

# STAMMESPRÆKKER I RØDGRAN I DANMARK

STEM CRACKS IN NORWAY SPRUCE (PICEA ABIES (L.) KARST.)  
IN DENMARK

AF  
ANDERS P. PEDERSEN OG BRUNO BILDE JØRGENSEN

*(Særtryk af Det forslige Forsøgsvæsen i Danmark  
beretning nr. 355, bd. XLII, h. 1, 1988).*

# STAMMESPRÆKKER I RØDGRAN I DANMARK

STEM CRACKS IN NORWAY SPRUCE (PICEA ABIES (L.) KARST.)  
IN DENMARK

AF

ANDERS P. PEDERSEN OG BRUNO BILDE JØRGENSEN

*(Særtryk af Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark  
beretning nr. 355, bd. XLII, h. 1, 1988).*

## INDLEDNING

Stammesprækker udgør en mulig trussel mod vore grantræer. Der er nævnt sprækkefrekvenser på op til 50 % af stamtallet (*Elingård-Larsen* 1986), hvilket naturligt nok skaber ængstelse hos danske forstfolk. For at belyse omfanget af stammesprækker hos rødgran har forsøgsvæsenet derfor undersøgt fænomenet nærmere i tre forsøgstyper: proveniens-, produktions- og planteafstandsforøg. Beliggenheden af de forsøg, hvori der blev fundet 5 eller flere revner er afbildet i figur 1.

Fænomenet stammerevner i gran blev første gang herhjemme beskrevet af *Buchwald* (1948) i artiklen »Tørkespalter i staaende Rødgran«. Før den tid var revnefænomenet kun beskrevet for løvtræ (frostrevner, se f. eks. *Jensen* 1942).

*Buchwalds* tørkespalter er utvivlsomt identiske med nutidens stammerevner, og de optræder da også på samme måde. I denne beretning betragtes ordene spalte, revne, flække og sprække synonymt.

Igennem de sidste par år har tørkespalterne været genstand for fornyet opmærksomhed. Af nåletræarterne synes, udover rødgran, abiesarterne at være ret udsatte. Både i Sverige og i Norge har fænomenet været genstand for undersøgelser, mens betydningen herhjemme endnu ikke er undersøgt.

## ÅRSAG TIL REVNE-DANNELSE

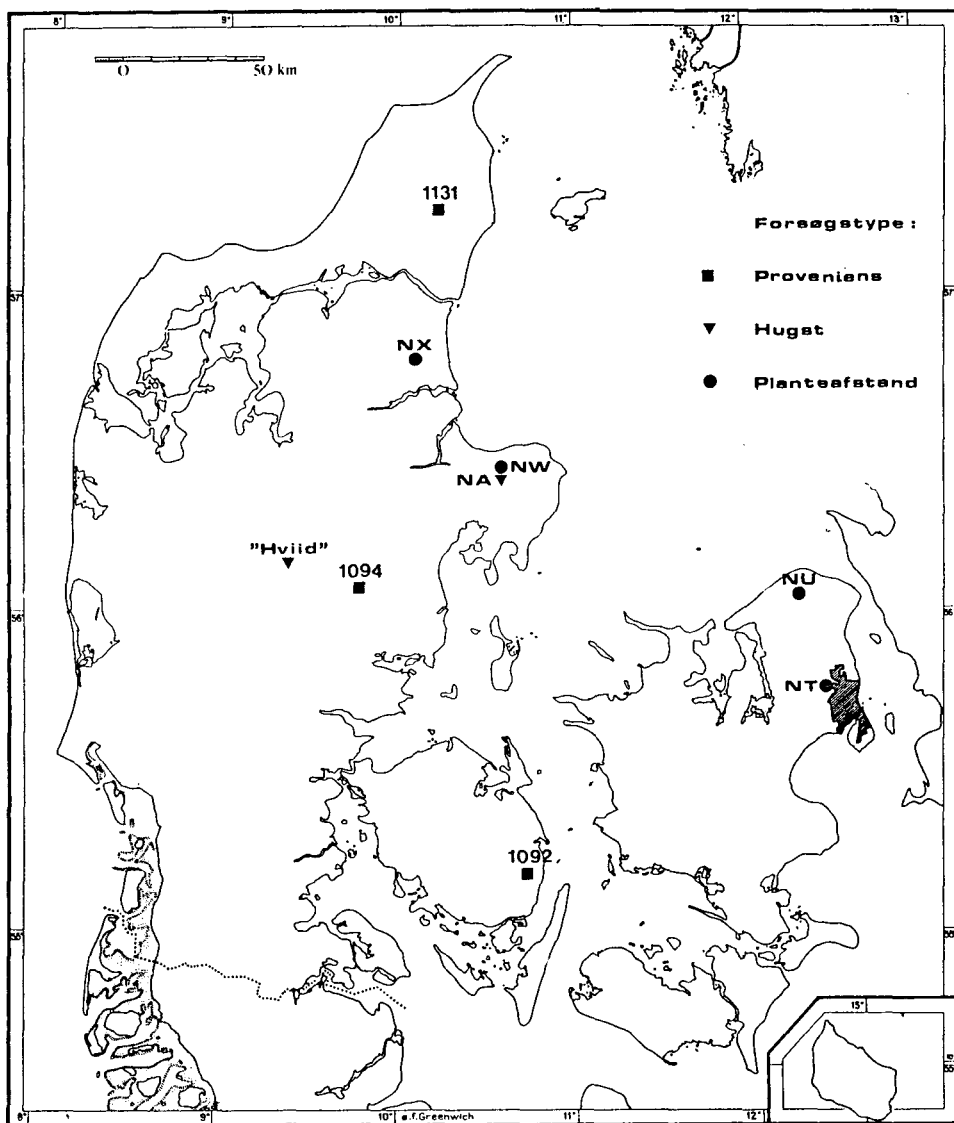
At det er de største individer, der rammes, bekræftes ved alle fund af revner i forsøgsvæsenets prøveflader. Et typisk eksempel på sprækkede træers overlegne vækst vises i figur 2, som angiver revneprocent fra et af proveniensforsøgene. Her ses, at ramte træer dels er højere (9 % over gns.), dels er tykkere (18 % over gns.) end deres respektive proveniensgennemsnit. Tendensen genfindes tydeligt fra andre prøveflader med revner. Følgelig er volumen på de flækkede træer langt over middel.

De træer, der rammes, er dem med de dårligste styrke- og svindegenskaber. De dårligste styrke- og svindegenskaber vil for nåletræers vedkommende være at finde på de mest vækstkraftige individer, hvilket fører til en formodning om, at disse individer måske er mest udsatte for stammerevner, da bredere årringe medfører en lavere andel af høstved.

Norske undersøgelser (*Dietrichson et al.* 1985) har da også påvist betydelig lavere høstvedprocent hos træer med revner end hos træer uden revner. Selve høstvedkvaliteten er også ringere hos de ramte træer p. g. a. dårligere lignificering.

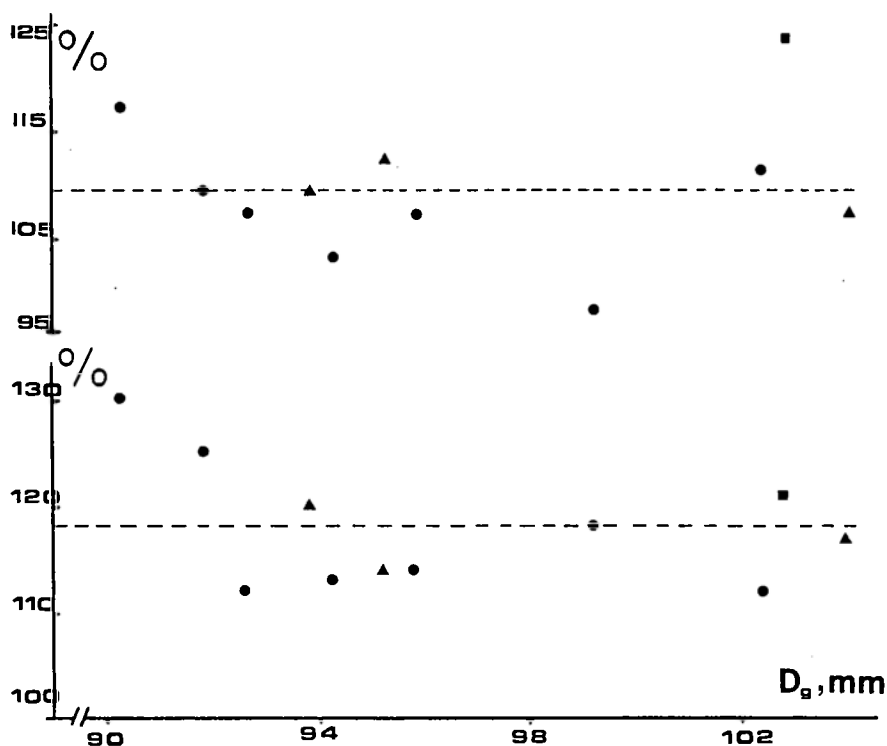
Ubalance, spændinger mellem træets splint og fugtigere kerne vil under en udtørningsperiode kunne udløse sprækkedannelsen (*Busse* 1930, *Kubler* 1983). Enkelte forfattere mener, at udtørringen kan foregå om vinteren ved langvarige, lave temperaturer (*Kubler* 1983, *Aigner* 1981), mens de fleste mener, at den finder sted i sommeren efter langvarig tørke, især sensommertørke (*Busse* 1930, *Buchwald* 1948, *Persson* 1985, *Dietrichson* 1985).

Undtagelsesvis kan mekaniske skader forstærke udtørringen og dermed foranledige revnedannelser. Eksempelvis har forsøgsvæsenet konstateret mindre revner i gamle, oversete udvisningsmærker på levende træer.



Figur 1. Beliggenheden af de proveniens-, hugst- og planteafstandsforøg, hvori der er observeret mindst 5 revnede træer. De afbildede fund er gjort i perioden efteråret 1984 til efteråret 1987.

Figure 1. The localities of the provenance (■), thinning (▼) and spacing (●) experiments in each of which have been observed at least 5 trees with stem cracks. The findings shown were made during the period autumn 1984 to autumn 1987.



Figur 2. Revnede træers gennemsnitlige, relative højder (øverst) og gennemsnitlige, relative diameter (nederst) lagt op over deres proveniencers middeldiameter ( $D_g$ ). Stiplede linier angiver gennemsnit af samtlige proveniencer for hhv. højder og diameter. Signaturer: ■ = Westerhof (BRD); ● = Rumænien; ▲ = Danmark. Data fra forsøg nr. 1131, Stagsted skov i Vendsyssel – forår 1985.

Figure 2. Average relative heights (top) and average relative diameters (bottom) of trees with stem cracks plotted against the mean diameters ( $d_g$ ) of their respective provenances. Dashed lines indicate averages of all provenances for heights and diameters respectively. Symbols: ■ = Westerhof, Germany; ● = Rumania; ▲ = Denmark. Data from experiment no. 1131, Stagsted forest in Vendsyssel – spring 1985.

Selve udløsningen af den synlige revne sker »normalt« i august eller første halvdel af september ved årringdannelsens ophør (Busse 1930, Buchwald 1948, Persson 1985, Dietrichson 1985), og her er sensommertørken utvivlsomt afgørende.

Tørken medfører, at splintveddet udtørres stærkt, og det er påvist, at trakeiderne omkring revnerne har mistet evnen til at transportere vand, cellevæggens vandindhold falder katastrofalt, veddet krymper, og pludselig udløses revnen, hvor veddets celler er særligt tyndvæggede og dårligt lignificerede (Dietrichson 1985). De øvrige trakeider fungerer stadigvæk, og træet som helhed overlever som regel, selvom det er tørkestresset. Hvis et træ dør, opstår der som bekendt altid større eller mindre udtørningsrevner i veddet.

Undersøgelser af træskiver fra revnede træer i forsøgsvæsenets forsøg bekræfter, at revnerne er udløst umiddelbart efter særligt tørre somre, nemlig efter somrene 1976 og 1982. I et af proveniensforsøgene (nr. 1092, Glorup) er der dog også fundet – ultimo september

1986 – 9 helt friske revner ud af 79 registrerede ialt. Dette indikerer, at den forudgående sommer før revnernes opståen næppe behøver at være ekstremt tør, for at revnerne kan udløses.

Ovenstående iagttagelser bekræfter forfatterens og andres antagelse om (Dietrichson 1985, Nielsen 1986), at frost næppe spiller nogen afgørende rolle for revnedannelsen.

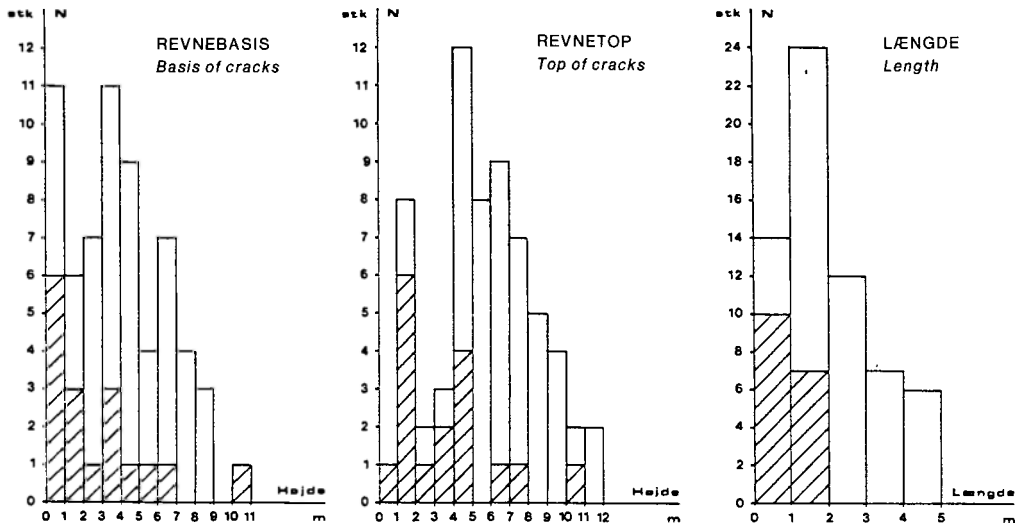
### STAMMEREVNERES FREMTONING

Grundlaget for denne beskrivelse er materiale fra et hugstforsøg anlagt i 1970 i Kompedal plantage afd. 373, Viborg statsskovdistrikt, af daværende skovrider A. Hviid. Her blev der i foråret 1986 registreret 63 ydre stammesprækker fordelt på 40 træer. Indre sprækker, der som ydre sprækker giver en kraftig kvalitetsforringelse af stammen, er blevet iagttaget i forsøget, men er ikke medtaget i nogen form for opgørelse.

Hovedparten af sprækkerne er sammenvoksede med 2 kallusvalke på hver sin side af overvoksningsarret. Andre sprækker er åbne og med kraftigt harpiksudflåd. Bredden kan være op til 1.5–2 cm. Der blev endvidere observeret en frisk, ny 3–5 mm bred revne uden kallusdannelse og harpiksudstrømning.

Ved årringstælling på udtagne skiver fra flækkede stammer kunne revnedannelsen dateres til sensommerne 1976 og 1982. Vedzonen omkring revnerne var kraftigt rådgriben, og adskillige revner gik ind til marven.

Revnerne følger fiberretningen i træet, og i forsøget var 73 % venstresnoet op ad stammen, mens resten var korte, rette revner. Revnerne kan forekomme overalt på stammen. Revnebasis og revnetop i forsøget er grafisk fremstillet i figur 3. Der er stor spredning i materialet, og revnerne starter fra 0.3–10 m's højde på 15 m høje træer. Omkring 70 % af



Figur 3. Stammerevnernes fordeling til højde over jorden for henholdsvis stammerevnebasis og -top i »Hviids hugstforsøg«. Den højre figur viser længden på stammerevnerne, og de skraverede søjler i de 3 figurer angiver rette stammerevner.

Figure 3. Distribution of stem cracks to their heights above ground (stem crack basis and top, respectively) in »Hviid's thinning experiment«. The right-hand figure shows the lengths of the stem cracks, and the hatched columns in the 3 figures indicate straight stem cracks.

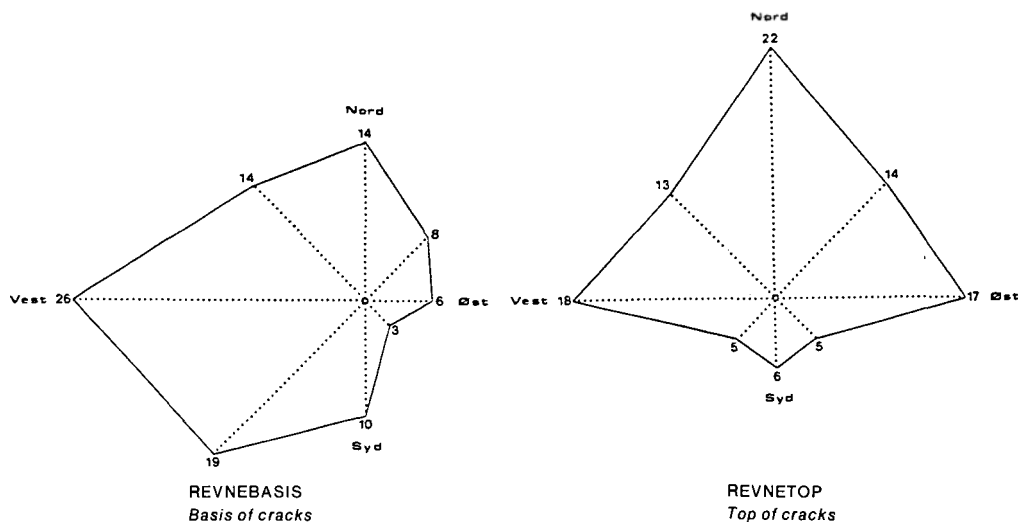
revnerne har basis fra 0 til 5 m's højde, og antallet af revner, der begynder fra 2 m og opefter, aftager jævnt. Revnerne afsluttes i intervallet 1.0–11.0 m og har deres maximum ved 4–8 m's højde.

Det bemærkes af figuren, at rette revner hyppigst forekommer på den nederste del af stammen. Når de forekommer højere oppe i træet, er de ofte udviklet i mellemrummet mellem 2 grenkranse. Et andet hugstforsøg, NA (Løvenholm), bekræfter, at revnernes basis er langt nede på stammerne. Dette forsøg havde 20 sprækkede træer efteråret 1982 ved alderen 22 år, og revnernes basis befandt sig alle i højdeintervallet 0–3 m fra jorden med maximum ved ca. 1.5 m.

Hyppigst har de sprækkede træer een stammerevne, sjældnere 2 eller flere. I »Hviids hugstforsøg« havde 11 træer 2 revner (28 %), 4 træer 3 revner (10 %) og endelig 1 træ 5 revner, sidstnævnte med en samlet længde på 10.4 m.

Længden af stammesprækker varierer i dette forsøg fra 0.3 m til 4.8 m med en gennemsnitlig længde på 1.9 m. Fordelingen af sprækkelængder er ligeledes vist i figur 3. Rette revner har en kort længde – gennemsnitlig 0.8 m. Tilsvarende værdier for venstresnoede revner er 2.3 m. I forsøg NA var den gennemsnitlige sprækkelængde 3.2 m, altså cirka een meter længere. Endvidere var den længste sammenhængende stammesprække på 6.5 m. I Sverige er der målt sprækkelængder på op til 12 m (Dietrichson 1985).

Hvordan er revnerne orienteret efter verdenshjørner? En grafisk fremstilling for henholdsvis revnebasis og revnetop er afbilledet i figur 4. For revnebasis er 59 % af antallet orienteret mellem sydvest-nordvest, mens for revnetop 53 % er orienteret mellem vest og nord. Det er revnernes venstredrejning i fiberretningen, som er årsag til forskellen på de 2 figurer. Samlet er 3/4 af revnerne orienteret fra vest til nord. I forsøg NA var 86 % af 23 stammerevner orienteret i disse retninger, hvilket underbygger resultaterne fra »Hviids



Figur 4. Stammerevneorientering i »Hviids hugstforsøg« for henholdsvis revnebasis og -top. Talværdierne angiver den procentvise fordeling af stammerevner til verdenshjørner.

Figure 4. Stem crack orientation in »Hviid's thinning experiment« for crack basis and top respectively. The numerical values indicate the distribution in percentages of stem cracks to the points of the compass.

Tabel 1. Oversigt over proveniensforsøg, som er undersøgt for stammerevner. Hvert forsøgs provenienser er med antal fordelt til oprindelseslande og videre er vist antal undersøgte træer og den fundne sprækkefrekvens. Planteafstand  $1.7 \times 1.7$  m. Forsøgsdesign = lattice.

Table 1. Provenance trials, examined for stem cracks. Participating provenances is summarized to origin countries. Furthermore is shown numbers of examined trees and the frequency of cracks. Initial plant spacing is  $1.7 \times 1.7$  m. Experimental design is lattice.

Forsøg		Alder fra frø v. bedømmelse	Tidligere hugget	Antal provenienser fra, land,								Antal undersøgte træer		Antal revnede træer		Antal forsk. prov. m. revner
Experiment		Age from seed	Previously thinnings	No. of provenances from, country								No. of examined trees		No. of cracked trees		No. of different prov. with cracks
nr.	lokalitet	år	ja/nej	S	DK	BRD	PL	SU	CS	H	R	ialt	ialt	%	ialt	
no., locality		year	yes/no									total	total	%	total	
1091	Åbenrå <sup>1) 2)</sup>	22	nej		3	1					12	3467	0			
1092	Glorup <sup>1) 2)</sup>	23	ja		3	1					12	1761	50	2.84	13	
1094	Siim, Ry	21	ja		1	1		3	11			782	12	1.53	8	
1095	Valby Hegn <sup>1)</sup>	21	nej		1	1		16	3			909	0			
1097	Valby Hegn	22	ja		3	1					12	937	0			
1128	Sdr. Omme	21	nej		3	1					12	1180	0			
1129	Skærbæk	21	nej		3	1					12	989	0			
1131	Stagsted	20	nej		3	1					12	1090	37	3.39	11	
1146	Lindet	19	nej		1	2		1			1	956	0			
1147	Egelund <sup>1)</sup>	19	nej		1	2	2	1			1	1267	1	0.08	1	
1148	Lindet	20	nej	1		1	8	3				698	0			
1149	Valby Hegn	20	nej	1		1	8	3				799	0			
ialt												14835	100	0.67		

<sup>1)</sup> Planteafstand  $1.5 \times 1.5$  m. <sup>2)</sup> Blokdesign. Landesymboler: S = Sverige, DK = Danmark, BRD = Vesttyskland, PL = Polen, SU = Sovjetunionen, CS = Tjekkoslavakiet, H = Ungarn, R = Rumænien.

<sup>1)</sup> Initial plant spacing is  $1.5 \times 1.5$  m. <sup>2)</sup> Block experimental design. Symbols: S = Sweden, DK = Denmark, BRD = West Germany, PL = Poland, SU = Soviet Union, CS = Tzechoslovakia, H = Hungary, R = Rumania.



hugstforsøg«, at den hyppigste forekomst af sprækker er på stammens vestlige og nordlige side. I svenske undersøgelser har man fundet noget tilsvarende (*Persson & Axelsson* 1985). En del af forklaringen på denne orientering kan være, at rødgranen har en lavere rumtæthed (densitet) mod nord (*Olesen* 1971). Måske kan en udtørringseffekt p. g. a. vind og sol af stammens vestvendte del også have en indvirkning.

### PROVENIENSENS BETYDNING

Svenske og norske undersøgelser har postuleret en stærk sammenhæng mellem proveniens og sprækkehyppighed. Overskrifter som »Stammesprækker skyldes proveniens« (*Rognerud* 1985) og »Stamsprickor hos gran: Undvik slovakiske och rumänske plantor« (*Davner* 1985) har understreget proveniensens betydning.

Imidlertid har proveniensens og vækstkraftens betydning ikke været adskilt i de refererede undersøgelser. Således kunne årsagen til, at nordiske og hviderussiske typer fik færre revner end kontinentaltyperne, måske alene forklares med disses langsommere vækst og dermed højere fysiske modstand mod stammerevner – et forhold der må anses for sikkert.

Proveniensafdelingen ved forsøgsvæsenet har nu finkæmmet 12 rødgranproveniensforsøg for ydre, synlige stammesprækker. Der er *ikke* konstateret revner i andre rødgranproveniensforsøg end dem, der er refereret her.

De 12 forsøg er ved bedømmelsen 19–23 år fra frø, og dermed i en formentlig temmelig følsom alder med hensyn til sprækker (*Persson* 1985 m. fl.). Af forsøgene ligger 7 jævnt fordelt i Jylland (dog er klitplantager ikke repræsenteret), mens de 4 ligger i Nordsjælland og eet ligger på Østfyn. På figur 1 er som nævnt kun indlagt de forsøg, hvor der konstateredes 5 eller flere træer med revner.

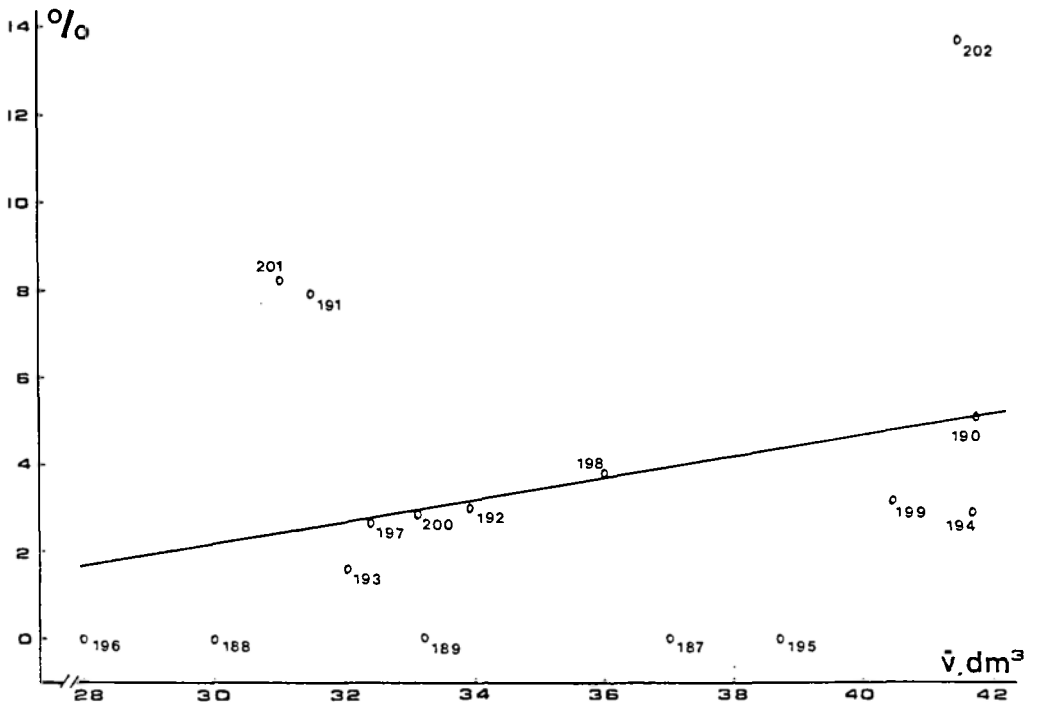
Tabel 1 viser hovedresultatet af undersøgelsen. Der blev (fra jorden) undersøgt 14.835 træer, hvoraf kun 100 havde 1 eller flere revner. Dette svarer til en gennemsnitlig revnefrekvens på 0.67 %. Det fremgår, at der kun er fundet revner i 4 forsøg, og tallene virker som helhed ikke alarmerende.

I forsøg nr. 1094 (se tabel 1), som ligger på en udsat, men bonitetsmæssigt god, østjysk lokalitet, havde 4 provenienser ingen revner, 6 provenienser havde 1 revne, og 3 provenienser havde 2 revnede træer.

Forsøg nr. 1131 (se tabel 1), som ligger på en beskyttet, god, nordjysk lokalitet, har vist et betragteligt antal revner. En eventuel virkning af proveniensen burde slå igennem her, da forsøget er homogent, med gentagelser, ikke-tyndet (på iagttagelsestidspunktet) og med den højeste sprækkefrekvens overhovedet i proveniensforsøgene. Det blev derfor genstand for en nøjere analyse. Arealet udgør 0.37 ha, designet er af latticetypen med 5 gentagelser. I disse blev der iagttaget henholdsvis 1, 3, 6, 9 og 18 revnede træer, hvilket tyder på nogen lokalbettinget variation. Der blev fundet fra 0 til 9 spaltede træer pr. proveniens. Sprækkefrekvensens afhængighed af proveniens og gennemsnitlig vedmasse ses af figur 5.

Af figuren fremgår det, at der er en stor variation i materialet, men tre provenienser synes særligt belastede (dog kun på grundlag af 37 fund af revnede træer), nemlig 2 af de danske (Gisselfeld, Hæsedede skov, afd. 152 og – noget lavere – Gråsten, Bommerlund pltg., F. 334) samt 1 af rumænerne (Cosna, UP II, 1000 m. o. h.). De 2 sidstnævnte provenienser bliver yderligere mindre attraktive derved, at de har en svagere diameterudvikling. Dette kan for Bommerlunds vedkommende bekræftes i søsterforsøg.

Der ses dog en – omend svag og ikke signifikant – sammenhæng alene mellem vækstkraft (volumen) og risiko for revner. Således er de 4 vækstmæssigt klart bedste provenien-



Figur 5. Proveniensenforsøg nr. 1131, Stagsted skov, Vendsyssel, april 1985. Sammenhæng mellem relative sprækkehyppighed (antal træer med revner i forhold til proveniensens totale stamtal, procent) for forskellige provenienser og vækstkraft (illustr. med  $\bar{v}$ ,  $\text{dm}^3$ ). Korrelationskoefficient = 0.29 (ikke signifikant). Gennemsnitlig sprækkefrekvens for hele forsøget 3.4 %. Gennemsnitlig vedmasse af samtlige træer  $35.1 \text{ dm}^3$ . Proveniensliste:

Nummer	Betegnelse, land	Nummer	Betegnelse, land
Number	Designation, country	Number	Designation, country
187	Toplita UPIII, R	195	Cimpeni UPXV, R
188	Galu UPVII, R	196	Brasov UPVII, R
189	Borca UPXV, R	197	Toplita UPII, R
190	Brosteni UPVII, R	198	Dorna Cind. II, R
191	Cosna UPII, R	199	Westerhof, BRD
192	Dorna Cindrini UPV, R	200	Kompedal, DK
193	Frasin UP X, R	201	Bommerlund F334, DK
194	Moldovita UP I, R	201	Gisselfeld, DK

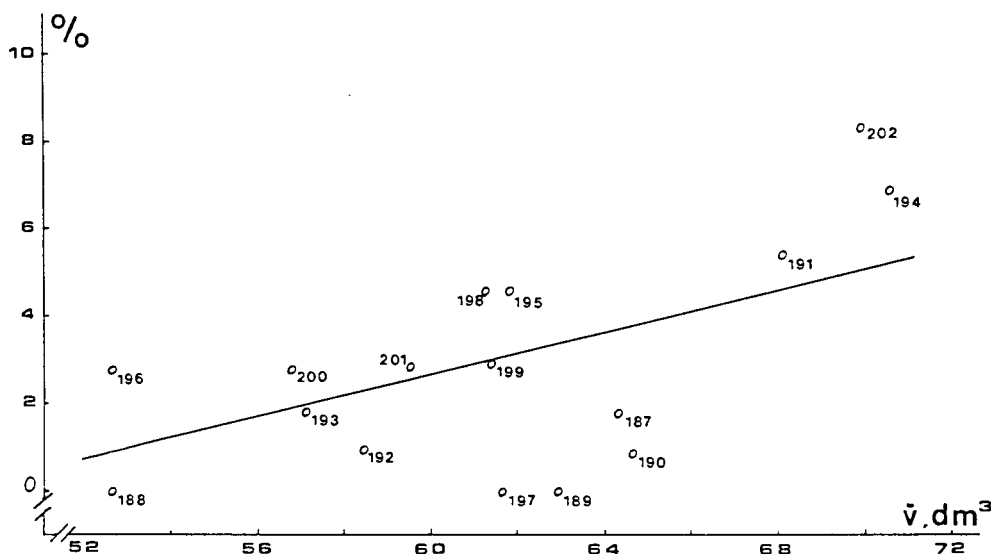
Figure 5. Provenance experiment no. 1131, Stagsted forest, Vendsyssel, April 1985. Relationship between the relative stem crack frequency (percent of trees with cracks) of various provenances and the growth rate of the provenances (illustr. by  $\bar{v}$ ,  $\text{dm}^3$ ). Correlation coefficient = 0.29 (not significant). Average stem crack frequency of the total experiment 3.4 %. Average volume of the total number of trees  $35.1 \text{ dm}^3$ . List of provenances: see above.

ser ret udsatte: Westerhof (Tyskland), Brosteni og Moldovita (begge Rumænien) og i særdeleshed Gisselfeld (Danmark).

Det sidste forsøg, som blev medtaget i undersøgelsen, var nr. 1092, Glorup (Østfyn, se tabel 1). Dette er et 1.64 ha stort blokforsøg med 3 blokke à 16 provenienser. Her fandtes det største antal træer med revner i proveniensforsøgene, formentlig beroende på hyppige og meget stærke hugstindgreb, som startede tidligt i bevoksningens liv. I blokkene fandtes

henholdsvis 10, 18 og 22 revnede træer. De 22 fandtes i den hårdest huggede og de 10 i den svagest huggede blok, hvilket ikke er mod forventning – jfr. afsnit om hugststyrke. Analysen og tolkningen af registreringen må tages med forbehold alene af den simple grund, at der var foretaget hugst et halvt år før registreringen af spaltede træer fandt sted. Det er meddelt fra distriktet, at der ved tyndingen fortrinsvis er fjernet træer med stammerevner, hvorfor provenienser med stor sprækkehyppighed før hugsten må forventes at have haft endnu højere sprækkerater end provenienser med få, registrerede stammerevner. Hertil kommer, at hugststyrken har varieret noget, ikke blot fra blok til blok, men også fra parcel til parcel. Dette sidste er søgt imødegået ved at betragte de fundne revnefrekvenser i relation til bevoksningens »udseende« før sidste hugst udtrykt ved gennemsnitlig volumen pr. træ pr. proveniens. Ydermere er vedmasserne korrigerede, således at de mindste træer ikke indgår i vedmasseberegningerne (i takt med aftagende hugststyrke). Herved opnås en – omend teoretisk – korrektion for varierende stamtalsintensitet (læs: hugststyrke) fra parcel til parcel. Resultatet er fremlagt i figur 6.

Figuren viser en tendens til større risiko for revner hos vækstkraftige provenienser. Provenienserne er de samme som i forsøg nr. 1131 (figur 5). Hvis man sammenligner de to figurer, ses der en langt bedre korrelation mellem risiko for revner og vækstkraft i 1092-forsøget. Denne sidste korrelationskoefficient er da også signifikant (på 5 %-niveau).



Figur 6. Provenienseforsøg nr. 1092, Glorup distrikt, Østfyn, oktober 1986 (produktionstal dog fra forår 1984). Sammenhæng mellem relative sprækkehyppighed (antal træer med revner i forhold til proveniensens totale stamtal, procent) for forskellige provenienser og vækstkraft (illustr. med  $\bar{v}$ ,  $\text{dm}^3$ ). Korrelationskoefficient = 0.54 (signifikant på 95 %-niveau). Gennemsnitlig sprækkefrekvens for hele forsøget 2.9 %. Gennemsnitlig vedmasse af samtlige træer (korrigeret for forskelle i hugststyrke)  $61.4 \text{ dm}^3$ . Proveniensliste: samme som for figur 5.

Figure 6. Provenance experiment no. 1092, Glorup district, East Funen, October 1986 (yield data, however, from spring 1984). Relationship between the relative stem crack frequency (percent of trees with cracks) of various provenances and the growth rate of the provenances (illustr. by  $\bar{v}$ ,  $\text{dm}^3$ ). Correlation coefficient = 0.54 (significant at the 95 % level). Average stem cracks frequently of the total experiment 2.9 %. Average volume of the total number of trees (adjusted for differences in thinning intensity)  $61.4 \text{ dm}^3$ . List of provenances: same as for Figure 5.

Hældningerne på de to regressionslinier ses at være nogenlunde overensstemmende – kun ca. 3 procents afvigelse. I nr. 1092 er Moldovita og Gisselfeld atter vækstkraftige – samtidig rammes de også mest af revner! Cosna (Rumænien) har her igen en høj revnefrekvens, men i forsøg nr. 1092 har den en langt højere vækstkraft end i forsøg nr. 1131. Provenienserne Galu og Borca fra Rumænien er overhovedet ikke ramt af revner, men samtidig er de vækstmæssigt temmeligt uinteressante.

Kurveforløbet i de to figurer stemmer godt overens med de seneste, svenske undersøgelser (Persson 1985, 2), der viser, at risikoen for sprækker er mere afhængig af provenienserens vækstkraft end af deres oprindelse iøvrigt.

Langsomtvoksende provenienser sprækker således sjældnere end hurtigtvoksende provenienser.

### HUGSTENS OG PLANTEAFSTANDENS BETYDNING

Tidlige, kraftige hugstindgreb og stor planteafstand forcerer tilvæksten, men reducerer vedkvaliteten for det enkelte træ. Årringene bliver bredere, høstvedandelen nedsættes, og der dannes mere ungdomsved – træet får altså lavere rumtæthed og dårligere styrkeegenskaber. Hermed er vejen åbnet for dannelse af stammerevner i en tørkestresssituation.

For at få et overblik over, hvor alvorligt det står til med stammerevner i forsøgsvæsenets rødgranproduktionsforsøg, er en gennemgang af de nyeste målinger foretaget.

8 ældre hugstforsøg (37–90 år) er undersøgt. Her blev der i foråret 1987 observeret enkelte revner i 4 af forsøgene. Disse revner var alle placeret på de største træer i forsøgenes kraftigst tyndede parceller. Hertil kan tilføjes, at stamtalsreduktionen i de ældre hugstforsøg, for de stærke hugstgraders vedkommende, oftest er sket gradvist med kun få år mellem indgrebene (ofte over en periode på 4–5 år), mens man idag udfører denne behandling mere radikalt med kun eet tyndingsindgreb. 2 yngre (27 og 31 år) hugstforsøg samt 3 gødningsforsøg (49 år), hvoraf eet af gødningsforsøgene er anlagt af skov- og naturstyrelsen, havde ingen revner af betydning. Kun i eet hugstforsøg er der registreret noget flere stammerevner, nemlig i forsøg NA beliggende på Løvenholm distrikt. Proveniensen er Rycerka (Polen). Planteafstanden var her  $2.70 \times 1.35$  m, og stamtallet blev yderligere nedbragt til 2500 stk./ha ved overhøjden 5 m. Ved alderen 22 år blev der efteråret 1982 før tynding registreret 23 stammerevnedede træer i forsøget, hvilket gav en revnehypighed på 0–0.9 % pr. parcel – hvilket er på et lavt niveau. Siden er der kun registreret 3 nye revner i forsøget.

I 13 træartsforsøg, plantet i 1964 og 1965, er der kun registreret sprækker i forsøg nr. 1007, Lindet distrikt, i efteråret 1982, hvor 2 randtræer er sprækket på nordsiden (revnefrekvens = 0.2 %). Planteafstanden er generelt 1.3 m i kvadratforbandt i forsøgsserien. I 4 øvrige træartsforsøg (med alder 17, 29, 41 og 53 år) er der registreret ubetydelige sprækkeskader. Samme forhold gør sig gældende for 2 ældre planteafstandsforsøg (med alder 47 år); men derimod har 4 yngre planteafstandsforsøg alle stammesprækker. De omtales nærmere i et senere afsnit.

Generelt må stammesprækker i produktionsforsøgene foreløbig betragtes som en raritet.

### Hugststyrken

Da der kun er registreret ganske få stammerevner i forsøgsvæsenets hugstforsøg, er det ikke muligt ud fra dette materiale at påvise en sammenhæng mellem hugststyrke og sprækkehyppighed. Revnerne har dog altid tilhørt de største træer i forsøgenes hårdst huggede parceller.

Derimod har forsøgsvæsenet i foråret 1986 målt et velanlagt distriktsforsøg, hvor der forekom mange stammesprækker, som følgelig blev gjort til genstand for en nærmere undersøgelse.

Det drejer sig om »Hviids hugstforsøg«, som er omtalt i afsnittet om »Stammerevners udseende«. Bevoksningen blev plantet foråret 1948 på ret god hedejord med rødgran og bjergfyrr på  $1.25 \times 1.00$  m således, at hver fjerde træ i hver række var bjergfyrr. Provenienssen er dansk (Bugge plt.). Første tyndingsindgreb var i april 1970 ved en bevoksningshøjde på 7 m, og der blev anlagt 4 parceller med hver sin hugststyrke. Stamtallet blev reduceret fra ca. 5400 til 1000 (L-hugst), 1500 (L-hugst) og 2000 (D-hugst) stammer pr. ha i henholdsvis parcel 2, 3 og 1. Parcel 4 er en distriktshugst og er medtaget som kontrol.

Tabel 2. »Hviids hugstforsøg«, Kompedal, måling forår 1986, alder 42 år.

Table 2. »Hviids Thinning Experiment«, Kompedal plantation, Jutland. Spring 1986. Age 42 years.

Parcel Parcel	Efter tynding 1970 After thinning 1970	Areal Area	Status forår 1986 Status spring 1986			Stammerevnedede træer Cracked trees		Revnefrekv. Frequency
nr.	stk./ha	ha	D <sub>g</sub> cm	H <sub>L</sub> m	stamtal, stk./ha	stk.	$\bar{d}$ , cm	%
no.	stem no./ha	ha	D <sub>g</sub> cm	H <sub>L</sub> m	stem no./ha	no.	$\bar{d}$ , cm	
2	1.000	0.5670	19.3	15.4	526	25	24.6	4.8
3	1.500	0.5545	17.0	14.7	749	13	22.3	1.7
1	2.000	0.5560	14.7	13.9	971	1	19.0	0.1
4	4.100	0.6037	11.9	12.5	1.509	1	21.0	0.1

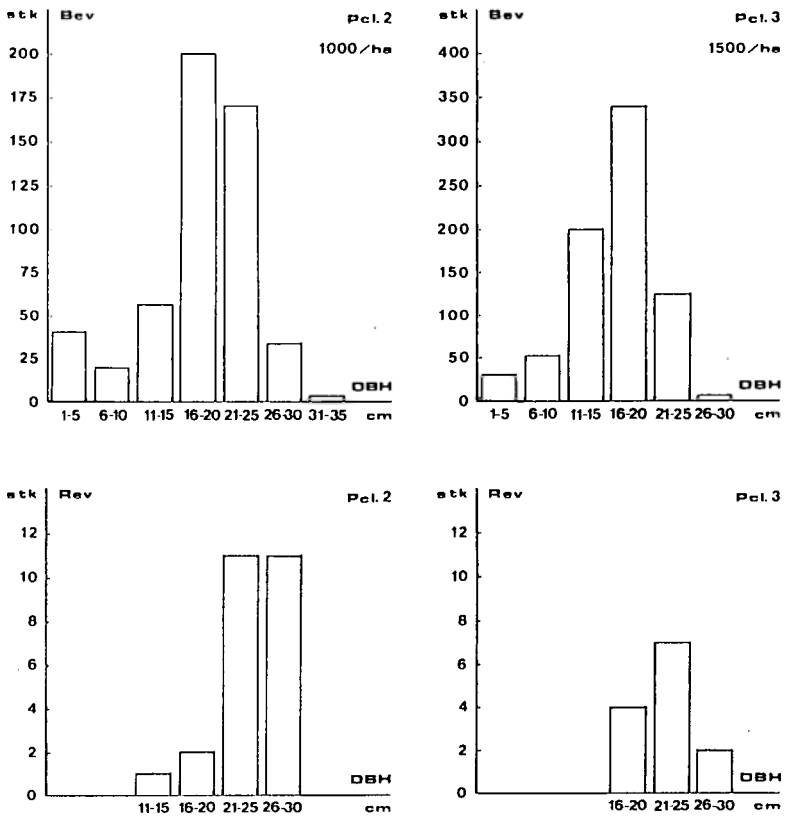
D<sub>g</sub> = Diameter i middelstammegrundfladen. (Diameter corresponding to mean basal area).

H<sub>L</sub> = Lorey's bestandshøjde. (Loreys height).

$\bar{d}$  = Aritmetisk diameter. (Arithmetic diameter at breast height).

Sprækkehyppigheden har nøje sammenhæng med hugstbehandlingen i dette forsøg. Kraftigere hugststyrke øger sprækkedannelsen, hvilket er overensstemmende med nordiske erfaringer (Persson 1985). Pcl. 2, hvor stamtallet ved den ekstremt stærke hugst blev reduceret til 1000 stammer/ha, havde en sprækkehyppighed på ca. 4.8 %, mens den for pcl. 3 med 1500 stammer/ha var 1.7 %. For de to hugstbehandlinger, hvor der er efterladt 2000 stammer/ha (D-hugst) og mere, var der ingen revner af betydning (0.1 %). Det bemærkes, at der først ved meget kraftige hugststyrker dannes stammesprækker af en vis hyppighed, som dog ikke er mere omfattende i dette forsøg, end at de skadede træer kan fjernes ved tynding og uden, at bevoksningen skal afdrives før tid.

Det er de vækstkraftige, herskende træer, der sprækker. Figur 7 bekræfter dette fænomen ved at vise stamtalsfordelingen i parcellerne 2 og 3 for henholdsvis bevoksning og stammerevnedede træer (før tynding forår 1986). Heraf fremgår klart, at de revnede træer generelt er træer, der har haft en kraftig diameterudvikling. De aritmetiske middeldiameter for de revnede træer i parcellerne var henholdsvis 27 % og 31 % større end de



Figur 7. Stamtallets diameterklassefordeling, øverst for bevoksning (Bev) og nederst for stammerevnedede træer (Rev), i »Hviids hugstforsøg«. Der er vist de 2 parceller, der har de kraftigste hugstbehandlinger i forsøget.

Figure 7. The distribution of the number of stems to diameter classes, above for the stand (Bev) and below for the stem cracked trees (Rev), in »Hviid's thinning experiment«. The 2 most heavily thinned plots in the experiment are shown.

respektive middelstammediametre i samme parceller. Samme forhold gør sig gældende i de 2 andre parceller og i forsøgsvæsenets øvrige forsøg, hvor der er konstateret revner, se f. eks. figur 2.

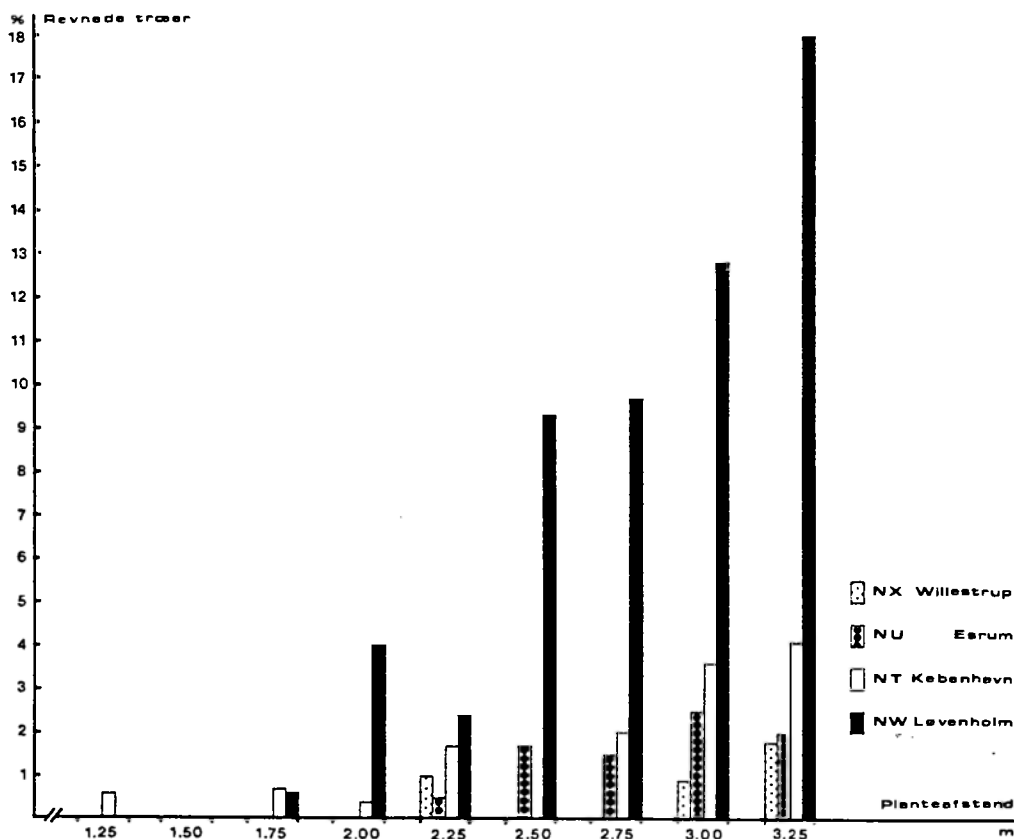
Den mindste og største brysthøjdediameter for træer med revner i »Hviids hugstforsøg« er henholdsvis 14 og 30 cm. (Det tyndeste træ med stammerevner er registreret i planteafstandsforøg NW, Løvenholm, og havde en brysthøjdediameter på 9.5 cm).

Det bør bemærkes, at »Hviids hugstforsøg« er specielt i den henseende, at der trods det tidlige, kraftige hugstindgreb kan dannes stammerevner i en relativ sen alder – nemlig ved 39 år i sensommeren 1982. I forsøgsvæsenets øvrige forsøg er der med enkelte undtagelser kun fundet betydelige revnedannelser i træer med aldrene 19–25 år. Den kritiske alder for rødgran i Norge og Sverige er 15–35 år (Dietrichson et al. 1985).

### Planteafstanden

Som nævnt har 4 yngre planteafstandsforsøg alle stammesprækker fra sensommeren 1982 (ved alder 22–23 år), dog på varierende niveau. Forsøgene er udførligt beskrevet af *Handler & Jakobsen* i 1986. Planteafstandsforsøget NW på Løvenholm med proveniens Rycerka (Polen) har de betydeligste revnefrekvenser med 85 revnede træer, mens parallelforsøget NX på Willestrup distrikt kun har 5, selvom forsøgsdesign, alder og diameterudvikling med øget planteafstand er næsten identiske. Der er i forsøg NX anvendt en lokal proveniens. De 2 nordsjællandske afstandsforsøg i serien med proveniens Gråsten F. 324 har ligeledes ret lav revnehypighed. Dette tyder på, at fænomenet i dette tilfælde er proveniensafhængigt, og at den polske proveniens Rycerka i denne sammenhæng er uheldig. Andre, ukendte faktorer kan måske også have været udslagsgivende.

De 2 sjællandske forsøg har samme proveniens, alder og design; men forsøget NT i St. Hareskov har en lidt bedre diameterudvikling med øget afstand end forsøg NU i Harager



Figur 8. Stammerevnefrekvenser for 4 planteafstandsforsøg ved forskellige planteafstande i kvadratformand. Stammerevner opgjort efterår 1984 og efterår 1985 i forhold til stamtallet før første tynding.

Figure 8. Stem crack frequencies for 4 spacing experiments at various spacings in square planting. Stem cracks as counted autumn 1984 and autumn 1985 in relation to the number of stems before the first thinning.

hegn. Forsøg NT med den lidt bedre bonitet havde 20 revnede træer, mens forsøg NU kun havde 11. Selvom materialet er spinkelt, synes der at være en tendens til, at en højere bonitet øger risikoen for sprækker.

Der er den samme tendens i alle 4 planteafstandsforsøg, at sprækkehyppigheden øges med stigende planteafstand – se figur 8. For Løvenholm-forsøgets vedkommende ses en helt eklatant sammenhæng. Ved planteafstand 1.75 m i kvadratforbandt er sprækkehyppigheden endnu nær 0, mens den derefter stiger jævnt og er 18 % ved afstanden 3.25 m. Der henvises iøvrigt til artiklen »Stammerevner hos gran« i »Skoven« nr. 3, 1986 (Elingård-Larsen 1986), hvor der foruden ovennævnte forhold i artiklens figur 1 er meddelt sammenhængen mellem brysthøjdediameter for henholdsvis bevoksning og stammesprækkede træer og planteafstand. Denne sammenhæng er tidligere nævnt under afsnittet om hugststyrke. Af figuren fremgår endvidere, at risikoen for stammesprækker er lav for planteafstande mindre end 1.75 m i kvadratforbandt. Dette understøttes af de af proveniensafdelingen bedømte, utyndede forsøg, hvor *alle* revner er fundet i de forsøg med de største planteafstande (1.7 × 1.7 m), mens der ikke fandtes en eneste revne, hvor planteafstanden var 1.5 × 1.5 m. Ligeledes kan den lille planteafstand på cirka 1.3 × 1.3 m i de 13 træartsforsøg anlagt i 1964 og 1965 være en mulig forklaring på, hvorfor der kun er observeret 2 stammerevner i denne forsøgsserie. I Sverige rekommanderes på gode boniteter en maksimal afstand på kun 1.5 m for de bedste proveniensers vedkommende (Persson 1985).

Resultatet fra de tre planteafstandsforsøg NT, NU og NX viser, at en god tilvækst kan forenes med en lav sprækkehyppighed selv ved store planteafstande, hvis proveniensvalget er det rette.

Herved fås en sandsynlig forklaring på, hvorfor mange forsøg før første tynding indtil nu ikke er blevet ramt af stammesprækker. Dels er deres planteafstand mindre end 1.75 m, dels er der ikke anvendt Rycerka, men udelukkende »danske« provenienser.

## DISKUSSION

Den vigtigste forudsætning for revnedannelse er tørke. Specielt sensommertørke synes at være af afgørende betydning.

Herudover er de faktorer, som fremmer sprækkedannelse de samme, som fremmer tilvæksten.

*Meget stærk og tidlig hugst* øger klart risikoen for sprækker. Mest markant er dog *planteafstandens* betydning. Stor planteafstand ved kulturetablering medfører uvægerligt en større risiko for stammesprækker.

*Proveniensen*s betydning synes først og fremmest at være en dimensionseffekt. Om der er en effekt udover dimensionen eller væksthastigheden, synes ud fra nærværende opgørelse af proveniensforsøg tvivlsom. Indirekte har planteafstandsforsøg dog antydning af en betydelig proveniensindvirkning.

Der er ikke påvist nogen effekt af *gødsning* i rødgran i forbindelse med revner, ligesom højere *bonitet* ikke entydigt medfører et større antal revner. Det må dog understreges, at materialet for disse to vækstfaktorer er særdeles spinkelt.

Af andre faktorer, der har indflydelse på revnedannelse, kan nævnes *bevoksningsalderen*. Det er således yngre til mellemaldrende bevoksninger, der er udsatte – alderen omkring 20 til 25 år synes at være mest kritisk.



De træer, som revner, er fremtidstræer i bevoksningen – værdifulde, herskende træer med et stort økonomisk potentiale, og revnerne forekommer i træernes mest værdifulde dele.

Den kvalitetsmæssige deklassering af det enkelte træ afhænger af revnernes antal, dybde, placering samt eventuel venstresnoning og rådgangreb. Revnen går sædvanligvis dybt ind i det som oftest venstresnoede ved, er placeret på stammens nedre del og angribes med tiden ofte af rådsvampe – altså faktorer, der alle trækker i samme negative retning med en kraftig værdiforringelse til følge. Hertil kan yderligere lægges en vis betydning af eventuelle indre revner.

At de mest udsatte træer så i vedteknologisk henseende måske er af lavere værdi end de øvrige »normaltræer« er en anden sag.

En anden effekt af revnerne er påvirkningen af den bevoksning, hvori de forekommer. Her får ikke kun antallet, men også stamtalsfordelingen på arealet betydning. Med en uheldig, stedvis tæt fordeling kan endog få, ramte træer medføre bevoksningshuller, der igen kan bevirke, at bevoksningen p. g. a. stormskade går i opløsning og må afdrives i utide. Randtræer er særligt udsatte for revnedannelse, men kan af stabilitetshensyn være umulige at erstatte med nabotræer.

#### SKOVDRYKNINGSMÆSSIGE ANBEFALINGER

Særligt hurtigtvoksende provenienser er mest sårbare overfor revnedannelse. Risikoen kan dog imødegås eller fjernes ved at overholde visse simple, skovdykningsmæssige krav.

Svagere til moderate hugststyrker påvirker tilsyneladende ikke risikoen for revner, men ved hugststyrke D begynder risikoen at stige. Hugststyrker kraftigere end D-hugst bør undgås, hvis man vil sikre sig mod revner. Sådanne kraftige hugststyrker i gran bliver dog af andre årsager yderst sjældent praktiseret af danske forstfolk.

Hvis man vil være helt sikker på ikke at få for mange revner, må planteafstanden højst være 1.75 m i kvadratforbandt, svarende til ca. 3300 planter pr. ha – heri ikke indregnet spor. Proveniensen Rycerka fra Polen synes her særlig følsom. Med andre provenienser kan man formodentlig tillade sig at gå længere ud i planteafstand uden at få revner.

Ud fra en samlet vurdering af forsøgsvæsenets foreløbige opgørelse synes omfanget af stammerevner i danske bevoksninger dog ikke at være af større betydning.

#### RESUMÉ

Stammerevner har i de seneste år været genstand for en del opmærksomhed i Nordamerika, Frankrig, Vesttyskland og ikke mindst i Skandinavien.

Denne interesse skyldes blandt andet, at stammerevner for det enkelte træ medfører en svækkelse og værdiforringelse. Da revnede træer endvidere hører til blandt de største træer i bevoksningen (se figur 2 og 7), kan endog få, skadede træer have indvirkning på bevoksningens stabilitet og økonomi.

Statens forstlige Forsøgsvæsen har i forbindelse med løbende revisionsmålinger af proveniens-, udhugnings-, træarts- og planteafstandsforsøg med rødgran registreret tilstedeværelsen af stammerevner i de senere år.

I 4 af 12 særligt undersøgte proveniensforsøg i alderen 19–23 år fra frø blev der fundet 100 revnede træer, hvilket svarer til en gennemsnitlig forekomst af revner på 0.67 % af de undersøgte træer på arealer, hvor revner forekommer (se tabel 1). Der blev ikke observeret stammerevner i yngre og ældre proveniensforsøg.

I 8 ældre (37–90 år) og 2 yngre hugstforsøg (27 og 31 år) blev der registreret ganske få revner. Kun i

eet yngre hugstforsøg blev der ved alderen 22 år fundet noget flere stammerevner. Den parcelvise revnehypighed varierede her fra 0 til 0.9 %. Kun i eet hugstforsøg (udenfor forsøgsvæsenets regie) med ekstremt stærke hugstgrader blev der observeret et betydeligt antal stammerevner. I den kraftigst tyndede parcel var stammerevnefrekvensen 4.8 % (se tabel 2). Der blev ikke fundet revner i 3 gødningsforsøg (49 år). I 17 træartsforsøg (17–53 år) var der kun få, ubetydelige sprækkeskader.

Det samme forhold gælder 3 yngre (22–23 år) og 2 ældre planteafstandsforøg (47 år); men derimod ikke et yngre planteafstandsforøg (22 år), hvor der var 85 stammerevnedede træer. I parcellen med den største planteafstand ( $3.25 \times 3.25$  m) var revneraten 18 % (se figur 8).

Der er på grundlag af et hugstforsøg med 63 stammerevner fordelt på 40 træer, foretaget en analyse af ydre stammerevners fremtoning på stammerne. Generelt følger revnen den venstresnoede fiberretning i træet op ad stammen, og revnen begynder oftest på stammens nederste 5 meter fra jorden. Sprækkelængden varierede i dette forsøg fra 0.3 m til 4.8 m med en gennemsnitslængde på 1.9 m (se figur 3). Der er dog i et yngre hugstforsøg fundet en sprækkelængde på 6.5 m. Revnerne er hovedsagelig orienteret i vestlig og nordlig retning (se figur 4).

Sammenfattende kan det siges, at betingelserne for at revner udløses, er tørke (særligt sensommertørke) og forceret vækst i de yngre stadier af granens liv. Træer yngre end 15 år rammes ikke af revner, og træer ældre end 40 år får sjældent revner.

Proveniensenes effekt synes at begrænse sig til dens evne til at vokse hurtigt. Langsomtvoksende provenienser får klart færre revner end hurtigtvoksende provenienser (se figur 5 og 6). Tidlige hugstindgreb kombineret med meget stærk tyndingsintensitet øger risikoen for stammerevner (se tabel 2). Reducering af grundfladen med over 50 % ved een tynding kan ikke anbefales. Planteafstandens betydning er dog mest markant, idet større planteafstand medfører øget risiko for sprækker (se figur 8). Afstande over  $1.75 \times 1.75$  m bør undgås, hvis proveniensen er særligt hurtigtvoksende. Det har ikke været muligt at påvise en gødningseffekt på grund af det spinkle materiale, men derimod synes der at være en tendens til, at stigende jordbundsbonitet øger sandsynligheden for revner – jævnfør figur 8.

Forekomsten af stammerevner i rødgran i Danmark synes dog, bedømt ud fra forsøgsvæsenets prøveflader, at være af mindre omfang, og de fundne revner er hovedsagelig dannet i de tørre somre 1976 og 1982.

#### SUMMARY

Stem cracks have in recent years been the object of some attention in North America, France, the Federal Republic of Germany, and, not least, in Scandinavia.

This interest is due, among other things, to the fact that for the individual tree stem cracks represent structural weakening, inroads of pathogens, and loss of value. Since, furthermore, cracked trees belong to the biggest trees in the stand (see Figures 2 and 7), even a few damaged trees may influence the stability and economy of the stand.

The Danish Forest Experiment Station has during recent years registered stem cracks in connexion with regular measurements of provenance-, thinning-, tree species- and spacing experiments with Norway Spruce.

In 4 out of 12 examined provenance experiments aged 19–23 years from seed, 100 cracked trees were found, which corresponds to an average crack incidence of 0.67 % of the trees growing on the sites where stem cracks occurred (see Table 1). No stem cracks were observed in younger or older provenance experiments.

In 8 older (37–90 years) and 2 younger (27 and 31 years) thinning experiments very few cracks were registered. Only one younger thinning experiment showed a somewhat higher number of stem cracks at the age of 22 years. The plotwise crack frequency varied here from 0 to 0.9 %. In only one thinning experiment (outside the management of the Forest Experiment Station), where extremely heavy thinning treatments had been employed, a considerable number of stem cracks were observed. In the most heavily thinned plot the stem crack rate was 4.8 % (see Table 2).

No cracks were found in 3 fertilization experiments (49 years). In 17 tree-species experiments (17–53 years) there were only few, unsubstantial slits.

The same applies to 3 younger (22–23 years) and 2 older (47 years) spacing experiments, but not to a younger spacing experiment (22 years), in which there were 85 stem-cracked trees. In the plot with the widest spacing (3.25 × 3.25 m) the crack rate was 18 % (see Figure 8).

Based on a thinning experiment with 63 stem cracks distributed among 40 trees, exterior cracks have been analysed with regard to appearance and position on the stems. Generally the crack follows the sinistrose fibre direction in the stem, and the crack most often starts within the lowest 5 metres from the ground. The length of the crack varied in this experiment from 0.3 to 4.8 m with an average length of 1.9 m (see Figure 3). However, in a younger thinning experiment a crack length of 6.9 m has been found. The cracks are mainly facing westerly and northerly directions (see Figure 4).

Summarily it may be said that the conditions which cause cracks are drought (especially late-summer drought) and forced growth during the younger stages of the life of the spruce. Trees younger than 15 years are not subject to cracks, and trees older than 40 years seldom evolve cracks.

The effect of the provenance seems to be limited to its ability to grow fast. Slow-growing provenances clearly get fewer cracks than fast-growing provenances (see Figures 5 and 6). Early and very heavy thinnings increase the risk of stem cracks (see Table 2). A reduction of the basal area by more than 50 % in one thinning cannot be recommended. Most *conspicuous*, however, is the importance of the spacing, since a wider spacing involves an increased risk of cracks (see Figure 8). Spacing wider than 1.75 × 1.75 m should be avoided if the provenance is especially fast growing. It has not been possible to demonstrate a fertilizer effect due to the slender material; on the other hand, there seems to be a tendency for a higher site class to increase the probability of cracks.

The occurrence of stem cracks in Norway Spruce in Denmark, estimated on the basis of the Forest Experiment Station's trials, seems, however, to be of minor proportions, and the cracks found, mainly had their origin in the dry summers of 1976 and 1982.

#### LITTERATURLISTE

- Aigner, F.*, 1981: Bestandes- und Holzschäden durch Rissbildungen an Fichte; AFZ nr. 28: 720–722.
- Buchwald, N. Fabritius.*, 1948: Tørkespalter i stående rødgran; DST bd. 33: 196–199.
- Busse, J.*, 1930: Forstlexikon; bd. 2: 413. Paul Parey Verlag, Berlin.
- Davner, L.*, 1985: Unvik slovakiske och rumänske plantor; Skogen nr. 11: 36.
- Dietrichson, J. et al.*, 1985: Stem cracks in Norway Spruce; Medd. fra NISK, Norge. Nr. 38. 12: 1–24.
- Elingård-Larsen, E.*, 1986: Stammerevner hos gran; Skoven nr. 3: 106–107.
- Handler, M. M. & Jakobsen, B.*, 1986: Nyere danske planteafstandsforøg med rødgran; SFF bind 40, hæfte 4: 359–442. (Beretning nr. 347).
- Jensen, N. H.*, 1942: Frostrevner . . .; Skovbrugstidende 1942: 46–47.
- Krutzsch, Peter.*, 1986: Plantera granen tættere så kan sprickor undvikas; Skogen no. 1: 60–61.
- Kubler, H.*, 1983: Mechanism of forest crack formation in trees; Forest Science bd. 29: 559–568.
- Nielsen, Keld Hauge.*, 1986: Stammesprækker i nåletræer; hovedopgave på skovbrugsstudiet, 50 p + bilag; unpubl.
- Olesen, P.*, 1971: Rødgranens rumtæthedsvariation med verdenshjørnet. Skovtræforædlingen, Arboretet, Hørsholm.
- Persson, A.*, 1985, 2: Granens kvalitet i Södra Sverige; SST nr. 3: 35–40.
- Persson, A.*, 1985: Sprickbildning hos gran; Skogsakta, Konferens nr. 7: 126–131.
- Persson, A. & Axelsson* 1985: Stamsprickor hos gran. Slutrapport til Skogsstyrelsens Forskningsnämnd – Garpenberg, unpubl. 24 s. + 14 bilag.
- Rognerud, Per.*, 1985: Stammesprækkerne skyldes proveniens; Norsk Skogbruk nr. 12: 18–23.