det blitt markerte huller i bestandet. Innen disse huller er det de fleste rotvelter forekommer.

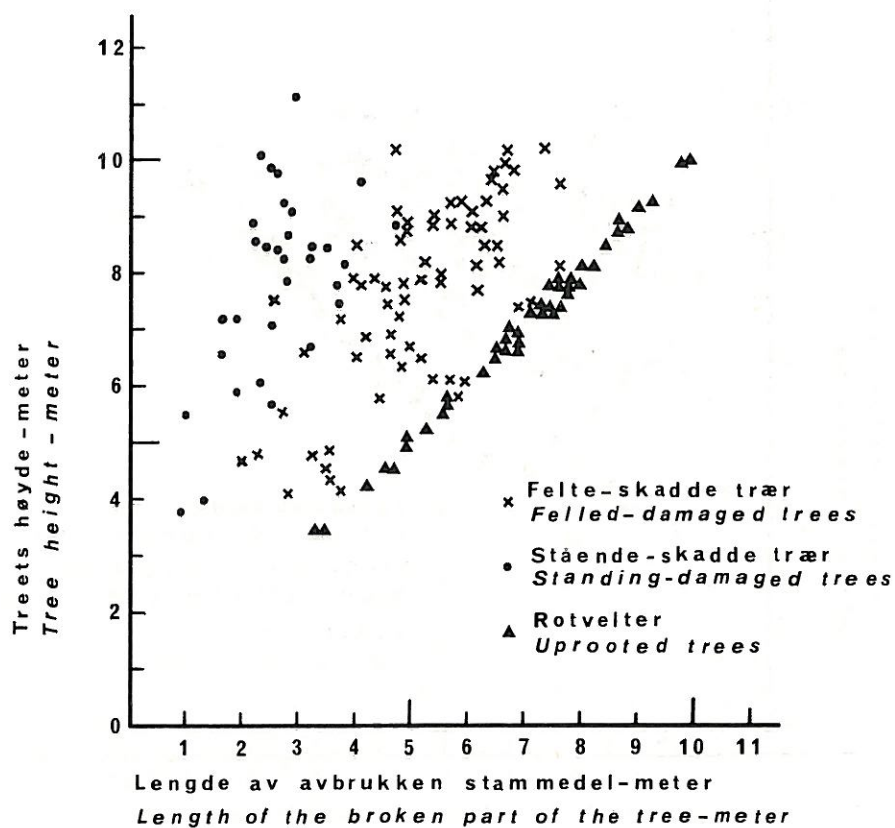
I figurene 17 til 23 er rotveltene tegnet inn. Det går fram av disse figurene at frekvensen av rotvelter er like stor for alle trehøyder i bestandet.

2. Toppbrekk og stammebrekk

På alle toppbrekk og stammebrekk er lengden av avbrukken stammedel målt. Dette er lengden fra toppen av treet ned til bruddstedet. Ved revisjonen er det vurdert om de skadde trær har sjanse til å overleve.

Forband 1.2 - Spacing 1.2

Rute 3 Plot 3

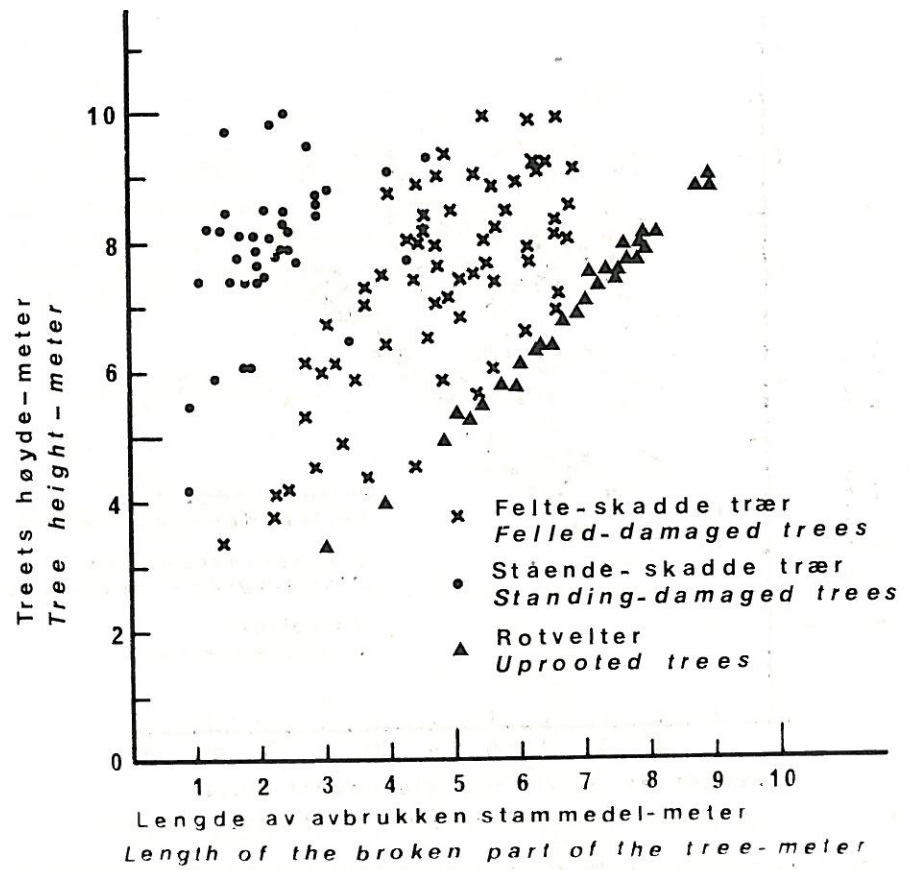


Figur 17. Høyden av felte-skadde trær og stående-skadde trær avsatt over lengden av avbrukken stammedel. I figuren er også lengden av rotveltede trær avsatt.
Tree height of felled-damaged trees and standing-damaged trees plotted against the length of the broken part of the tree. The length of uprooted trees is also plotted in the figure.

Forband 1.2 - Spacing 1.2

Rute 5

Plot 5



Figur 18. Høyden av felte-skadde trær og stående-skadde trær avsatt over lengden av avbrukken stammedel. I figuren er også lengden av rotveltede trær avsatt.
 Tree height of felled-damaged trees and standing-damaged trees plotted against the length of the broken part of the tree. The length of uprooted trees is also plotted in the figure.

Forband 1.2 - Spacing 1.2

Rute 10 Plot 10

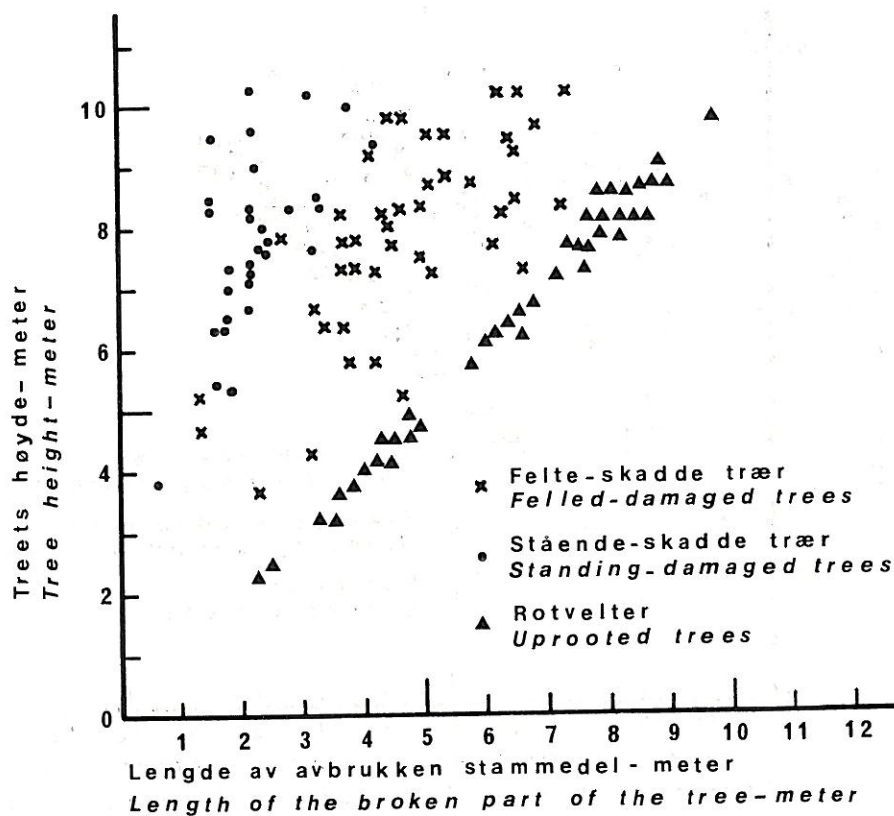
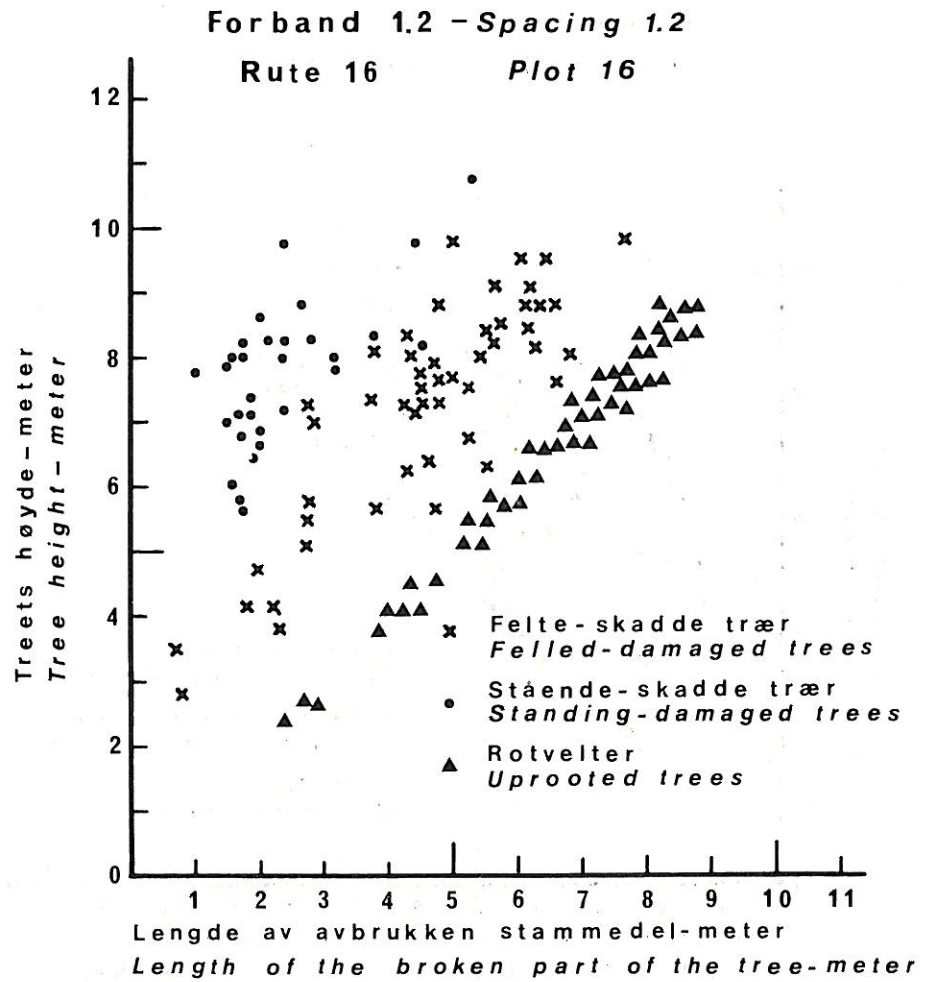


Figure 19. Høyden av felte-skadde trær og stående-skadde trær avsatt over lengden av avbrukken stammedel. I figuren er også lengden av rotveltede trær avsatt.
 Tree height of felled-damaged trees and standing-damaged trees plotted against the length of the broken part of the tree. The length of uprooted trees is also plotted in the figure.



Figur 20. Høyden av felte-skadde trær og stående-skadde trær avsatt over lengden av avbrukken stammedel. I figuren er også lengden av rotveltede trær avsatt.
Tree height of felled-damaged trees and standing-damaged trees plotted against the length of the broken part of the tree. The length of uprooted trees is also plotted in the figure.

Forband 1.8 — Spacing 1.8

Rute 4-6-11-13. — Plot 4-6-11-13.

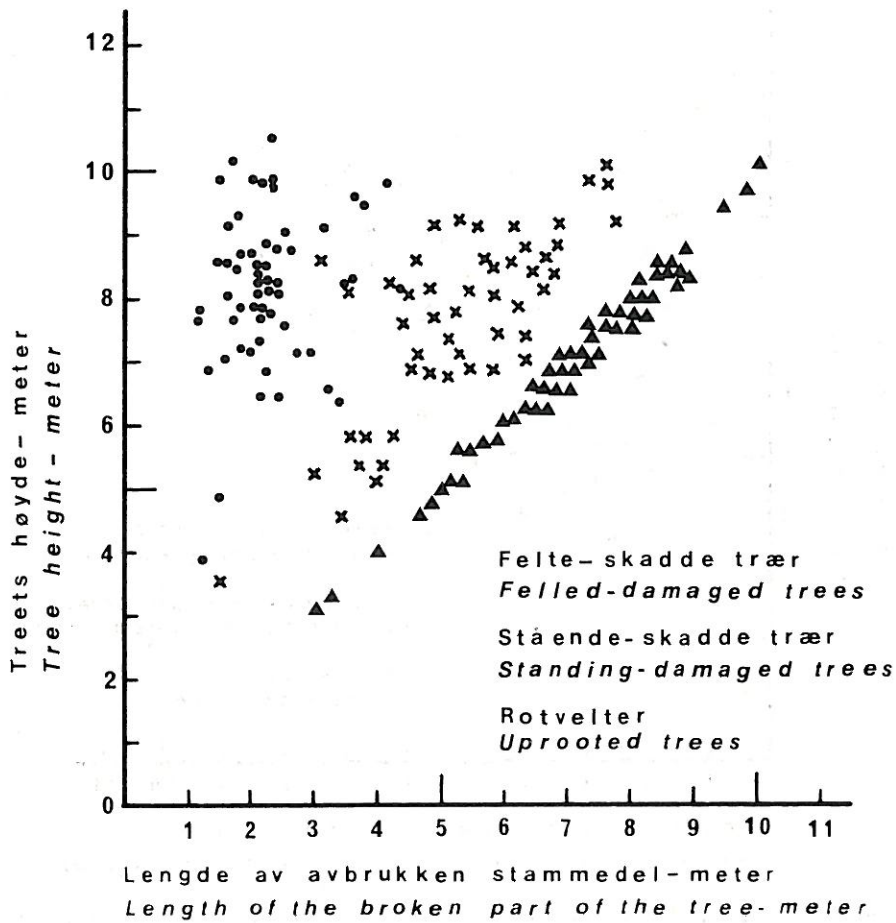
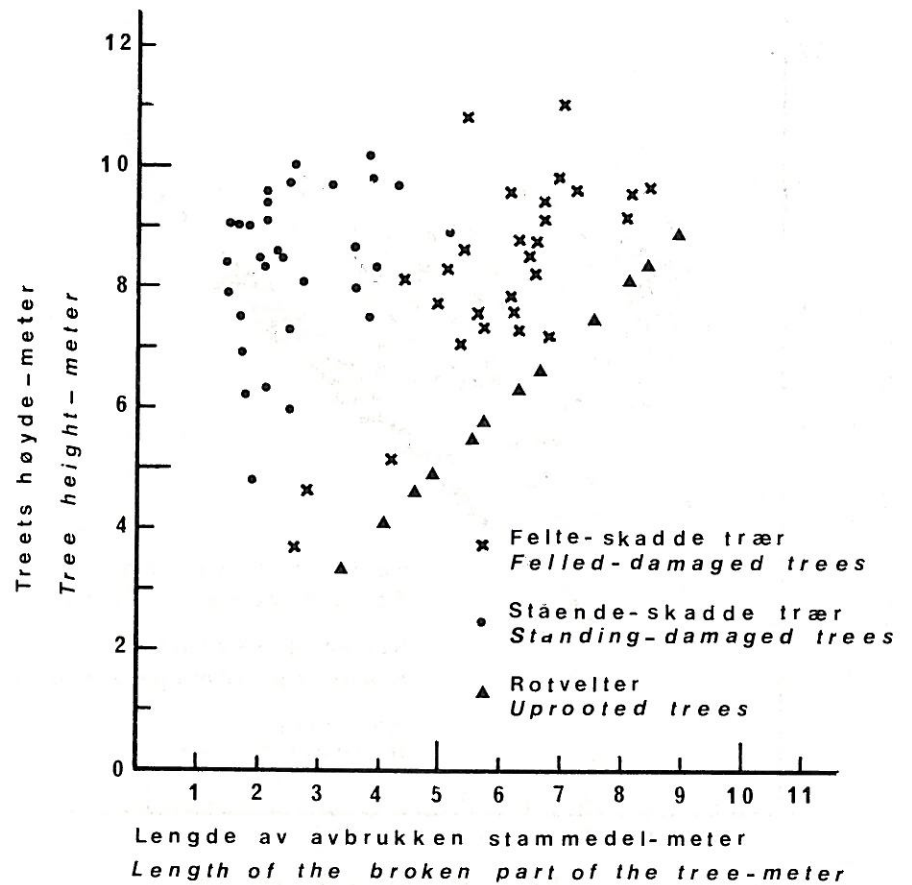


Figure 21. Høyden av felte-skadde trær og stående-skadde trær avsatt over lengden av avbrukken stammedel. I figuren er også lengden av rotveltede trær avsatt.
Tree height of felled-damaged trees and standing-damaged trees plotted against the length of the broken part of the tree. The length of uprooted trees is also plotted in the figure.

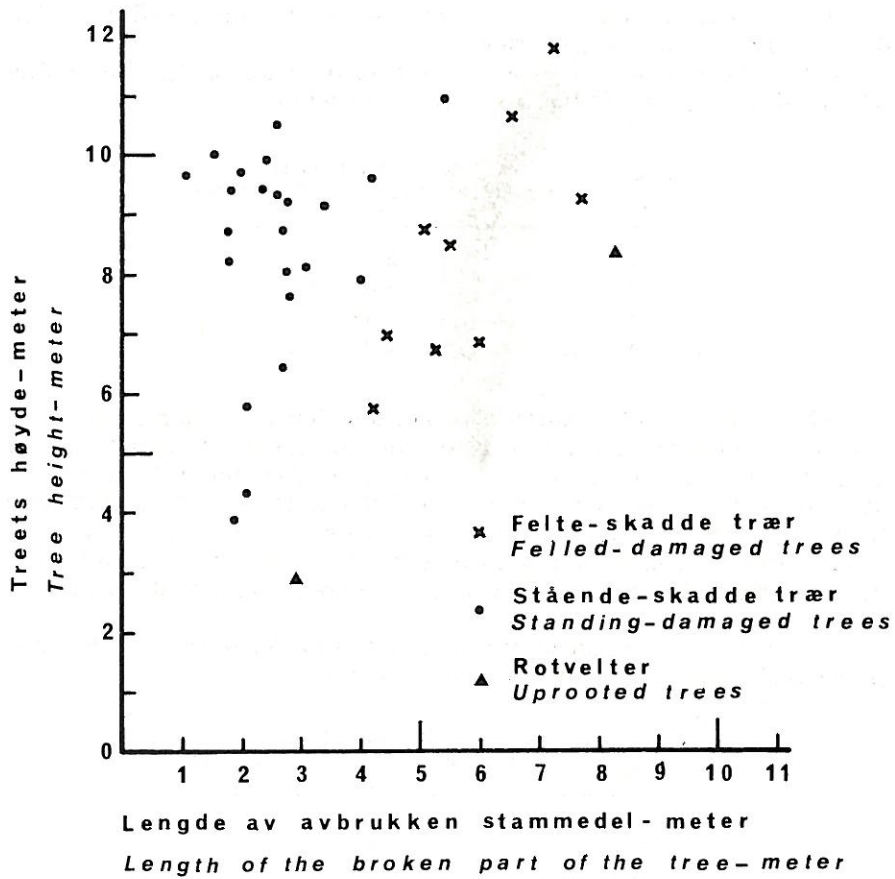
Forband 2.4 - Spacing 2.4

Rute 1-7-12-14 — Plot 1-7-12-14



Figur 22. Høyden av felte-skadde trær og stående-skadde trær avsatt over lengden av avbrukken stammedel. I figuren er også lengden av rotveltede trær avsatt.
Tree height of felled-damaged trees and standing-damaged trees plotted against the length of the broken part of the tree. The length of uprooted trees is also plotted in the figure.

Forband 3.0 — Spacing 3.0
Rute 2-8-9-15 — Plot 2-8-9-15



Figur 23. Høyden av felte-skadde trær og stående-skadde trær avsatt over lengden av avbrukken stammedel. I figuren er også lengden av rotveltede trær avsatt.
Tree height of felled-damaged trees and standing-damaged trees plotted against the length of the broken part of the tree. The length of uprooted trees is also plotted in the figure.

Dersom den igjensittende barmasse er antatt å være så stor at treet muligens kan leve videre er det satt igjen (stående-skadde trær). De øvrige skadde trær er felt. (felte-skadde trær).

Figurene 17 til 23 viser sammenhengen mellom treet's lengde og lengden av avbrukken stammedel for stående-skadde trær og felte-skadde trær.

Blant de stående-skadde trær har de fleste trær toppbrekk kortere enn 3 meter. De stående-skadde trær vil bli observert i de nærmeste år for å få data om deres sjanse til å overleve.

Gjennomsnittlig lengde av avbrukken stammedel for stående-skadde trær på de forskjellige forband er gjengitt nedenfor.

F m	Stående-skadde trær Lengde av avbrukken stammedel m
1.2	2.35
1.8	2.50
2.4	2.47
3.0	3.05

Det er signifikant ($P = 0.01$) forskjell på lengden av avbrukken stammedel mellom forband. På ruter med stort forband er det satt igjen trær med lengere toppbrekk enn på ruter med lite forband. Årsaken til dette er trolig at kronelegden er økende med økende forband. De enkelte skadde trær tåler derfor lengere toppbrekk før de blir vurdert som ødelagt. At de felte-skadde trær har lengere toppbrekk enn de stående-skadde trær går tydelig fram av figuren. Figurene 17 til 23 viser også at det er sammenheng mellom toppbrekkens lengde og lengden av treet.

Gjennomsnittlig lengde av avbrukken stammedel for felte-skadde trær på de forskjellige forband er gjengitt nedenfor.

F m	Felte-skadde trær Lengde av avbrukken stammedel m
1.2	4.8
1.8	5.5
2.4	6.0
3.0	5.7

Det er en tendens til at lengden av toppbrekkene øker med økende forband også for de felte-skadde trær, men forskjellen mellom forband er ikke signifikant.

Dersom de stående-skadde trær skal overleve må den delen av kronen som sitter igjen ha så stor barmasse at assimilasjonen blir stor nok til å opprettholde liv i røttene. Det er videre mulig at den delen av kronen, som settes igjen i vesentlig grad består av skyggenåler som kan ødelegges i det treet etter skaden blir utsatt for større lysmengde.

En annen viktig faktor ved vurdering av treets muligheter til å overleve er bruddstedets diameter. Når diameteren ved bruddstedet øker, vil risikoen for soppangrep øke. Når bruddstedets diameter er mindre enn 4—5 cm blir det i regelen ikke råte i såret. (*Lagerberg 1919*).

Gjennomsnittlig diameter ved bruddstedet for stående-skadde trær er nedenfor gjengitt for de forskjellige forband.

F m	Stående-skadde trær Diameter ved bruddstedet cm
1.2	3.4
1.8	3.5
2.4	3.8
3.0	4.2

I gjennomsnitt er bruddstedets diameter for stående-skadde trær av en slik størrelse at det skulle gi små råteangrep. Men for enkelte av de stående-skadde trær er diameter ved bruddstedet så stor at en må forvente angrep av råtesopper. For dette forsøket planlegges det at de stående-skadde trær skal observeres og senere råteangrep analyseres.

I tabell 5 er antall uskadde trær pluss antall stående-skadde trær pr. ha (N_3) satt opp. Dette viser hvordan feltenes tetthet varierer med økende forband etter skaden.

Forband 1.2 har nå i middel 3113 trær pr. ha, dvs forband 1.8 m. De ruter som ble plantet med forband 1.8 har nå 2369 trær pr. ha dvs. forband 2.1 m.

Rutene som ble plantet med forband 2.4 har etter skaden fremdeles 1713 trær pr. ha som tilsvarer forband 2.4 m.

De rutene som ble plantet med forband 3.0 har nå 1206 trær pr. ha. Dette tilsvarer forband 2.9 m. Når forbandet her er mindre enn 3.0 m skyldes dette at en ved anlegg av rutene ikke har nøyaktig det halve forband mellom første og siste rekke i rutene og rutens begrensning.

Tabell 5 viser at forsøket videre framover representerer forbandene fra 1.8 til 3.0 m. Skadene har ført til at det er blitt mindre forskjell mellom rutene, men fortsatt er det nesten tre ganger større treantall på de tette ruter sammenlignet med de glisne ruter.

Det er en selvfølge at dette forsøket skal følges videre.

Tabell 5.

Antall uskadde trær pluss antall stående-skadde trær
pr. ha (N_3).

*Number of undamaged trees added to the number of
standing-damaged trees per hectare (N_3).*

Forband <i>Spacing</i>	Rute <i>Plot</i>	N_3	Forband <i>Spacing</i>
1.2	3	2675	
1.2	5	3250	
1.2	10	2625	
1.2	16	3900	
	Middel <i>Average</i>	3113	1.8
1.8	4	2500	
1.8	6	2475	
1.8	11	2275	
1.8	13	2225	
	Middel <i>Average</i>	2369	2.1
2.4	1	2000	
2.4	7	1800	
2.4	12	1675	
2.4	14	1375	
	Middel <i>Average</i>	1713	2.4
3.0	2	1175	
3.0	8	1225	
3.0	9	1125	
3.0	15	1300	
	Middel <i>Average</i>	1206	2.9

X. Diskusjon

Totalproduksjon

I det forsøk som er analysert i dette arbeide, er det funnet at totalproduksjonen ved 28 års alder synker med økende forband. Dette er også det generelle resultat i tidligere publikasjoner om forbandsforsøk i gran. Bare når en begynner å diskutere hvordan mengden av nyttbart volum varierer med økende forband kan det bli noen uoverensstemmelser. Dette skyldes primært en varierende definisjon av hva som er nyttbart volum.

Diamtertilveksten

I det aktuelle forsøk er det en signifikant øking av middeldiamteren ved 28 år med økende forband. Dette stemmer med resultater fra tidligere forbandsforsøk. Men i flere av disse forsøk er det påvist at når bestandene på de enkelte forband slutter seg, blir diamtertilveksten den samme på alle forband.

Overhøydens utvikling

I dette forsøk er det påvist at overhøyden på forband 1.2 er lavere enn på de andre forband. Videre er det en tendens til at forband 2.4 har større overhøyde enn forbandene 1.8 og 3.0, men dette er ikke statistisk signifikant.

Hamilton and Christie (1974) har funnet at overhøyden avtar svakt når forbandet øker.

Wiksten (1965) finner at overhøyden øker svakt med økende forband. Overhøyden er her definert som de 10 % grøvste trær. I de tette bestand vil derfor flere trær inngå i beregningen av overhøyden.

Braastad (1970) kunne ikke finne at overhøyden varierte med forbandet.

I mange forsøk er ikke overhøydens variasjon med økende forband diskutert. En kan derfor ikke uttale noe sikkert om hvordan økt forband påvirker overhøyden. Heller ikke når det gjelder hvordan tynningsstyrken påvirker overhøyden, er det enda påvist noen sikker sammenheng. (*Braastad & Tveite* 1977 og *Vestjordet* 1977).

Middelhøyden

I flere forsøk er det funnet at middelhøyden øker med økende forband. Men dette kan i relativt stor grad være avhengig av at det større treantall på dette forband påvirker den beregnede middelhøyde. Middelhøyden vil ikke så godt som overhøyden avspeile reelle forskjeller i høydevekst mellom forband.

Kvisttykkelsen

I dette forsøk er det funnet at kvisttykkelsen øker signifikant med økende forband. På de største forband er kvisttykkelsen allerede i nærheten av 20 mm og fordi trærne har grønne grener helt ned til 0.5—1.0 meter over marken, vil den registrerte kvisttykkelse øke.

Forskjellige kvalitetskriterier, men særlig kvisttykkelsen og kvistmengden er diskutert i de fleste arbeider om forbandsforsøk. Særlig i Tyskland har det blitt lagt vekt på kvalitetsundersøkelser i de siste årene.

Kvisttykkelsen er undersøkt både i kvadratforband, rektangelforband og rekkeforband. Liten avstand mellom trærne i rekken påvirker også veksten på kvister som sitter på tvers av rekken. Ved meget små forband innen rekken (1 meter) blir det ikke noen reduksjon i kvaliteten før rekkeavstanden er 3.5 meter. (*Kramer, Dong & Rusack*).

Det er videre funnet at kvadratforband og rektangelforband over 2 meter vil gi kvisttykkelser over 20 mm, men det er stor variasjon i kvisttykkelse, hovedsakelig p. g. a. bonitet og proveniens.

Skadefrekvensen

I det analyserte forsøk er det påvist at skadefrekvensen er størst for de minste forband og avtar med økende forband. *Pollanschütz* (1974) finner samme forhold i et forsøk i Østerrike der forbandene varierer fra 1.0 til 2.0. *Vyskot* (1977) har derimot funnet at på et forsøk i Tsjekkoslovakia var toppbrekk mest vanlig på 2 meter's forbandet.

Persson (1972) som analyserer en rekke forsøk i Sverige og refererer aktuell litteratur om emnene vind- og snøskader, kan vise til forsøk der snøskaden har vært betydelig større i tette bestand sammenlignet med bestand som er plantet glissent eller avstandsregulert i ung alder.

Braastad (1978) finner i et forsøk at de ruter som har lavest utgangstetthet får den minste snøskade.

Generelt er det god støtte i litteraturen for den påstand at bestandets stabilitet mot snøskader øker når forbandet øker.

Når en skal velge planteforband må en rekke forhold vurderes. I dette arbeide er økonomiske faktorer ikke analysert. Kvalitetsfaktorer, særlig kvisttykkelsen, tyder på at en ikke bør benytte planteforband større enn 2.0 x 2.0 meter.

Ved særlig vanskelige snøforhold kan det likevel være riktig å øke forbandet noe utover 2.0 x 2.0 for å øke stabiliteten.

Ved ekstremt vanskelige driftsforhold kan kanskje økonomiske beregninger, som også tar hensyn til tap p. g. a. kvalitetsreduksjon, gi grunnlag for å øke planteforbandet.

Sammendrag

Et forbandsforsøk som var anlagt i 1954 hos Mathiesen Eidsvold Værk i Skjeggerudlia i Hurdal ble revidert ved totalalder 28 år da overhøyden var ca. 10 meter.

I forsøket er forbandene 1.2×1.2, 1.8×1.8, 2.4×2.4 og 3.0×3.0 meter utplantet med 4 gjentak i et latinsk kvadrat. Feltets midlere bonitet — H_{40} — er G 20.2. Det vil si at forsøket ligger på en høy bonitet. Den forventede produksjonsevne er ca. 9 m³ pr. ha og år.

Forsøket viser at det er en sterk sammenheng mellom totalproduksjonen ved 28 år og planteforbandet. Ved økende planteforband synker totalproduksjonen, se figur 2. Totalproduksjonen ved 28 år — overhøyde 10 meter — med forband 3.0 meter er bare 52.6 % av totalproduksjonen med forband 1.2 meter.

Bestandets middeldiameter øker når forbandet øker, se figur 3. For forband 1.2 er middeldiameteren 8.7 cm mens den er 12.8 cm for forband 3.0.

Det er forskjell på overhøyden mellom forband. Forband 1.2 har lavest overhøyde. Middeltallene tyder på at forband 2.4 gir den største overhøyde, se figur 4, men det er ikke signifikant forskjell i overhøyde mellom forbandene 1.8, 2.4 og 3.0.

Kronehøyden angis som høyde fra marken opp til den grønne krones nedre grense. Kronehøyden avtar med økende forband, se figurene 5 og 6. Dette betyr at kronelengden øker med økende forband.

På forbandene 2.4 og 3.0 er oppkvistingen bare så vidt begynt. På forbandene 1.2 og 1.8 er derimot oppkvistingen kommet godt igang.

Kvisttykkelsen er målt på de 15 grøvste trær pr. rute. På hvert av trærne er tykkelsen av den grøvste kvisten i hver kvistkrans målt. Alle kvistkranser fra brysthøyde til første kranse etter 5 meter over marken ble undersøkt. De fleste av de målte kvister er levende. Kvisttykkelsen øker med økende forband, se figur 8. På forband 1.2 er gjennomsnittlig kvisttykkelse 14.8 mm og på forband 3.0 er den 20.3 mm. Særlig på de største forband er det rimelig å vente at kvisttykkelsen kommer til å øke.

Kvistdiameteren øker med økende diameter i brysthøyde, se figur 9, og øker med økende høyde over marken på de nederste 5 meter av stammen, se figur 10.

I oktober 1976 ble dette forbandsforsøket påført store skader. Årsaken til skaden var våt snø som falt i perioden 13. til 24. oktober. Skaden bestod av toppbrekk, stammebrekk og rotvelter.

Antall skadde trær i prosent av treantallet før skaden — prosent skadde trær — avtar med økende forband, fra forband 1.2 til forband 2.4. Det er ingen sikker forskjell i prosent skadde trær mellom forband 2.4 og 3.0. Se figur 11.

På forband 1.2 er 61.3 % av trærne skadet, mens på forband 3.0 er bare 18.7 % av trærne skadet.

Det er flest rotvelter på de tette forband. Årsaken til dette er trolig at her presser trærne hverandre ned når snøtrykket blir stort. På de tette forband er det blitt markerte huller i bestandet. Innen disse huller er det de fleste rotvelter forekommer.

Det er størst skadefrekvens i de minste diameterklasser. Skader forekommer i nesten alle klasser unntatt i de 2—3 største diameterklasser. Se figurene 13, 14, 15 og 16.

På forsøksfeltet er levedyktigheten av alle skadde trær vurdert.

Dersom den igjensittende barmasse er antatt å være så stor at treet kan leve, er det satt igjen (stående-skadde trær), de øvrige trær er felt (felte-skadde trær). Figurene 17—23 viser sammenhengen mellom treet's lengde og lengden av avbrukken stammedel for stående-skadde trær og felte-skadde trær. De stående-skadde trær vil senere bli analysert for å finne sammenhengen mellom bruddstedets diameter og angrep av råte.

Growth and stability in a spacing experiment with *Picea abies*

The aim of this paper is to discuss relationship between different spacings in a spruce plantation and total yield, diameter increment, branch diameter and stability against snow.

The data are collected from a spacing experiment designed as a Latin square with 4 replications. These spacings were used: 1.2 x 1.2 m, 1.8 x 1.8 m, 2.4 x 2.4 m and 3.0 x 3.0 m. This experiment was measured in 1977 when the total age of the trees was 28 years and the top height was about 10 meters. The average yield class is about 9 m³ per hectare.

At the total age of 28 years, — top height 10 meters —, there is a strong correlation between spacing and total yield.

On plots with spacing 3.0 x 3.0 the total yield is only 52.6 % of the total yield on plots with spacing 1.2 x 1.2.

The basal area mean diameter increases when the spacing increases, see figure 3.

The diameter is 8.7 cm on plots with spacing 1.2x1.2, and 12.8 cm on plots with spacing 3.0 x 3.0.

The top height varies between the spacings. The lowest top height is measured on spacing 1.2 x 1.2.

Figure 4 indicates that the top height is largest on spacing 2.4 x 2.4, but the differences between the spacings 1.8 x 1.8, 2.4 x 2.4 and 3.0 x 3.0 are not statistically significant.

The height of the first live branch decreases when the spacing increases, see figures 5 and 6.

The diameter of the branches was measured on the 15 largest trees (according to diameter) on each plot, see figure 7. On each tree the diameter of the largest branch in each whorl was measured up to 5 meters above the ground. The diameter of the branch increases when the spacing increases, see figure 8. The average diameter of the branches is 14.8 mm on spacing 1.2 x 1.2, and 20.3 mm on spacing 3.0 x 3.0. Particularly in the case of spacing 3.0 x 3.0 it is reasonable to expect a large diameter of the branches as these have hardly started to die. See figure 5.

The diameter of the branches increases when the diameter at breast height increases, see figure 9.

Up to 5 meters above the ground the diameter of the branches increases with increasing height, see figure 10.

In October 1976 the spacing experiment was seriously damaged by heavy, wet snow. See table 2. The percentage of damaged trees decreases from spacing 1.2x1.2 to spacing 2.4x2.4. There is a significant difference between spacing 2.4x2.4 and 3.0x3.0. See table 3 and figure 11.

61.3 per cent of the trees are damaged on spacing 1.2 x 1.2. The corresponding number is 18.7 per cent on spacing 3.0 x 3.0.

The frequency of uprooted trees is highest on spacing 1.2 x 1.2 and 1.8 x 1.8. The reason is probably that the trees exert pressure on each other when the pressure of the snow increases. The snow damage has caused large

clearings in the stand with spacing 1.2 x 1.2. In these clearings there is a high frequency of uprooted trees.

The frequency of damaged trees is highest in the smaller diameter classes. Damaged trees occur in all classes except in the two or three greatest diameter classes. See figures 13, 14, 15 and 16.

The damaged trees were examined. If the quantity of the remaining green branches was very small, the tree was felled (felled-damaged trees), the others were left standing (standing-damaged trees).

The figures 17—23 indicate the correlation between the tree length and length of the broken part of the tree, both for the standing-damaged trees and for the felled-damaged trees.

After some years the standing-damaged trees will be examined to estimate the frequency of dead trees and attack of rot (fungi) in the wounds of the broken trees.

Litteratur

- Abetz, P. & Merkel, O., 1968. Aststärken und Schaftovalität in Fichten — Reihenbeständen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 139: 138—145.
- Brantseg, A., 1959. Planteavstandsforsøk med gran. Fører: Det norske Skogselskaps landsmøte og utferder i Skien 1.—3. juni 1959.
- Braastad, H., 1970. Et forbandsforsøk med gran. Meddr. norske SkogforsVes. 28:295—329.
- Braastad, H., 1978. Tynningsstyrke — skadefrekvens. Rapport om snø- og vindskader på forsøksfelt 918. Norsk institutt for skogforskning. Avdeling for skogbehandling og skogproduksjon. Rapp. nr. 1.
- Braastad, H., & Tveite, B., 1977. Uklart forhold mellom overhøyde og tynningsgrad. Norsk skogbruk nr. 10: 3.
- Braathe, P., 1952. Planteavstandens virkning på bestandsutvikling og masseproduksjon i gran-skog. Meddr. norske SkogforsVes. 11: 425—69.
- Jørgensen, J. S., 1963. Planteafstandens indflydelse på nåletræs vækst og økonomi bedømt ved hjelp av litteraturundersøgelser. Statens forstlige Forsøgsvæsen, Danmark. Stensil.
- Hamilton, G. J. & Christie, J. M., 1974. Influence of Spacing on Crop Characteristics and Yield. Forestry Commission Bulletin 52: 1—91.
- Kjersgård, O., 1964. Et planteafstandsforsøk i rødgran. Forstl. ForsøgsVæs. Danm. 29: 55—68.
- Kjersgård, O., 1972. Rødgranens vækst i et planteafstandsforsøk på Heden. Forstl. ForsøgsVæs. Danm. 33: 1—9.
- Klem, G. G., 1942. Planteavstandens innflytelse på granvedens og sulfatcellulosens kvalitet. Meddr. norske skogforsVes. 8: 217—293.
- Klem, G. G., 1952. Planteavstandens virkning på granvirkets kvalitet. Meddr. norske skogforsVes. 11: 473—505.
- Kramer, H., Dong, P. H. & Rusack, H. J., 1971. Untersuchung der Baumqualität in weitständer begründeten Fichtenbeständen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 142: 33—46.
- Lagerberg, T., 1919. Snøbrott och toppröta hos granen. Meddn. St. SkogförsAnst. 16: 115—162.
- Merkel, O., 1967. Der Einfluss des Baumabstandes auf die Aststärke der Fichte. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 138: 113—124.
- Persson, P., 1972. Vind- och snöskadors samband med bestandsbehandlingen — inventering av yngre gallringsforsök. Institutionen för Skogproduksjon. Rapporter och Uppsatser. Nr. 23. PP 205.
- Pollanschütz, J., 1974. Ergebnisse eines 84 jährigen Fichten — Pflanzweiteversuches in Wienerwald. Allgemeine Forstzeitschrift. 29: 816—818.
- Slåttå, L., 1978. Ungskogpleie og avstandsregulering. Litteraturoversikt og forslag til forskningsprosjekt. Skogbehandling i ulike produksjonsfaser. Rapport 1978. Institutt for skogskjøtsel, Norges Landbrukshøgskole. PP 126.
- Spjøtvoll, E., 1974. Multiple Testing in the Analysis of Variance. Scand J. Statist. 1: 97—114.
- Vestjordet, E., 1977. Avstandsregulering av unge furu- og granbestand: I: Materiale, stabilitet, dimensjonsfordeling, m.v. Meddr Norsk inst. skogforsk. 33: 309—436.
- Vyskot, M., 1974. Tree Spacing and Development of Norway Spruce Stands. Lesnictvi. 20 (9): 837—856.
- Vyskot, M., 1977. The Effect of Different Density of Spruce Stands. Lesnictvi. 23 (8): 609—632.
- Wiksten, Å., 1965. Ett förbands försök med planterad gran. Institutionen för skogsproduktion. Rapporter och Uppsatser nr. 7. PP 87.

Meddelelser fra Norsk institutt for skogforskning er fra 1974 en fortsettelse av følgende 3 publikasjonsrekker:

Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen, 1920—73, 30 bind.

Meddelelser fra Vestlandets forstlige forsøksstasjon, 1917—73, 14 bind.

Taksering av Norges skoger, 1920—70, 36 publikasjoner.

Starting in 1974, Reports of The Norwegian Forest Research Institute will continue as a joint publication of the following three series:

Reports of The Norwegian Forest Research Institute, 1920—73, 30 volumes.

Reports of The Forest Research Institute of West Norway, 1917—73, 14 volumes.

Taksering av Norges skoger (National Forest Survey of Norway), 1920—70, 36 publications.