

Styrkeforsøg med dansk gran

samt en vurdering af styrkesorteringens virkninger

**Strength Tests Applied to Danish Grown Spruce and
an Evaluation of the Results of the Grading**

Danish Text with an English Summary

**MARIUS JOHANSEN
T. FELDBORG NIELSEN
HANNE SPØHR**



**STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
SBI-RAPPORT 62 · KØBENHAVN 1969**

I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG

Styrkeforsøg med dansk gran

samt en vurdering af styrkesorteringens virkninger

**Strength Tests Applied to Danish Grown Spruce and
an Evaluation of the Results of the Grading**

Danish Text with an English Summary

**MARIUS JOHANSEN
T. FELDBORG NIELSEN
HANNE SPØHR**



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
SBI-RAPPORT 62 · KØBENHAVN 1969
I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG

Indhold

	side
Indledning	3
Sammenfatning	4
Forsøgets tilrettelæggelse og udførelse	5
Forsøgsresultater	6
Sammenligning mellem de tre danske skovdistrikter	9
Sammenligning mellem NS 447 og dansk T-virke	16
Karakteristisk styrke for de forskellige sorteringsklasser	18
Sammenligning mellem dansk og norsk gran	20
Summary	22
Litteratur	22

Eftertryk tilladt, men kun med kildeangivelsen: Styrkeforsøg med dansk gran, samt en vurdering af styrkesorterings virkninger. SBI-rapport 62 (1969).

Indledning

Her i landet er trækonstruktioner hidtil hovedsagelig blevet udført med usortet træ, hvilket betyder, at de store vækstbetingede variationer i træets styrkeegenskaber også findes i konstruktionerne. For at kunne udnytte træets styrke bedre og samtidig opnå en rimelig sikkerhedsmargin i alle konstruktioner må man foretage en særlig sortering af træet med henblik på træets styrke.

I Finland, Norge og Sverige har man allerede i flere år haft sorteringsregler for træ til bærende konstruktioner, mens vi har savnet sorteringsregler.

Ved revisionen af den danske norm for trækonstruktioner blev der derfor udarbejdet et forslag til danske sorteringsregler på grundlag af et nordisk forslag til "Retningslinier for klassificering af konstruktionsvirke", som var udarbejdet af udvalget for trækonstruktioner og konstruktionstræ, nedsat af Nordisk komité for Bygningsbestemmelser.

Før disse regler kunne benyttes, måtte det imidlertid undersøges, om de gav rimelige resultater for dansk træ, idet der kun forelå ganske få resultater af forsøg med dansk træ. Der blev derfor af Træafdelingen ved Teknologisk Institut, Trærådet og Statens Byggeforskningsinstitut planlagt en undersøgelse.

Denne indledes i 1963 med en prøvesortering af konstruktionstræ hos danske savværker, tømmerhandlere og tømmermestre (7).

Sortering af dansk gran viste næsten samme udbyttefordeling efter sorteringsklasser, som en tidligere svensk undersøgelse viste for svensk gran. Sorteringen viste også, at der i høj grad var behov for sorteringsregler.

Da vækstforholdene i Danmark er væsentlig anderledes end i de nordlige dele af Skandinavien, kunne det imidlertid tænkes, at en sortering af dansk træ efter de førnævnte nordiske regler ville give en fordeling af træet på sorteringsklasser, der hver for sig havde andre - eventuelt bedre - styrkeegenskaber, end de tilsvarende klasser fra det øvrige Skandinavien. Man ønskede derfor en nærmere undersøgelse af dette forhold.

En større undersøgelse af norsk granvirkes styrkeegenskaber var netop ved at være afsluttet, og Norsk Treteknisk Institutt stillede velvilligt forsøgsudstyr og EDB-program til rådighed for den danske undersøgelse.

Træafdelingen, Teknologisk Institut, udvalgte derefter 3 skovdistrikter med forskellige vækstforhold. Til styrkeprøvningen leverede disse 3 distrikter hver 25 stammer, der blev opskåret på Ravnholt savværk.

Bøjningsforsøgene blev udført af Statens Byggeforskningsinstitut med assistance fra Norsk Treteknisk Institutt på Treteknisk Institutts forsøgsopstilling i Lillestrøm, idet man søgte at få det bedst mulige grundlag for sammenligning mellem de norske og danske forsøgsresultater.

Sammenfatning

Undersøgelsens hovedresultater kan resumeres som følger:

Vækstbetingelserne på de tre danske distrikter er så forskellige og påvirker træets egenskaber på en sådan måde, at fordelingen af træemnerne efter bøjningsstyrken (og, omend i mindre grad, efter elasticitetsmodul) er væsentlig forskellige fra distrikt til distrikt.

De danske sorteringsregler ligger så nær op ad sorteringsreglerne i norsk standard NS 447, at man får praktisk taget samme kvalitetsegenskaber inden for grupperne, uanset hvilket sæt af sorteringsregler man anvender.

I forslaget til de danske normer for trækon-

struktioner indgår et krav om, at kun 2,5% af fordelingen af emnerne efter styrke må ligge under den grænse, som angives af den pågældende sorteringsgruppe. Dette krav er opfyldt for hele det undersøgte materiale, selv om det for et enkelt resultat (sorteringsklasse 390 fra distrikt 3) ikke kan påvises med helt så stor sikkerhed som for det øvrige materiale.

Sammenholder man de danske resultater med de norske landsmiddeltal (inden for hver sorteringsgruppe), synes der ikke at være noget, der tyder på, at dansk gran kvalitetsmæssigt skulle afvige væsentligt fra norsk gran.

Forsøgets tilrettelæggelse og udførelse

For at få en nogenlunde god repræsentation for dansk gran blev det fundet rimeligt, at de 3 partier blev udtaget henholdsvis i Vestjylland, Nordsjælland og på Lolland-Falster, repræsenterende ringe, middel og god jordbund.

Efter forespørgsel i Direktoratet for Statsskovbruget blev der vederlagsfrit stillet 25 rødgranstammer til rådighed for forsøgene fra hver af skovdistrikterne: Feldborg, Nødebo og Falster.

Stammerne, som skulle være 7,6 cm lange fra rodsnit og med min. topdiameter 17 cm (på bark), skulle endvidere være rette og sunde. Det ville være ønskeligt med nogen variation i diameteren, således at der kunne forekomme såvel dominerende som medherskende og undertrykte træer. Kvaliteten skulle i øvrigt være således, at den var et godt udtryk for distrikternes gennemsnit. For de enkelte distrikter kan anføres følgende specielle oplysninger om det leverede træ:

Distrikt 1, Feldborg.

Tømmeret er leveret fra en plantage (afd. 179), der består af 115-årig (efterår 1964) gran med lidt indblandet skovfyr. Driftsplanen fra 1951 angiver en middelhøjde på 17,4 m og en diameter i middeltammegrundfladen på 20,5 cm. Stammerne er fra en normal gennemhugning af afdelingen, og det må antages, at tømmeret repræsenterer et godt gennemsnit af 1. generations granbevoksninger i Feldborg plantage.

Jordbunden består af rent sand som på enhver tarvelig, plan hedeblade.

Distrikt 2, Nødebo.

Tømmeret stammer fra afdeling 117 a, der består af 74-årig (efterår 1964) gran. Driftsplanen fra 1960 angiver en middelhøjde på 25,4 m og en middeldiameter på 30,1 cm. Stammerne er fra en normal gennemhugning af afdelingen, og det må antages, at tømmeret repræsenterer et godt gennemsnit af rødgran i Gribskov.

Jordbunden består af svagt leret, groft sand med større og mindre sten (moræne).

Distrikt 3, Falster.

Tømmeret stammer fra afdeling 11 B og 31 B, Falsters distrikt. Afdelingerne er henholdsvis 46 og 47 år (efterår 1964) med middelhøjder på henholdsvis 20,0 m og 17,5 m. Kvaliteten af tømmeret er et godt gennemsnit af distriktets grankvalitet, men den giver ikke udtryk for gennemsnitskvaliteten på Lolland-Falster.

Jordbunden er svagt til kraftigt muldet med undergrund af svagt til stærkt sandblandet ler eller lerblandet, klægt sand. Arealerne er pletvis vandlidende, hvilket bl.a. giver sig udtryk i, at bevoksningerne er stærkt angrebet af rodfordærver (Trametes).

Som helhed betragtet svarer rødgranen fra Feldborg og Falsters distrikter til yderpunkterne for rødgranens kvalitet her i landet, mens træet fra Nødebo distrikt mere svarer til gennemsnitskvaliteten for landet. Der må dog påregnes lokalt at kunne forekomme ret store udsving fra de angivne yderpunkter, men langt den overvejende del af dansk granproduktion må antages kvalitativt at befinde sig mellem de angivne yderpunkter.

Af stammerne blev der skåret fuldkantet halvtømmer med tværsnittet 57 x 108 mm, som efter tørring til 15% fugtindhold og høvling skulle holde 47 x 97 mm, ligesom den mindste af dimensionerne i den norske granvirkeundersøgelse. Den norske undersøgelse omfattede 2 x 4" og 3 x 8".

De to stykker halvtømmer, som fremkom af hver stamme, blev opskåret i længderne 2,3 + 1,5 + 2,3 + 1,5 henholdsvis 1,5 + 2,3 + 1,5 + 2,3 og mærket med stammens nummer og bogstaverne a, b, c, d, begyndende med a ved rodenden.

Herved fremkom af hver stamme 4 stk. på 2,3 m beregnet til de planlagte bøjningsforsøg og 4 stk. på 1,5 m beregnet til evt. senere trækforsøg. I øvrigt blev der af sideudbyttet udtaget nogle planker til planlagte forsøg med træforbindelser i Statens Byggeforskningsinstitut.

De 2,3 m lange prøvebjælker sendtes derefter til Lillestrøm i Norge, hvor de blev tørret og konditioneret ved 15% fugtindhold og høvlet ligesom de norske prøveemner. Derefter foretoges af Statens Byggeforskningsinstitut de to sorteringsregler af emnerne, først efter de norske sorteringsregler NS 447, som var benyttet ved den norske granvirkeundersøgelse, dernæst efter det danske forslag til sorteringsregler. Som kontrol blev sorteringen efter NS 447 gentaget af ingeniør Moen, Norsk Treteknisk Institutt, som havde foretaget sorteringen af det norske granvirke.

Ved sorteringen blev der kun taget hensyn til den del af hvert emne, der kunne influere på udfaldet af bøjningsforsøgene.

Sorteringen omfattede derfor kun afstanden mellem belastningspunkterne + 2 gange bjælkehøjden i hver side, d.v.s. 110 cm. Ved måling af max. knaster blev dog kun medregnet de knaster, som lå inden for belastningspunkterne + 1 gange bjælkehøjden i hver side. Udover registreringen ved selve sorteringen blev før prøvningen registreret:

Bjælkens dimensioner på midten med 0,1 mm nøjagtighed.

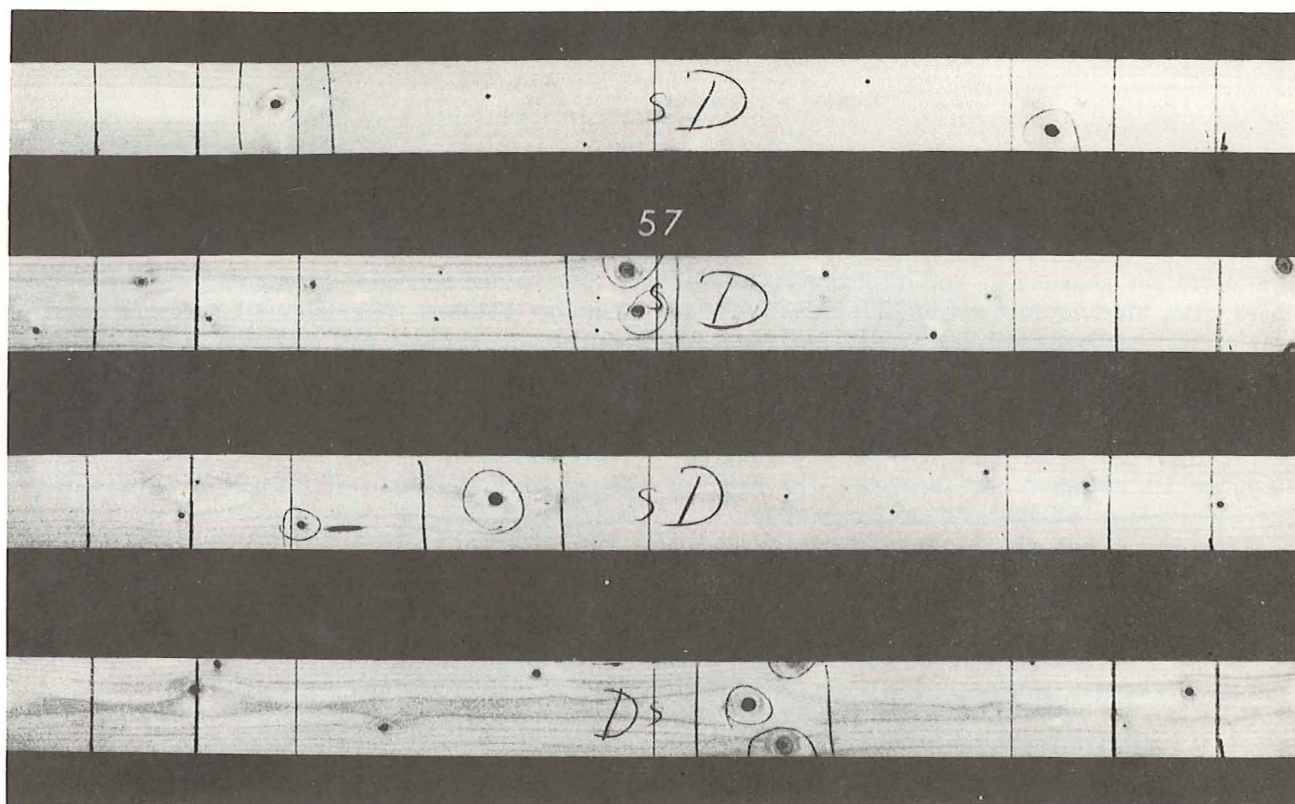
Bjælkens vægt med 0,1 kg nøjagtighed ligesom de enkelte sider blev mærket:

A: Bedste smalside, trykside

B: Marvside

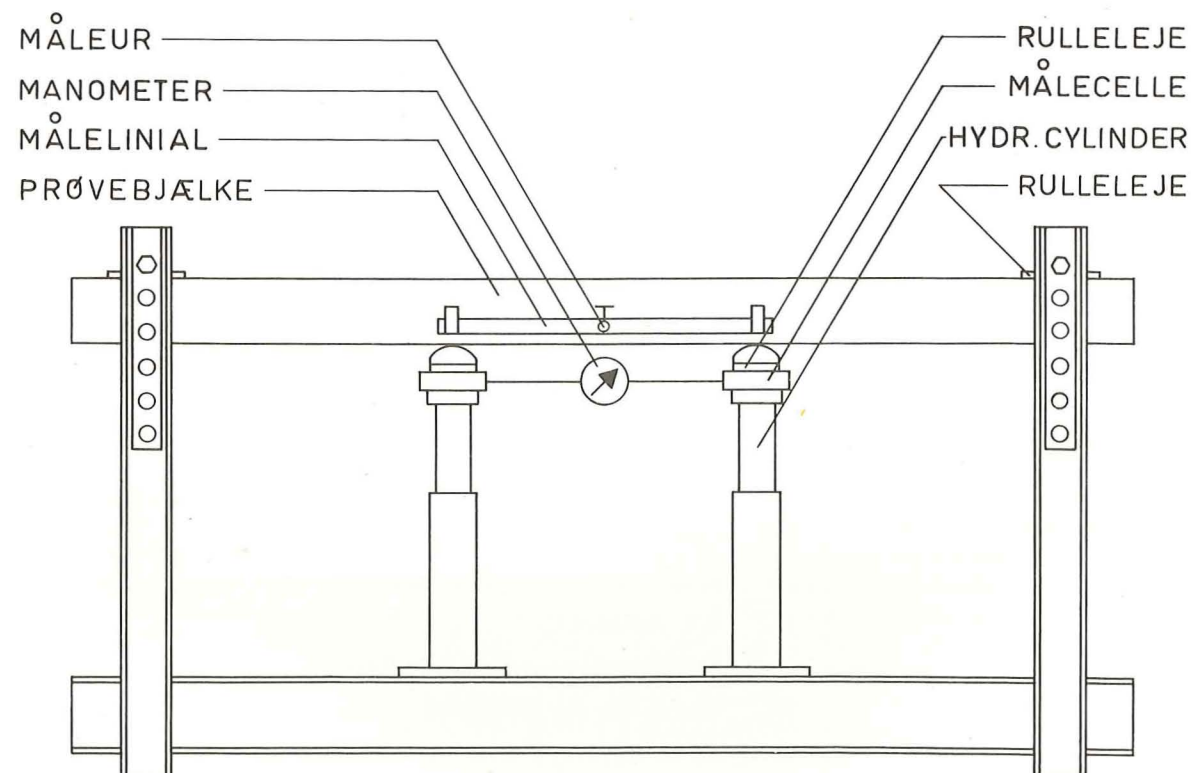
C: Dårligste smalside, trækside

D: Splintside



Figur 1: Alle bjælker blev fotograferet fra alle 4 sider før prøvningen. Billedet viser splintsiden af de 4 emner af stamme nr. 57.

Figure 1. All beams were photographed from all four sides before the tests were made. The figure shows the external face of each of the four specimens from log No. 57.



Figur 2: Skematisk tegning af prøveudstyret.

Figure 2. Diagrammatic representation of the testing equipment.

Alle bjælker blev fotograferet fra alle 4 sider før prøvningen, se fig. 1, der viser splintsiden på de 4 emner af stamme nr. 57.

Prøveudstyret, som også var benyttet ved den norske undersøgelse, er vist på fig. 2.

Belastningen påførtes med en motordrevet hydraulisk trykcylinder. Kraften målte ved hjælp af en hydraulisk trykcelle med 10 kp nøjagtighed.

Nedbøjningen blev nedent for proportionalitetsgrænsen målt med 0,01 mm nøjagtighed på B-siden over en afstand på 60 cm med et måleuret på en op-hængt stållineal.

På D-siden var i den fulde spændvidde, 210 cm, udspændt en snor, og på bjælkens midte var fastgjort en spejllineal, hvorpå nedbøjningen under hele forsøget aflæstes med 0,5 mm nøjagtighed.

Aflæsningerne foretoges ved en belastningsforøgelse på ca. 100 kp. Nedbøjningshastigheden var ca. 2 mm pr. min. Prøvningen af en bjælke varede indtil $\frac{1}{2}$ time, afhængigt af nedbøjningens størrelse.

Under prøvningen registreredes og nummereredes stukninger og sprængninger. Efter prøvningen blev bruddet beskrevet og fotograferet. Der blev

endvidere nær brudstedet udskåret en ca. 15 mm tyk skive til bestemmelse af træets fugtindhold ved tørring og vejning.

Forsøgsresultater

Ved den statistiske analyse af forsøgsresultaterne anvendtes det norske EDB-program.

De i tabel 1 angivne data, p 1 - p 22, fra sortering og forsøg dannede grundlag for analysen.

Heraf beregnedes for hvert emne:

$$\text{Fugtindhold} = 100 \cdot (p5 - p6) / p6 \%$$

$$\text{Volumenvægt} = 1000 \cdot p4 / (p1 \cdot p2 \cdot p3) \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Bøjningsstyrke} = 210 \cdot p7 / p1 \cdot (p2)^2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Elasticitetsmodul} = 94500 / p1 \cdot (p2)^3 \cdot p8 \text{ 1000 kg/cm}^2$$

p14 og p16 blev ikke benyttet, da den totale sortering omfattede emnets krumning og vridning, som er uden betydning for styrken, og som på grund af tørring til 15% fugtindhold var væsentlig større end ved normal sortering, der som regel foregår ved fugtindhold større end 20%.

p15 og p21 angiver, om deklasserende fejl under

	Prøve nr.
1.	Prøvens tykkelse: cm
2.	" bredde: "
3.	" længde: "
4.	Prøvens vægt: kg
5.	Fugtighedsprøvens vægt ved prøvning: g
6.	" " , tør: "
7.	Max. belastning: kg
8.	Nedbøjning ved 500 kg: cm
9.	Største kantknast: mm
10.	" fladsideknast i yderste del: "
11.	" " i midterste del: "
12.	" knastsum: "
13.	Åringsbredde: "
14.	Total sortering efter dansk forslag:
15.	N.S. Placering af deklass. fejl:
16.	Total sortering efter N.S. 447:
17.	Kvalitetssortering efter dansk forslag:
18.	N.S. Brudårsag:
19.	Kvalitetssortering efter N.S.447:
20.	Nedbøjning for belastning på fladside: mm
21.	Dansk forslag. Placering af deklass. fejl:
22.	Dansk forslag. Brudårsag:

Prøvning udført i Lillestrøm i okt. - nov. 1964.

Tabel 1. Data ved bøjningsprøvning af 2 x 4" dansk gran.

	Distrikt 1	Distrikt 2	Distrikt 3	I alt
Deklasserende fejl i trækside = brudårsag	67	76	63	206
Deklasserende fejl i trækside ikke brudårsag	23	21	26	70
Deklasserende fejl ikke i trækside og ikke brudårsag	8	2	9	19
Antal forsøgsemner	98	99	98	295

Tabel 2. 295 træemner udvalgt fra 3 distrikter fordelt efter deklasserende fejl og brudårsag.

Brudtyper	Distrikt 1		Distrikt 2		Distrikt 3		
	sejgt brud	skørt brud	sejgt brud	skørt brud	sejgt brud	skørt brud	
Splintret brud	n	18	-	5	-	10	-
	\bar{x}	653	-	694	-	612	-
	s	47	-	44	-	92	-
Tværbrud med efterfølgende flækning	n	36	15	21	23	14	30
	\bar{x}	523	530	531	507	477	509
	s	74	102	71	100	74	84
Tværbrud	n	4	2	4	6	3	11
	\bar{x}	438	544	492	425	469	434
	s	129	84	113	115	19	52
Flækningsbrud	n	15	6	17	16	9	14
	\bar{x}	547	591	538	508	510	502
	s	94	109	88	94	96	85
Skråt flækningsbrud	n	-	2	-	7	-	7
	\bar{x}	-	519	-	497	-	405
	s	-	63	-	77	-	60

Tabel 3. Oversigt over de forskellige brudformers fordeling på distrikt samt på sejgt og skørt brud. Ved et sejgt brud menes et varslet brud, som først indtræder efter en væsentlig krumning af arbejdslinien. Ved et skørt brud menes et uvarslet, pludseligt brud. Inden for hver gruppe er angivet antal emner, n, samt gennemsnitsstyrken, \bar{x} , og spredningen s, for disse emner.

forsøget har været placeret i bjælkens stræk- eller trykside.

p18 og p22 angiver, om deklasserende fejl har været brudårsag.

Tabel 2 viser, at fejl, der har været afgørende for klassificeringen i de fleste forsøgsemner (206) også har været brudårsag.

I 70 forsøgsemner er bruddet dog ikke indledt ved deklasserende fejl, selv om disse var beliggende i emnets trækside. I 19 forsøgsemner var

deklasserende fejl ikke i træksiden og ikke brudårsag. Det var oftest deklasserende yderfeltnaster, som var placeret i tryksiden, mens bruddet indledtes ved en noget mindre kantknast, registreret, men svarende til en klasse højere og ofte medregnet i største knastsum.

Det fremgår af tabel 3, at der opstod sejgt brud i ca. tre fjerdedele af emnerne fra distrikt 1, i ca. halvdelen fra distrikt 2 og kun godt tredjedelen fra distrikt 3.

Sammenligning mellem de tre danske skovdistrikter

I det følgende skal redegøres for den statistiske analyse af forsøgsresultaterne. I konstruktionsmæssig henseende må bøjningsstyrken og E-modulet betragtes som de vigtigste egenskaber, og analysen er da også koncentreret herom.

Tabel 4 viser gennemsnit, spredning og variationskoefficient for bøjningsstyrke og E-modul for de 295 træemner i alt, samt for de samme emner fordelt på distrikter.

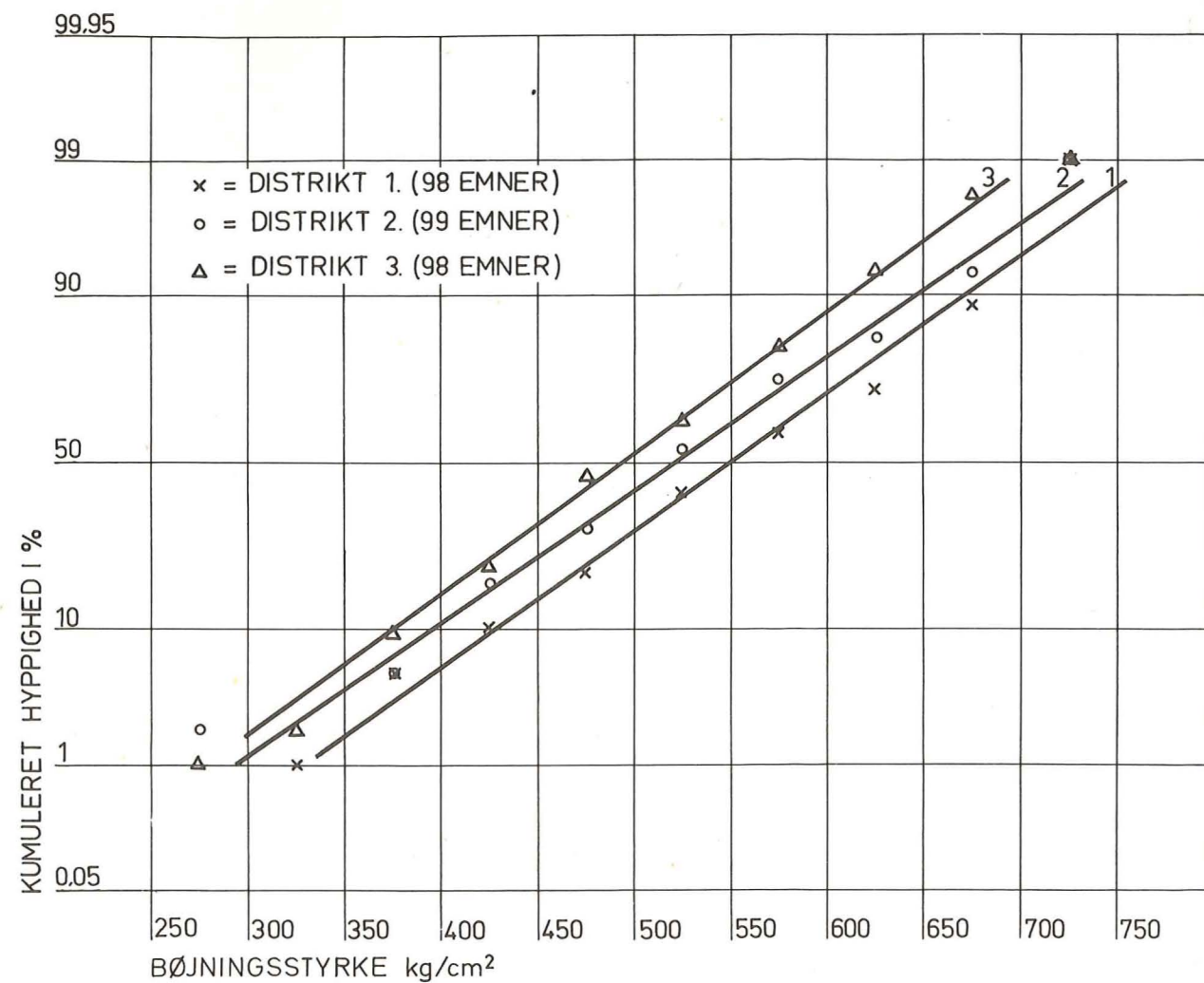
På fig. 3 og 4 er de tilsvarende kumulerede for-

	Bøjningsstyrke, kg/cm ²				E-modul, 1000 kg/cm ²			
	Distrikt 1	Distrikt 2	Distrikt 3	I alt	Distrikt 1	Distrikt 2	Distrikt 3	I alt
Antal emner, n	98	99	98	295	98	99	98	295
Gennemsnit, \bar{x}	553	521	494	523	138	134	119	130
Spredning, s	96	98	93	99	20	23	19	23
Gnstl. spredning inden for distriktet	96				21			
Var. koeff. %	17,4	18,8	18,7	18,9	14,8	17,3	16,0	17,3

Tabel 4. Gennemsnit, \bar{x} , og spredningen, s, i fordelingen af styrke og E-modul for n træemner udvalgt fra tre forskellige distrikter i landet.

	Distrikt 1				Distrikt 2				Distrikt 3				
	400	300	200	Øvr. og vrage	400	300	200	Øvr. og vrage	400	300	200	Øvr. og vrage	
Antal, n	5	14	51	28	6	26	43	24	4	21	42	31	
Styrke	\bar{x}	673	620	551	501	658	574	502	464	573	534	500	449
	s	39	68	89	92	71	92	76	93	75	103	80	87
	$\bar{x}-2s$	595	486	373	317	516	390	350	278	423	328	340	275
Spredning inden for distrikt s ₀	96,0				98,1				92,6				
Gnstl. spredning inden for sort.kl. s ₁	85,8				84,1				87,3				
s ₁ i % af s ₀	89,3				85,7				94,3				
E-modul	\bar{x}	152	143	140	130	153	145	131	123	122	127	121	109
	s	22	16	21	19	15	26	19	23	19	20	17	19
	$\bar{x}-2s$	108	111	98	92	123	93	93	77	84	87	87	71
Spredning inden for distrikt s ₀	20,4				23,2				19,0				
Gnstl. spredning inden for sort.kl. s ₁	20,0				21,7				18,1				
s ₁ i % af s ₀	98,0				93,5				95,3				

Tabel 5. Gennemsnit, \bar{x} , og spredning, s, samt $\bar{x} - 2s$ for bøjningsstyrke og E-modul inden for distrikt og inden for sorteringsklasser (dansk T-virke-regler). Endvidere er for hvert distrikt anført den gennemsnitlige spredning inden for sorteringsklasser.



Figur 3. Kummulerede fordelinger af styrken for de udtagne træemner.

Figure 3. Cumulative distributions of the strength of the tested specimens.

delinger tegnet ind på sandsynlighedspapir, idet måleresultaterne er grupperet i intervaller på 50 kg/cm² for styrkens vedkommende og på 10 kg/cm² for E-modulet. Det ses, at punkterne fordeler sig nogenlunde tilfældigt omkring rette linjer, og fordelingen af de målte styrker og E-moduler kan derfor med tilnærmelse betragtes som normale. De rette linjer på figurerne angiver de normale fordelinger, som har de i tabel 4 angivne middelværdier og spredninger.

Det fremgår af figurerne, at der ikke er megen forskel på spredningerne i fordelingerne for de tre distrikter, og et χ^2 -test viser da også, at forskellen ikke er større end, at den kan betragtes som tilfældig.

Derimod viser en variansanalyse, at forskellene på middeltallene i tabel 4 klart er signifikante, dog med undtagelse af E-modul-middeltallene for distrikt 1 og 2, hvor der ingen klar forskel kan påvises.

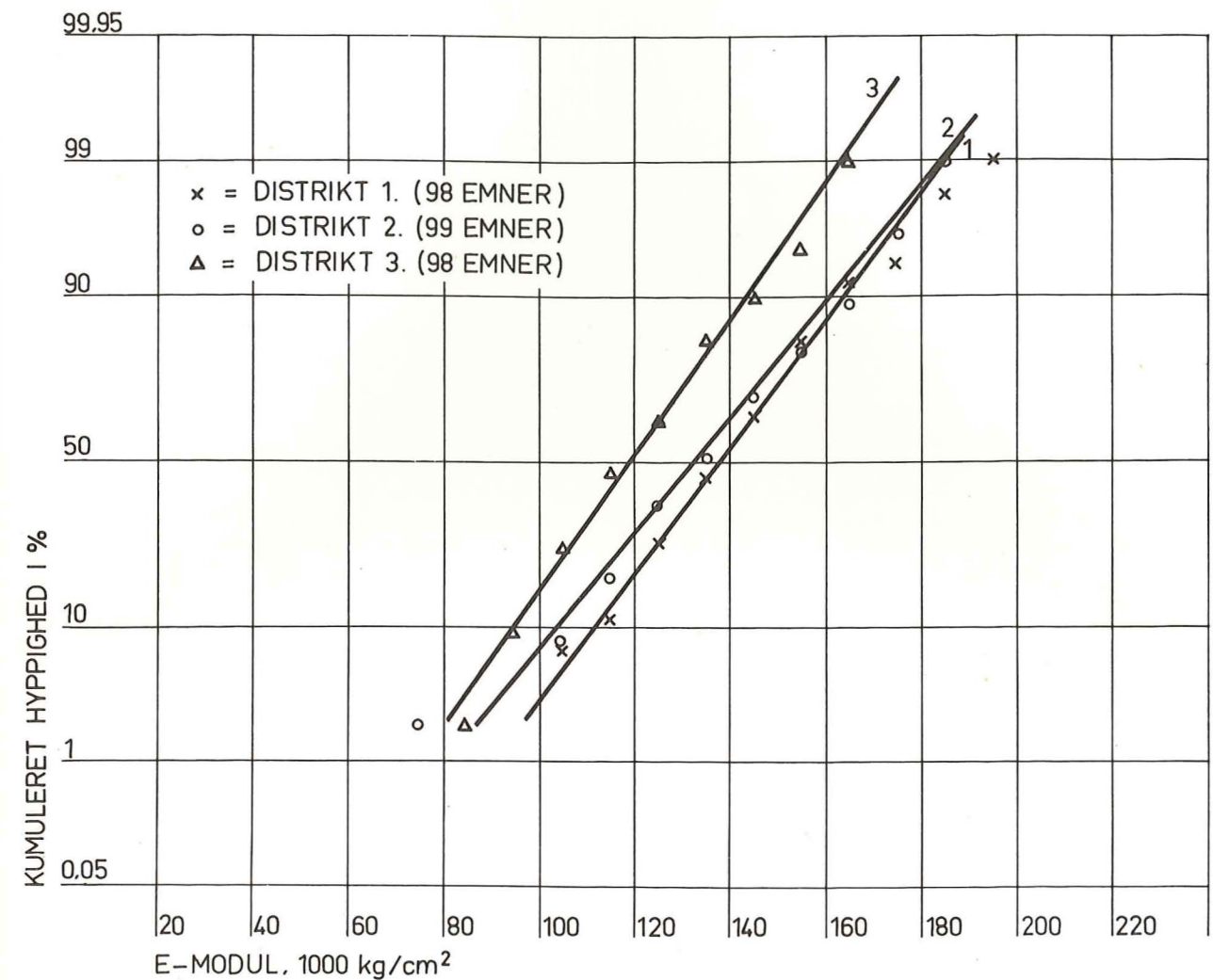
Af tabel 4 kan det ligeledes ses, hvor meget den totale spredning reduceres, når variationen mellem distrikterne fjernes. Spredningen på bøjningsstyrken reduceres fra 99 kg/cm² til 96 kg/cm²

og på E-modulet fra 23 1000 kg/cm² til 21 1000 kg/cm².

Det er således kun meget små reduktioner, der er tale om, hvilket er udtryk for, at forskellen mellem middeltallene er lille i forhold til den samlede spredning. Når forskellene alligevel kan påvises her, skyldes det, at antallet af elementer inden for distrikter er så stort, at middeltallene kan bestemmes med meget stor nøjagtighed.

Det er formålet med den visuelle sortering at inddele træemnerne i grupper på en sådan måde, at variationen i kvalitet bliver så lille som muligt inden for grupperne og så stor som muligt mellem grupperne. Man kan danne sig et indtryk af, i hvor høj grad sorteringsformål opfyldes, ved at undersøge, hvor meget den totale spredning inden for distrikter reduceres ved, at spredningen imellem sorteringsgrupperne fjernes. Resultaterne af denne undersøgelse, samt de øvrige resultater af sorteringen efter danske T-virke-regler er vist i tabel 5.

På basis af resultaterne fra tabel 4 skulle det forventes, at sorteringen ville medføre, at der inden for distrikt 1 ville falde flere emner i de øverste sorteringsklasser end inden for de to andre di-



Figur 4. Kummulerede fordelinger af elasticitetsmodul for de udtagne træemner.

Figure 4. Cumulative distributions of the modulus of elasticity of the tested specimens.

striker, og at der tilsvarende inden for distrikt 3 ville falde flere emner i de laveste klasser end inden for de to andre distrikter.

Det fremgår imidlertid af tabel 5, at den antalmæssige fordeling er nogenlunde ens fra distrikt til distrikt. Det vil sige, at den forskel, som i tabel 4 er påvist mellem gennemsnitskvaliteterne for de tre distrikter, ikke er stor nok til at give sig visuelle udslag. (Som det vil erindres, var forskellen mellem største og mindste gennemsnit kun omkring 10% for styrken mod en variationskoefficient på 17-18% inden for distrikt).

Da middeltallene inden for de tre distrikter er forskellige, samtidig med at antalsfordelingerne er nogenlunde identiske, er det meget naturligt, at middeltallene inden for sorteringsklasser udviser samme bevægelse fra distrikt til distrikt som de samlede middeltal inden for distrikt, således som det også fremgår af tabel 5.

Af tabel 5 fremgår endvidere, hvor meget den visuelle sortering reducerer spredningen inden for distrikt. Reduktionen er af nogenlunde samme størrelsesorden for de tre distrikter, men den er en del større for bøjningsstyrken end for E-modulet.

Reduktionen i spredningen er udtryk for sorteringsmetodens effektivitet, og denne afhænger af, hvor stærkt de uafhængigt variable, bøjningsstyrken og E-modulet, er korreleret med de visuelle sorteringskriterier. Undersøger man korrelationen mellem bøjningsstyrken, henholdsvis E-modulet, og de tre visuelle sorteringskriterier, den maksimale kantknast, den maksimale yderknast og den maksimale knastsum, viser det sig da også, at bøjningsstyrken er en del stærkere korreleret med de visuelle sorteringskriterier end E-modulet. Dette gælder for alle tre kriterier og for alle tre distrikter, jfr. tabel 6.

Samtidig ses det, at korrelationskoefficienterne for både bøjningsstyrken og E-modulet er af nogenlunde samme størrelsesorden fra distrikt til distrikt, dog er korrelationen måske en anelse stærkere inden for distrikt 2, hvilket også stemmer med reduktionsprocenterne i tabel 5.

Det har været diskuteret, om det var muligt at opnå en lige så effektiv sortering af træet ved at anvende årringsbredden som sorteringskriterium. For nærmere at belyse dette vises først i tabel 6 korrelationen mellem bøjningsstyrken, henholdsvis

	Distrikt 1		Distrikt 2		Distrikt 3	
	Bøjningsstyrke	E-modul	Bøjningsstyrke	E-modul	Bøjningsstyrke	E-modul
Kantknast	- 0,42	- 0,22	- 0,41	- 0,23	- 0,53	- 0,29
Yderknast	- 0,43	- 0,24	- 0,35	- 0,28	- 0,24	- 0,14
Knastsum	- 0,34	- 0,24	- 0,24	- 0,38	- 0,51	- 0,21
Årringsbredde	- 0,31	- 0,29	- 0,59	- 0,54	- 0,40	- 0,39

Tabel 6. Korrelationskoefficienterne mellem bøjningsstyrken, henholdsvis E-modulet og den maksimale kantkvist, den maksimale yderkvist og den maksimale kvistsum (de visuelle sorteringskriterier), samt årringsbredden.

E-modulet, og årringsbredden. På grundlag af de tidligere betragtninger vedrørende korrelationskoefficientens betydning for sorteringsmetodens effektivitet skulle det på grundlag af tabel 6 forventes, at årringsbredden som sorteringskriterium ville bevirke en større spredningsreduktion inden for distrikt 2 end det visuelle sorteringskriterium, hvorimod virkningen vil blive mindre for distrikt 1 og 3. Samtidig skulle det forventes, at virkningen ville blive af nogenlunde samme størrelsesorden for bøjningsstyrken som for E-modulet.

Man har forsøgsvis inddelt emnerne for hvert distrikt i grupper efter årringsbredde, 1-1,9 mm, 2-2,9 mm, 3-3,9 mm o.s.v. Det kan herefter på samme måde som tidligere beregnes, hvor meget spredningen inden for distrikt reduceres ved at spredningen mellem grupperne fjernes. Resultaterne fremgår af tabel 7.

Som det ses, stemmer resultaterne meget godt overens med, hvad man kunne forvente på grundlag af korrelationskoefficienterne.

For nærmere at belyse det visuelle sorteringskriteriums virkning på fordeling af træemner inden for distrikt er på fig. 5 optegnet histogrammerne svarende til fordelingerne efter bøjningsstyrken inden for sorteringsgrupper.

Figuren viser, at det, der opnås ved den visuelle sortering, er en opdeling af hvert distrikt i grupper, hvor middeltallet falder jævnt fra den bedste til den dårligste klasse, og hvor spredning inden for grup-

perne er noget reduceret i forhold til den samlede spredning i distriktet.

Samtidig viser den temmelig store overlapning mellem grupperne inden for distrikt, at der alligevel mangler en del i, at sorteringsmetoden er fuldstændig effektiv.

Af figurerne fremgår endvidere det tidligere nævnte og kommenterede forhold, at middeltallene inden for sorteringsklasser følger den samme bevægelse fra distrikt til distrikt som de totale middeltal for distrikterne.

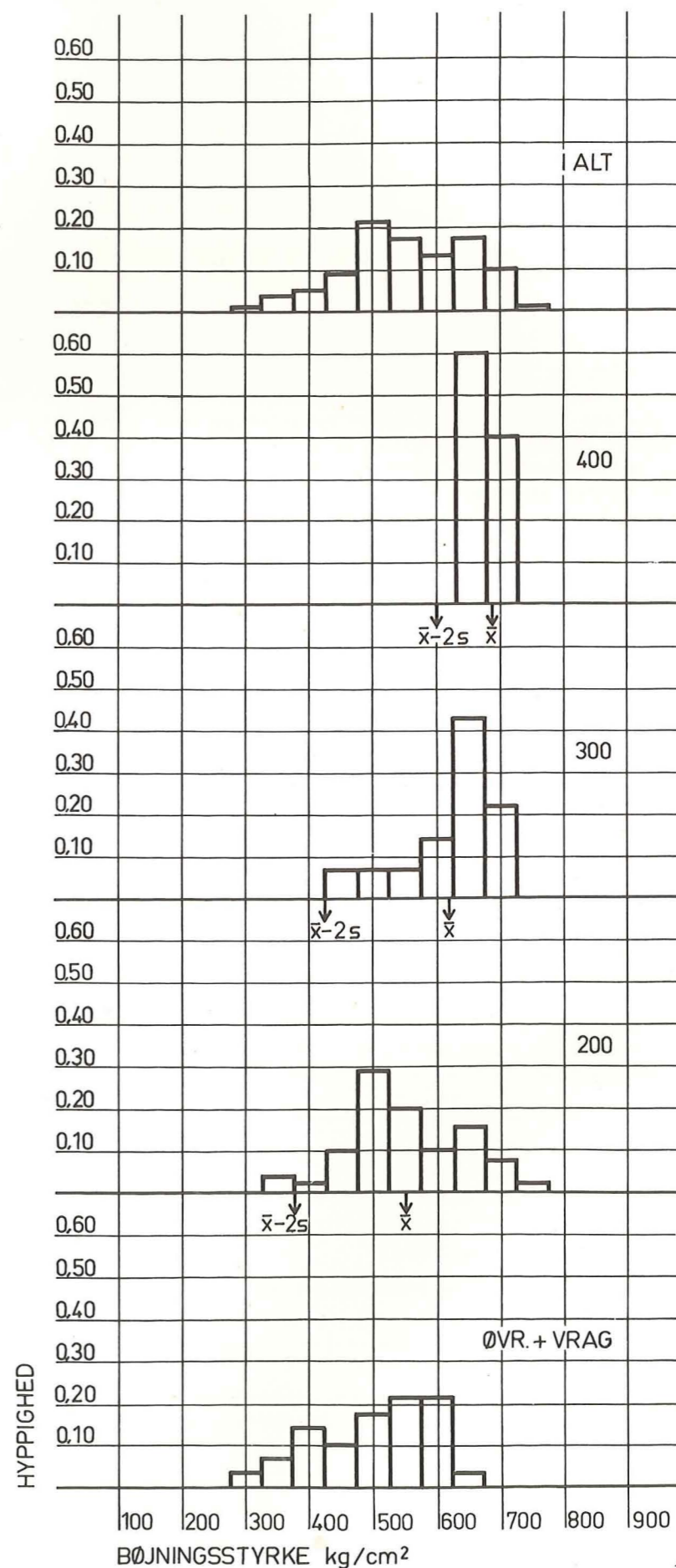
De træemner, som er anvendt i dette forsøg, er skåret op af den del af træet, som er nærmest rodenden. I praksis vil så små dimensioner, som der her er tale om (47 x 97 mm), som regel blive skåret op af den del af træet, som er nærmest topenden.

Da der er en forhåndsformodning om, at træets styrke aftager fra roden mod toppen, vil det, hvis denne formodning er rigtig, betyde, at de styrkeresultater, som er opnået ved disse forsøg, skal tages med et vist forbehold. (Det er i afsnit 2 forklaret, hvorledes de enkelte bjælker er skåret op i fire prøveemner, således at det emne, der er nærmest roden, er mærket a, og det stykke, der er fjernest fra roden, er mærket d). Kaldes styrken for emner mærket a for σ_a og styrken for emner mærket d for σ_d , kan man for hver bjælke beregne styrkedifferencen $\Delta = \sigma_a - \sigma_d$. For hvert distrikt kan den gennemsnitlige Δ -værdi, $\bar{\Delta}$ og spredningen, s_{Δ} beregnes for de ca. 25 bjælker.

	Distrikt 1		Distrikt 2		Distrikt 3	
	styrke	E-modul	styrke	E-modul	styrke	E-modul
Spredning inden for distrikt, s_0	96,0	20,4	98,1	23,2	92,6	19,0
Gennemsnitlig spredning inden for grupper, s_2	94,4	20,2	79,8	20,0	88,7	18,5
s_2 i % af s_0	98,4	98,9	81,3	86,2	95,8	97,4

Tabel 7. Bøjningsstyrke og E-modul. Spredning inden for distrikt s_0 samt den gennemsnitlige spredning inden for gruppen s_2 , når årringsbredden anvendes som sorteringskriterium.

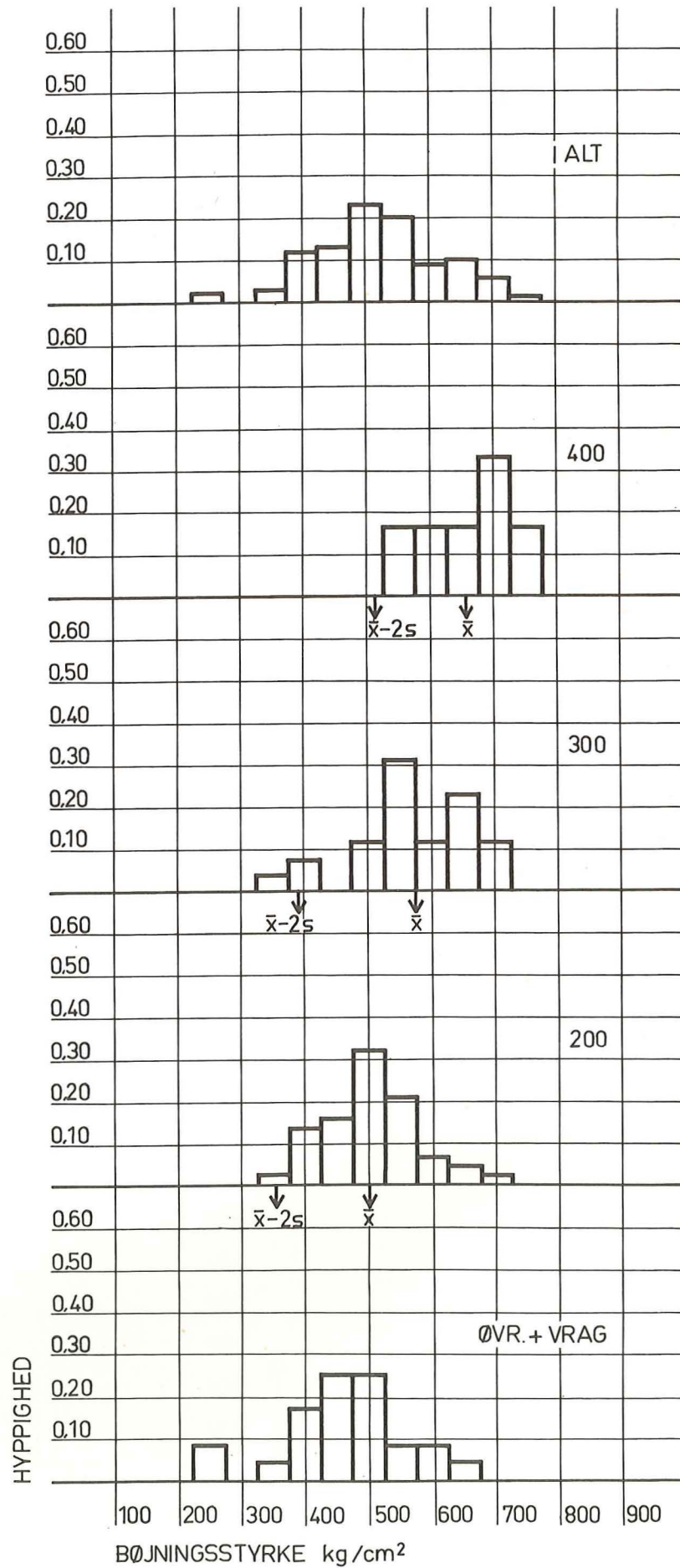
DISTRIKT 1.



Figur 5A: Distrikt 1. 98 emner fordelt efter bøjningsstyrke, ialt og indenfor sorteringsklasser (dansk T-virke).

Figure 5A. District 1. Ninety-eight specimens distributed according to bending strength, collectively and within individual grades (from the Danish rules for the grading of structural timber).

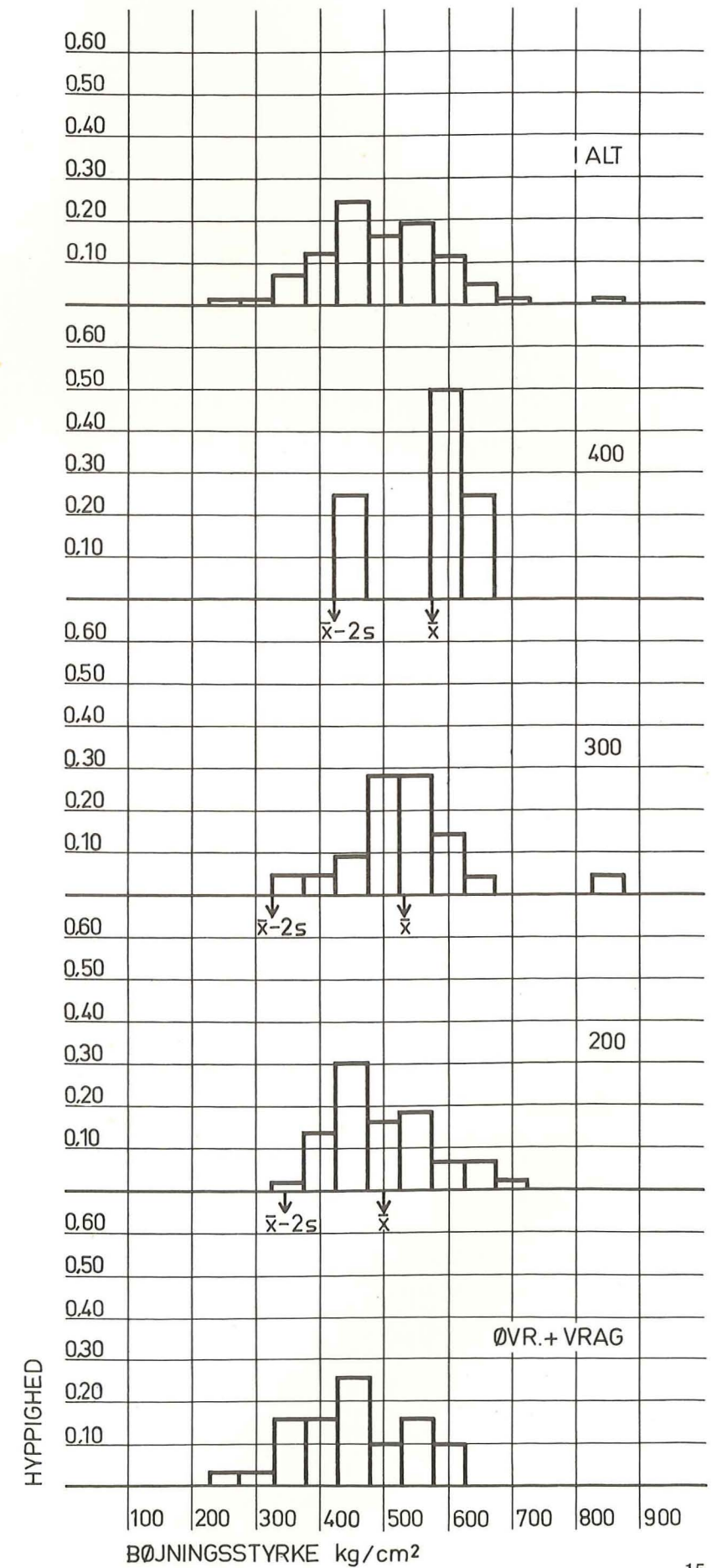
DISTRIKT 2.



Figur 5B: Distrikt 2. 99 emner fordelt efter bøjningsstyrke, ialt og indenfor sorteringsklasser (dansk T-virke).

Figure 5B. District 2. Ninety-nine specimens distributed according to bending strength, collectively and within individual grades (from the Danish rules for the grading of structural timber).

DISTRIKT 3.



Figur 5C: Distrikt 3. 98 emner fordelt efter bøjningsstyrke, ialt og indenfor sorteringsklasser (dansk T-virke).

Figure 5C. District 3. Ninety-eight specimens distributed according to bending strength, collectively and within individual grades (from the Danish rules for the grading of structural timber).

Kaldes middelværdien af $\bar{\Delta}$ for δ ($m(\bar{\Delta}) = \delta$), kan hypotesen:

$$H_0: m(\bar{\Delta}) = \delta = 0$$

testes imod den alternative hypotese:

$$H_1: m(\bar{\Delta}) = \delta > 0$$

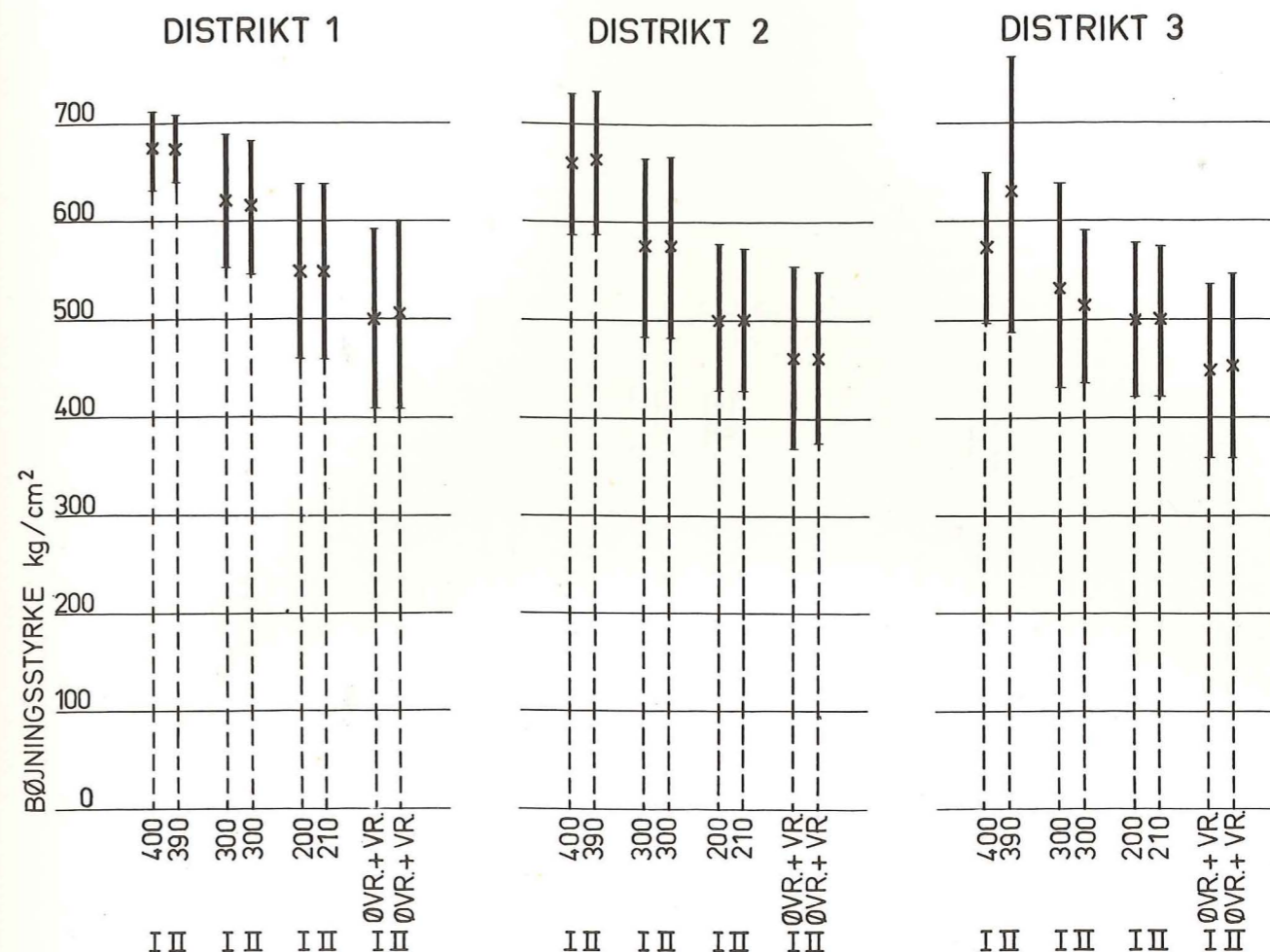
ved hjælp af et t-test.

Resultaterne fremgår af tabel 8.

Da 95 %-fraktilen i t-fordelingen med det i tabellen angivne antal frihedsgrader er 1,71 til 1,74, er alle tre t-værdier for store, og man må derfor forkaste nul-hypotesen og indtil videre acceptere den alternative hypotese, altså at a-emnerne har en større styrke end d-emnerne. Dette medfører, som tidligere nævnt, at der nok må regnes med lidt mindre styrkeværdier i praksis for dimensionen 47 x 97 mm end dem, der er opnået her.

	Distrikt 1	Distrikt 2	Distrikt 3
Antal, n	23	24	24
Gennemsnitlig difference, $\bar{\Delta}$	59,2	41,3	97,9
Spredning, s	112,9	81,4	89,2
$t = \frac{\bar{\Delta}}{s_{\Delta}/\sqrt{n}}$	2,51	2,49	5,38

Tabel 8. Beregning af $t = \frac{\bar{\Delta}}{s_{\Delta}/\sqrt{n}}$ som test for hypotesen $\delta = 0$ imod den alternative hypotese $\delta > 0$.



Figur 6: Styrke. Indenfor hvert distrikt og indenfor hver sorteringsgruppe er angivet gennemsnitsstyrken \bar{x} og spredningen s for de udtagne træemner. Værdierne er angivet som $\bar{x} + s$. Emnerne er sorteret dels efter reglerne i dansk T-virke (I) og dels efter NS 447 (II).

Figure 6. Bending strength. Within each district and within each grade the average strength \bar{x} and the standard deviation s are given for the specimens. Values are given in the form $\bar{x} + s$. The specimens are sorted both according to the Danish rules for grading structural timber (I) and according to NS 447 (II).

Sammenligning mellem NS 447 og dansk T-virke

For at undersøge, i hvor høj grad de danske T-virke-regler stemmer overens med de regler, der er udformet i NS 447, er de udvalgte træemner krydssorteret efter begge sorteringsregler. Antallet i de forskellige grupper er vist i tabel 9.

Hvis de to sæt af regler havde modsvaret hinanden fuldstændigt, ville der kun have været emner optalt i diagonalrubrikkerne. Det fremgår af tabellen, at nogle emner falder uden for diagonalrubrikken, men det er kun ganske få, nemlig 3 i distrikt 1 og 5 i distrikt 2 og 3.

Forskellen i antalsfordelingen for dansk T-virke og NS 447 giver sig kun meget små udslag i fordelingen af styrke og E-modul inden for sorteringsklasser. I tabel 10 er vist gennemsnit og spredning for styrke og E-modul inden for sorteringsklasser ifølge reglerne i NS 447, altså svarende til tabel 5 for de danske sorteringsregler.

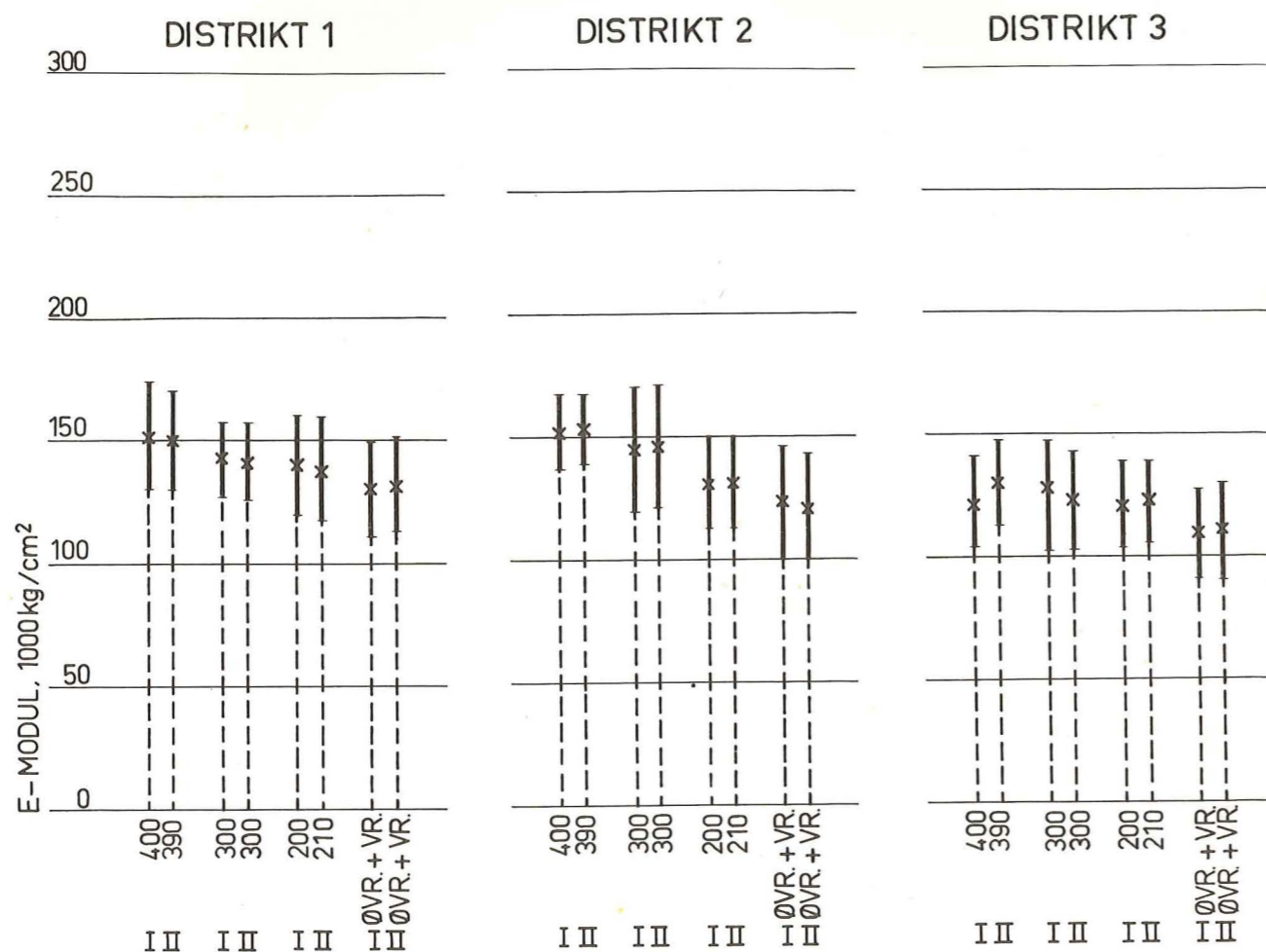
På fig. 6 er resultaterne fra tabel 5 og 10 sammenlignet grafisk, idet der i et koordinatsystem er afsat middelstyrken, \bar{x} , samt intervallet $\bar{x} \pm s$ for

hver sorteringsgruppe (både efter de danske T-virke-regler og NS 447) inden for hvert distrikt. Fig. 7 viser de samme størrelser for E-modulet.

Det fremgår af figurerne, at der inden for de enkelte sorteringsgrupper praktisk taget ingen forskel er på gennemsnit og spredning inden for grupperne for de to sæt af sorteringsregler. Det eneste sted, der viser sig nogen forskel af betydning, er i distrikt 3, øverste sorteringsgruppe. Ifølge sorteringsreglerne i NS 447 får man et betydeligt højere middeltal og en betydelig større spredning i denne gruppe end i den tilsvarende gruppe efter de danske sorteringsregler. Årsagen er, at der er et enkelt af de udtagne emner, som har en umådelig høj styrke (857 kg/cm²), og dette emne er ved sorteringen i henhold til NS 447 kommet i øverste gruppe, hvor der kun er 5 emner i alt, hvorimod det ved sortering i henhold til dansk T-virke er kommet i næstøverste gruppe, hvor der er 21 emner, hvorfor den ene store værdi her ikke giver så stort udslag i middeltal og spredning.

T-virke NS 447	Distrikt 1					Distrikt 2					Distrikt 3				
	400	300	200	Øvrigt + vrag	i alt	400	300	200	Øvrigt + vrag	i alt	400	300	200	Øvrigt + vrag	i alt
390	5	1	-	-	6	6	-	1	-	7	4	1	-	-	5
300	-	13	-	-	13	-	25	-	-	25	-	19	1	-	20
210	-	-	50	1	51	-	-	40	1	41	-	-	40	1	41
Øvrigt + vrag	-	-	1	27	28	-	1	2	23	26	-	1	1	30	32
I alt	5	14	51	28	98	6	26	43	24	99	4	21	42	31	98

Tabel 9. De udtagne træemner fra hvert distrikt sorteret efter dansk T-virke og inden for disse grupper efter NS 447.



Figur 7: Elasticitetsmodul. Indenfor hvert distrikt og indenfor hver sorteringsgruppe er angivet gennemsnitselasticitetsmodul \bar{x} og spredningen s for de udtagne træemner. Værdierne er angivet som $\bar{x} + s$. Emnerne er sorteret dels efter reglerne i dansk T-virke (I) og dels efter NS 447 (II).

Figure 7. Modulus of elasticity. Within each district and within each grade the average modulus of elasticity \bar{x} and the standard deviation s are given for the specimens. Values are given in the form $\bar{x} + s$. The specimens are sorted both according to the Danish rules for grading structural timber (I) and according to NS 447 (II).

Karakteristisk styrke for de forskellige sorteringsklasser

Inden for hver sorteringsgruppe stilles det krav til styrken, at kun 2,5% af fordelingen må have en styrke mindre end den værdi, som betegner sorteringsgruppen.

For grupperne i henhold til NS 447 vil det i øverste gruppe betyde, at 2,5%'s fraktilen skal være $\geq 390 \text{ kg/cm}^2$, for næste gruppe skal 2,5%'s fraktilen være $\geq 300 \text{ kg/cm}^2$.

Kaldes undergrænserne inden for hver gruppe L , og kaldes middelværdien og spredningen inden for grupperne for henholdsvis ξ og δ , vil det sige, at det forlanges, at kravet

$$\xi - 1,96 \delta \geq L \quad (1)$$

skal være opfyldt.

Når der i stedet for populationsværdierne ξ og δ anvendes de stikprøvebestemte skøn \bar{x} og s , ændres

faktoren 1,96 som følge af, at både \bar{x} og s er behæftet med usikkerhed. Kaldes faktoren k , fås det altså, at kravet

$$\bar{x} - k s \geq L \quad (2)$$

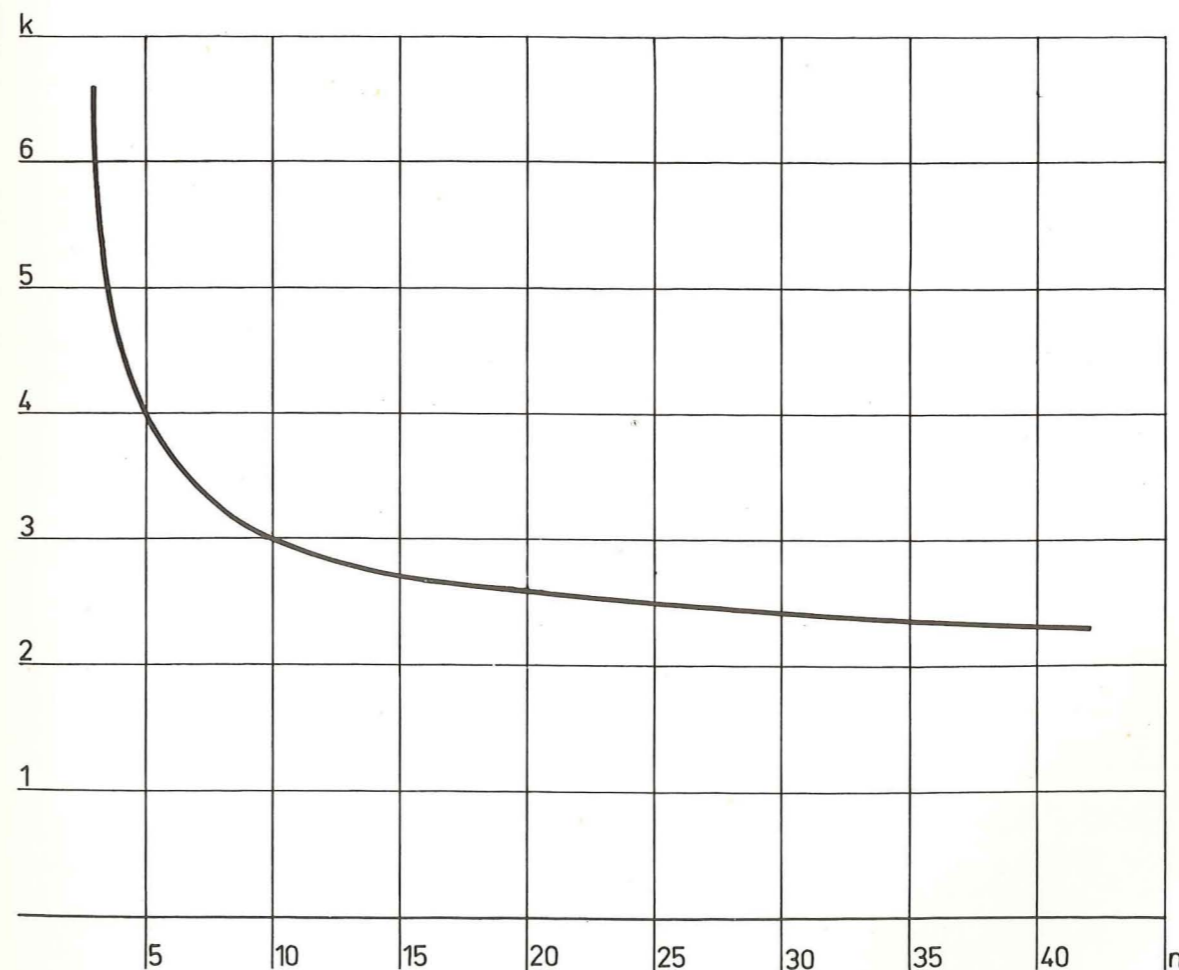
skal være opfyldt, idet der dog nu kun kan stilles krav om, at det skal være opfyldt med en vis given sandsynlighed.

Da der her ønskes en høj grad af sikkerhed for at afsløre, om 2,5%'s fraktilen er mindre end L , forlanges det, at sandsynligheden for, at (2) er opfyldt, dersom $\xi - 1,96 \delta$ lige netop er lig med L , kun må være 10%, d.v.s. der er valgt et signifikansniveau på 90%.

Foruden at være afhængig af den valgte fraktil og signifikansniveauet er k afhængig af stikprøvestørrelsen n . Er n lille, vil usikkerheden på \bar{x} og s blive

Sorteringsklasse NS 447	Distrikt 1				Distrikt 2				Distrikt 3				
	390	300	210	øvrigt + vrag	390	300	210	øvrigt + vrag	390	300	210	øvrigt + vrag	
Antal	n	6	13	51	28	7	25	41	26	5	20	41	32
Styrke	\bar{x}	674	615	548	506	664	575	500	463	630	513	500	454
	s	35	69	88	98	67	92	72	87	143	77	76	92
	$\bar{x} - 2s$	604	477	372	314	530	391	356	289	344	359	348	270
E-modul	\bar{x}	151	142	139	132	153	146	132	121	130	123	122	110
	s	20	16	22	19	14	25	19	22	17	20	17	20
	$\bar{x} - 2s$	111	110	95	94	125	96	94	77	96	83	88	70

Tabel 10. Gennemsnit, \bar{x} , og spredning, s , samt $\bar{x} - 2s$ for bøjningsstyrke og E-modul inden for distrikt og inden for sorteringsklasser (NS 447).



Figur 8: Faktoren k som funktion af stikprøvestørrelsen n . k er bestemt på grundlag af den non-centrale t -fordeling, således at k for ethvert n opfylder betingelsen: $P\{\bar{x} - Ks \leq L; \xi - 1,96\sigma = L\} = 90\%$.

Figure 8. The factor k as a function of the sample size n . k is determined on the basis of the non-central t -distribution in such a way that k , for all values of n , fulfils the condition: $P\{\bar{x} - Ks \leq L; \xi - 1.96\sigma = L\} = 90 \text{ per cent.}$

stor, og da hensynet til denne usikkerhed indgår i k , bliver k stor. k er altså en aftagende funktion af n . Da n varierer meget for de forskellige sorteringsgrupper (jfr. tabel 10), er på fig. 8 vist k som funktion af n , når højst 2,5% af fordelingen må være mindre end L ved et signifikansniveau på 90%.

Ved at indsætte n , \bar{x} og s fra tabel 10 samt de tilsvarende værdier af k fra fig. 8 i (2), kan hypotesen $\xi - 1,96 \delta = L$ testes mod den alternative hypotese $\xi - 1,96 \delta < L$, hvor L er de klassegrænser, der er angivet i tabel 10.

Alle 4 grupper inden for hvert af de 3 distrikter opfylder det stillede krav, undtagen den øverste gruppe i distrikt 3. Det er den gruppe, der, som tidligere omtalt, har en meget stor spredning på grund af en meget høj enkeltværdi.

Selv om denne observation betragtes som en "out laying observation" og holdes ude fra beregningerne, kan middeltal og spredning ikke opfylde kravet ved et signifikansniveau på 90%. Men da der nu kun er 4 emner tilbage i gruppen, og disse 4 opfylder kravet ved et signifikansniveau på 50%, vil det nok være forsvarligt at antage, at også denne gruppe opfylder de givne betingelser.

Ved vurdering af styrkeniveauet af de forskellige klasser må følgende tages i betragtning:

Svenske forsøg med fyr (1) og (2) og de omtalte norske forsøg med gran viser, at bøjningsstyrken af rektangulære bjælker aftager med stigende bjælkehøjde. Styrken er således 25-30% større for 2×4 " end for 3×8 " inden for hver klasse.

Sorteringen af forsøgsemnerne blev foretaget meget omhyggeligt, efter at træet var tørret og høvlet. I praksis vil træet som regel blive sorteret uhøvlet og mindre omhyggeligt. Man vil derfor let kunne overse enkelte fejl. Dette gælder især for de lavere klasser.

I den nye norm for trækonstruktioner, som er udsendt i juli 1968, er der ved fastsættelse af no-

minelle styrker i overensstemmelse med NKB-udvalgets rekommandation set bort fra styrkens afhængighed af bjælkehøjden, bl.a. med den begrundelse, at usikkerheden ved sorteringen i praksis er størst for de små dimensioner. Der er for alle dimensioner forudsat følgende karakteristiske bøjningsstyrker: for T 400, T 300 og T 200 henholdsvis 390, 315 og 240 kp/cm^2 .

Det kan indvendes, at der trods den større usikkerhed ved sortering for de små dimensioner dog nok måtte kunne opnås en mere økonomisk udnyttelse af landets konstruktionstræ ved at fastlægge lidt højere karakteristiske styrker for små dimensioner. Overfor den mulige gevinst må dog stilles de øgede administrationsomkostninger ved en mere kompliceret ordning.

I øvrigt skal det bemærkes, at de endeligt vedtagne sorteringsregler i den nye trænorm af hensyn til den praktiske gennemførelse er forenklet og mildnet på nogle punkter i forhold til det forslag, der er anvendt ved forsøgsbearbejdelsen i denne rapport. Herved er sorteringsreglerne bragt i overensstemmelse med den i 1966 reviderede svenske "Instruktion för sortering och märkning av T-virke", som bl.a. bygger på nogle endnu ikke publicerede forsøg med brædder.

Denne ændring af sorteringsreglerne bevirker, at i alt 16 forsøgsemner rykker en klasse op i forhold til den placering, de har fået i denne rapport.

2 emner rykker op fra T 300 til T 400. Deres bøjningsstyrke var 700 og 510 kp/cm^2 .

9 emner rykker op fra T 200 til T 300. Deres styrke var 590, 640, 700, 510, 690, 460, 550, 530 og 510 kp/cm^2 .

5 emner rykker op fra "Øvrigt" til T 200. Deres styrke var 460, 600, 380, 380 og 460 kp/cm^2 .

Disse ændringer får ikke væsentlig betydning for de konklusioner, som er draget af forsøgene i denne rapport.

Sammenligning mellem dansk og norsk gran

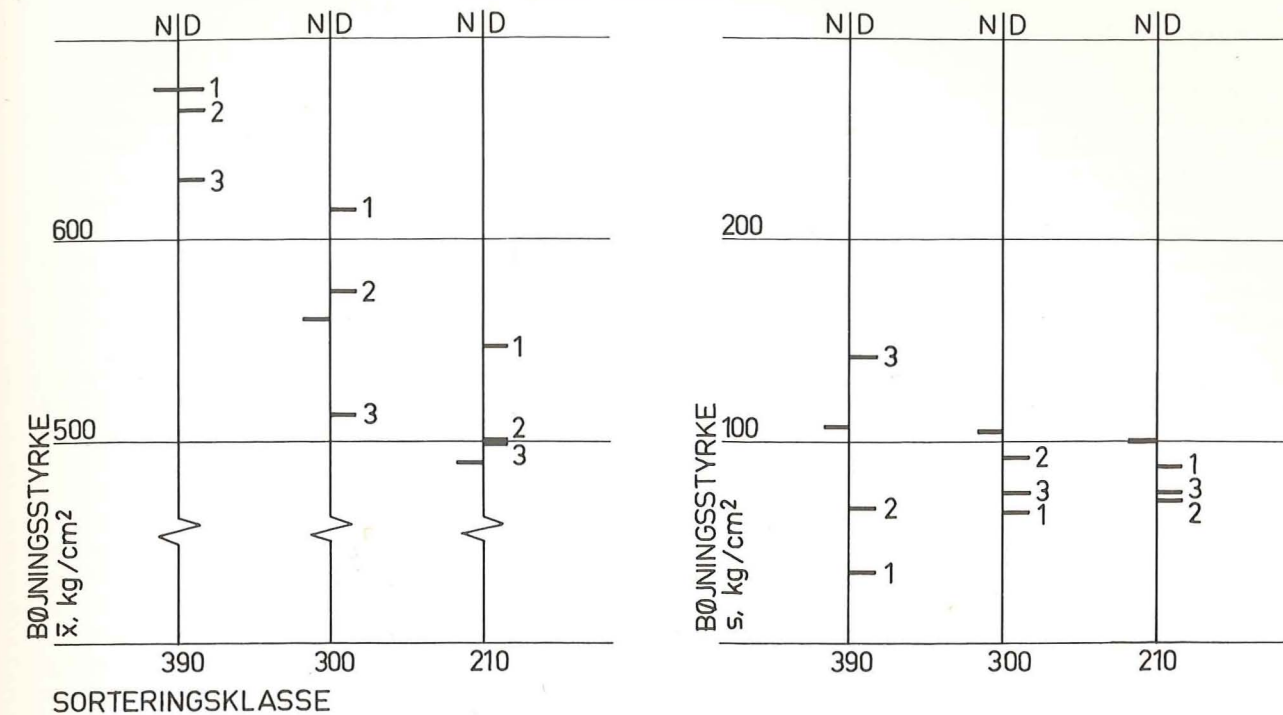
Da det ovenfor er påvist, at voksestedet har betydning for såvel styrken som elasticitetsmodulet, vises på fig. 9 en grafisk sammenligning af gennemsnit og spredning for styrken inden for distrikt og inden for sorteringsgrupper for dansk gran (altså værdierne fra tabel 10) og tilsvarende landsmiddeltal for norsk træ. (9).

På fig. 10 er de tilsvarende værdier for E-modulet angivet.

Det ses, at de norske landsgennemsnit ikke afviger væsentligt fra de 3 danske distriktsgennem-

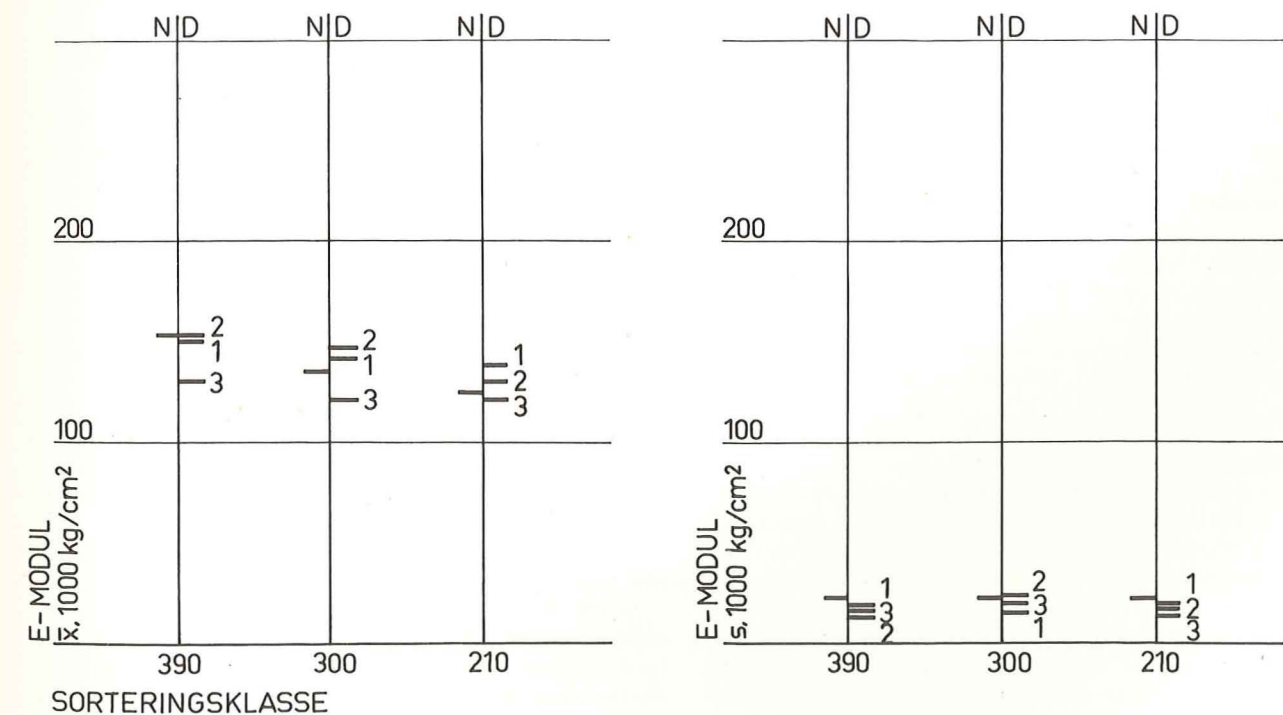
snit, og at det i hvert fald ikke på grundlag af de her foreliggende resultater kan siges at det norske træ skulle være bedre end det danske.

Ser man på spredningerne, fremgår det af tegningerne, at spredningerne på de norske resultater er noget større end på de danske. Men det må her huskes, at de norske resultater er landsmiddeltal, således at spredningen mellem de enkelte distrikter indgår i den samlede spredning, hvorimod de danske resultater kun angiver spredningen inden for hvert distrikt.



Figur 9: Styrke. Indenfor hver sorteringsgruppe (NS 447) er vist en sammenligning mellem de norske landsresultater og de tre danske distriktsresultater. Venstre figur viser en sammenligning mellem middeltallene \bar{x} , højre figur viser sammenligning mellem spredningerne s .

Figure 9. Bending strength. Within each grade (NS 447) a comparison is established between Norwegian results (average values for the whole country) and the results from the three Danish districts. The left-hand figure shows a comparison between the mean values \bar{x} , the right-hand figure a comparison between the standard deviations.



Figur 10. Elasticitetsmodul. Indenfor hver sorteringsgruppe (NS 447) er vist en sammenligning mellem de norske landsresultater og de danske distriktsresultater. Venstre figur viser sammenligning mellem middeltallene \bar{x} , og højre figur viser sammenligningen mellem spredningerne s .

Figure 10. Modulus of elasticity. Within each grade (NS 447) a comparison is established between Norwegian results (average values for the whole country) and the results from the three Danish districts. The left-hand figure shows a comparison between the mean values \bar{x} , the right-hand figure a comparison between the standard deviations.

Summary

This investigation was made in connection with the drawing up of rules for the grading of structural timber according to strength with a view to the revision of the Danish standard specifications for timber structures.

The proposed Danish specifications were drawn up on the basis of the, almost identical, strength grading rules used in the other Scandinavian countries. However, since growth conditions in Denmark differ considerably from those in the northern part of Scandinavia, it was considered that an investigation of the interrelationship between strength properties and growth conditions was required.

A major study of the strength properties of structural timber of Norwegian spruce was just being completed, and it was endeavoured by using the testing procedure and set-up of the Norwegian study to obtain the best possible basis for a comparison between test results obtained in Norway and in Denmark.

The chief results of the present investigation may be summarized as follows:

The growth conditions in the three Danish districts concerned differ to such a great extent and affect the properties of the timber in such a way

that the distribution of the timber specimens according to bending strength (and - although to a smaller extent - according to modulus of elasticity) differs significantly from district to district.

The Danish grading rules approximate so closely to those of the Norwegian standard NS 447 that practically the same characteristics will be found within the individual grades irrespective of whether the Norwegian or the Danish grading rules are applied.

The proposed Danish standard specifications for timber structures comprise the requirement that only 2.5 per cent of the specimens when graded according to strength must be below the limit represented by the grade concerned. This requirement was fulfilled by all the specimens examined in the present study, even though with respect to one result (grade 390 from district 3) it was not possible to demonstrate this with equally great certainty as in the case of the rest of the specimens.

A comparison between the results of the present study and Norwegian mean values for the whole country (within each grade) does not suggest that there is any significant difference between Danish and Norwegian spruce.

Litteratur

(1) Bertil Thunell:

Inverkan av vissa kvalitetsbestämmande faktorer på hållfastheten mot böjning hos svenskt furuvirke. Svenska Träforskningsinstitutet, Trätekniska avdelningen, Meddelande 1, Stockholm 1944.

(2) Einar Lindblom:

Synpunkter på böjhållfastheten hos svenskt furuvirke. Tekniska skrifter nr. 144, Teknisk Tidskrifts förlag, Stockholm 1950.

(3) Bertil Thunell:

Virkesutbytet vid några provsorteringar samt betydelsen av de kvalitetsbestämmande faktorerna härvid. Svenska Träforskningsinstitutet, Träteknik, Meddelande 56 B, Stockholm 1954.

(4) Bengt Norén:

Virkes hållfasthet vid böjning på lågkant. Svenska Träforskningsinstitutet, Träteknik, Meddelande 78 B, Stockholm 1956.

(5) Norsk Standard 447, Kvalitetskrav og måleregler for trekonstruksjonsvirke, "T-virke". Utarbeidet og utgitt av Norges Standardiserings-Forbund i samarbeide med Den Norske Ingeniørforening og Norges Trelastforbund, 1958.

(6) Michael Foslie:

Styrkeegenskapene hos furu (*Pinus sylvestris*) fra Pasvik og fra Østlandet. Norsk Treteknisk Institutt, Meddelelse nr. 24, Oslo 1963.

(7) Marius Johansen:

Prøvesortering af dansk konstruktionstræ, Træindustrien, SBI-særtryk 141, København 1964.

(8) Instruktion för sortering och märkning av T-virke. Utfärdad av T-virkesföreningens styrelse, Stockholm 1966.

(9) M. Foslie og K. Moen:

Norsk granvirkes styrkeegenskaper, 1. Bøyestyrke, elasticitetsmodul og strekkstyrke målt på 3" x 8" og 2" x 4". Norsk Treteknisk Institutt, Meddelelse nr. 33, Oslo 1968.