

Undersökningar över krympnings-
och svällningsförändringar hos
borrspån av tall och gran

*Investigations of the Shrinkage and Swelling Changes in
Increment Cores of Pine and Spruce*

av

BO EKLUND

MEDDELANDEN FRÅN
STATENS SKOGSFORSKNINGSINSTITUT

BAND 39 · NR 7

I N N E H Å L L

	Sid.
Inledning	3
Undersökningsmaterialets insamling.....	4
Borrspånsmaterialets mätning i fältet	6
Borrspånsmaterialets mätning vid skogsforskningsinstitutet	8
Om mätnoggrannhetens inflytande på undersöknings- resultaten	10
Den teoretiska bakgrunden till mekaniken vid virkets krympning och svällning	12
En översikt över den radiella krympningen och sväll- ningen hos borrspånsmaterialet från de olika under- sökningsslokalerna	16
Jämförelse mellan den radiella krympningen vid borring på sommaren och på hösten	25
Sambandet mellan årsringsbredd och radiell krympning	29
Den radiella svällningen vid olika årsringsbredd och blöt- läggningstider	39
Några erfarenheter av den radiella krympningen inom årsringens höst- och vårvedelement	44
Ett försök att genom blötläggning i s. k. vått vatten påskynda den radiella svällningens förlopp	45
Några praktiskt betydelsefulla resultat av undersökningen	48
Sammanfattning	51
Litteraturförteckning	53
Summary	53

Inledning

Vid skogsforskningsinstitutets fältarbeten insamlas för olika undersökningar, som avse att belysa skogsträdens ålders-, tillväxt- och i viss utsträckning även kvalitetsförhållanden, årligen mellan 30 000 och 40 000 prov på årsringsutvecklingen hos stående och fällda provträd i form av s. k. borrhspån. I samband med borrhningen i fältet nedläggas borrhspånen i specialtillverkade hylsor, som förses med erforderliga registreringsuppgifter och vid lämpligt tillfälle insändas till institutet, där de arkiveras i avvaktan på mätning av borrhspånen. Denna sker sedermera medelst speciella maskiner, som medgiva mätning av enskilda årsringar, årsringselement eller grupper av årsringar med på en gång stor snabbhet och precision (EKLUND 1949). Mätning kan därvid ske antingen på lufttorra borrhspån, d. v. s. borrhspån med ungefär samma fuktighetshalt som råder i mätninglokalen, eller också på borrhspån vilka omedelbart före mätningen under ett visst tidsavsnitt nedlagts i vattenbad för att återtaga det ursprungliga »råa» fuktighetstillståndet. Det förra mätningssättet har tidigare tillämpats vid de årsringsmätningar, som utförts vid avdelningen för skogstaxering, medan vid skogsavdelningen av olika orsaker mätning som regel skett på vattendränkta borrhspån. En fråga av viss principiell betydelse är därvid, hur stora de förändringar äro, som borrhspånen undergå i längdriktningen från borrhningstillfället, till dess de antagit lufttorrt tillstånd liksom även, om man genom blötläggning omedelbart före mätningen kan återgiva borrhspånen ungefär samma längd, som de konstaterades intaga vid borrhningstillfället.

För att belysa den aktuella frågeställningen har vid skogsforskningsinstitutet utförts en undersökning, för vilkens uppläggning och resultat redogöres i det följande. Mätningarna i fältet utfördes i huvudsak sommaren 1947, medan vissa kompletterande mätningar ägde rum hösten 1948. De relativt omfattande mätningarna av lufttorra och under olika tidsavsnitt blötlagda borrhspån utfördes under efterföljande båda vintersäsonger. Mätningsarbetet har verkställt av skogsbiträdet SVEN ANDERSSON, som förf. härmed önskar betyga sin uppskattning för en ur alla synpunkter synnerligen fullödlig arbetsinsats. Förf. vill därjämte rikta ett tack till civiljägmästare S. O. ANDERSSON, som biträtt förf. vid resultatens sammanställning och fröknarna BARBRO MÜLLERN och KERSTIN ÅKERSTRÖM, som svarat för det direkta räknearbetet.

Undersökningsmaterialets insamling

Undersökningen har måst begränsas till att endast omfatta vid brösthöjd uttagna borrhåpan av tall och gran. Det hade varit önskvärt att även björk hade ingått i undersökningsmaterialet. Med hänsyn till de stora svårigheterna att vid mätning av borrhåpan av detta trädslag, särskilt då i lufttorrt tillstånd, distinkt urskilja årsringsgränserna, har emellertid björken ej varit föremål för undersökning i detta sammanhang.

För att erhålla jämförelsevis stor spridning med avseende på borrhåpansmaterialets sammansättning har undersökningen förlagts till 17 olika lokaler, samtliga belägna inom Kopparbergs län men representerande skilda ståndortsförhållanden, varierande ålder och slutenhet hos bestånden etc. Undersökningslokalernas geografiska belägenhet jämte några av ståndortskaraktärerna redovisas i tab. 1, s. 5.

Mätningarna genomfördes i huvudsak sommaren och hösten 1947, varvid borrhåpan uttogos och mättes från samma träd på undersökningslokalerna under båda årstiderna. Avsikten härmed var att utröna, huruvida skillnader i krympning och svällning kunna konstateras vid jämförelse mellan på sommaren och hösten uttagna borrhåpan. Till följd av 1947 års osedvanligt varma och torra sommar och därav följande dåliga tillgång på vattenkraft för elektricitetsverket på Siljansfors försökspark, där 5 av undersökningslokalerna voro belägna, måste, enär en elektriskt driven årsringsmätningsskiva beagnades vid mätningens arbetet, på grund av brist på elektrisk kraft höstmätningen uppskjutas till påföljande år.

På varje undersökningslokal utvaldes ett antal träd för borrhåpan dels omedelbart dels på hösten samma år. Träden nummerades därvid och åsattes särskilda nummerlappar för att kunna återfinnas vid det senare borrhåpanstillfället. Urvalet av borrhåpansträd skedde rent subjektivt med avsikt att endast träd, som av exteriören att döma voro fria från tekniska skador, felaktigheter och sjukdomar, skulle bli representerade i undersökningsmaterialet.

Omedelbart innan borrhåpan verkställdes, registrerade vederbörande arbetsbiträde på en borrhåpanshylsa följande data: Lokalens och trädets nr, trädslag, borrhåpanhöjd, borrhåpanriktning i förhållande till väderstreck samt datum för borrhåpan. Dessutom uppmättes och registrerades trädets brösthöjdsdiameter, varvid två mått togos, det första med klavens linjal liggande an mot borrhåpanstället och det andra vinkelrätt däremot.

Medelst en väl skärpt tillväxtborr av lämplig längd uttogos därpå ett borrhåpan vid brösthöjd, varvid borrhåpanriktningen successivt varierades medsols, så att det första trädet på lokalen borrhåpanades från norr, det andra från öster o. s. v. I instruktionen föreskrevs särskilt, att borren skulle indrivas i riktning mot mörgen med ett jämnt tryck och stadig kringvridning, varunder borren skulle

Tab. 1. De undersökta lokalernas belägenhet jämte data över beståndet m. m.
Position of the Localities investigated and Data on the Stand, etc.

Undersökningslokalens Investigated Locality's			Beståndets Stands'				De för undersökningen erforderliga årsringmätningarna avse The Annual Ring Measurements required for the investigation relate to
nr No.	belägenhet Position		ålder, år Age year	bonitet enl. Jonson Site class according to Jonson	träd- slags- blandn. Mixture of Tree Species	slutenhet Density	
	socken Parish	skog Forest					
1	Leksands	Styrsjöbo byaskog	55	IV	0100	Glest—fullslutet	Gran, hela årsringarna
2	»	» »	63	IV	0100	Gruppvis fullslutet	» » »
3	»	» »	92	IV-	0100	Överslutet	» » »
4	»	» »	28	IV	1000	Fullslutet—överslutet	Tall, » »
5	»	» »	53	IV	0100	» — »	Gran, höst- och vårvedelementen
6	»	» »	66	IV-	1000	» — »	Tall, hela årsringarna
7	»	» »	90	IV-	820	Fullslutet	» höst- och vårvedelementen
8	Nås	Närsens »	56	IV	010(0)	Gruppvis fullslutet	Gran, » » »
9	»	» »	61	III	0100	Fullslutet	» hela årsringarna
10	»	» »	59	IV	640	»	Tall och gran, dels hela årsringarna dels höst- och vårvedelementen
11	»	» »	106	IV	1000	Glest (fröträdställning)	Tall, höst- och vårvedelementen
12	»	» »	63	IV	460	Fullslutet	» hela årsringarna
13	Mora	Siljansfors försökspark	64	III	28(0)	»	Gran, höst- och vårvedelementen
14	»	» »	87	III	0100	Glest	» hela årsringarna
S 8:IV ¹	»	» »	166	VI	10(0)0	Överslutet	Tall, » »
S 44:I ¹	»	» »	83	IV-	910	Fullslutet	» höst- och vårvedelementen
S 44:II ¹	»	» »	83	IV-	820	Överslutet	» hela årsringarna

Anm. Uppgifterna angående bonitet, trädslagsblandning och slutenhet basera sig på okulär uppskattning.

¹ Ingår i skogsforskningsinstitutets serie fasta försöksytor.

hållas väl fixerad i sitt läge, så att borrarspånet blev så rakt och fritt från krökar som möjligt. Iakttagert man ej denna detalj, blir nämligen borrarspånet mer eller mindre utpräglat »vågigt» inom den närmast barken liggande delen av splinten, vilket ofta medför, att borrarspånet brytes sönder eller blir deformerat, då det inlägges och fixeras i årsringsmätningssmaskinens borrarspånshållare. I detta sammanhang bör framhållas vikten av att vid insamling av årsringsmaterial i form av borrarspån borrarning sker på sådant sätt att raka och felfria spån erhållas, enär det efterföljande mätningssarbetet härigenom påtagligt underlättas. Ävenså böra alltid väl skärpta tillväxtborrar komma till användning, så att borrarspånens yta blir fri från borrludd och ojämnheter.

Sedan borren indrivits till i höjd med mårgeu, borrarspånssutdragaren införts, och borrarspånet lossats från vedkroppen genom kringvridning av borren $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ varv, fördes utdragaren så långt utåt, att man kunde kontrollera, om mårgeu träffats vid borrarningen och om spånet var fritt från krökar och röta. Borrarspån med tjuvedbildning eller synlig röta kasserades därvid, liksom även sådana med i förhållande till borrarspånets längdaxel påtagligt snett liggande eller oregelbundet förlöpande årsringsgränser.

Omedelbart därefter fördes utdragaren jämte borrarspånet tillbaka i det föregående läget, varpå borren, i vilken följaktligen såväl utdragaren som borrarspånet kvarlåg, gångeades loss från trädet. Borrarhålet tilltäpptes så med ympvax, och som nästa arbetsmoment fästes den för trädet avsedda borrarspånshylsan medelst ett par kautschuksnoddar vid borren, som sedan utan tidsspillan transporterades till det ställe, där årsringsmätningssmaskinen stod uppmonterad, varpå mätning omedelbart vidtog. Genom att under transporten låta borrarspånet ligga kvar i borren, varvid avdunstningsytan blev ytterst obetydlig, kan man förutsätta, att inga nämnvärda torkningsförändringar ägde rum i borrarspånet, utan att mätning skedde i praktiskt taget samma fuktighetstillstånd hos borrarspånet som i trädet vid borrarningstillfället. Instruktionen föreskrev för övrigt, att om borrarning och mätning ägde rum under varm och torr väderlek, skulle borrens öppningar fyllas med vaselin eller med annat fett av lämplig konsistens för att förhindra avdunstning.

Borrarspånsmaterialets mätning i fältet

Vid mätningen av borrarspånen begagnades den ena av skogsforskningsinstitutets båda äldsta årsringsmätningssmaskiner (EKLUND 1949, s. 12—13). Då dessa maskiner, som redan nämnts, äro avsedda för elektrisk drift, måste mätningen utföras, där maskinen kunde anslutas till belysningsnätet.

Sedan mätaren mottagit borren jämte den vid denna fästade borrarspånshylsan, överförde han först registreringsuppgifterna från den senare till addi-

tionsmaskinens pappersremsa (EKLUND 1949, s. 50 och 63), varefter han avlägsnade borrspånet ur borren och placerade detsamma i borrspånshållaren. Vid fixeringen av borrspånet i denna måste mätaren särskilt iakttaga, att de båda excenteranordningar, medelst vilka borrspånshållarens fasta och rörliga linjal parallellförflyttas mot varandra och därvid fixera borrspånet mellan sig, ej fingo dragas åt för hårt, så att det utsattes för alltför starkt tryck från sidan. Medelst en vass, tunnbladig kniv snittades borrspånet på så sätt, att en 1 à 2 millimeter plan snittyta uppstod i längdriktningen. I detta sammanhang bör påpekas, att vid borringen användes tillväxtborrar av standardtyp med en invändig diameter av 5 millimeter, varför mätning genomgående skett på borrspån av ungefär denna tjocklek.

Med tillhjälp av en spetsig, kilformigt formerad anilinpenna och en stål-linjal drogs en fin linje längs efter borrspånets plana snittyta från barken in till märgen. Dennas centrum markerades med ett fint tvärgående anilinstreck, och ett annat tvärgående streck drogs längs den årsringsgräns, som konstaterades falla närmast gränsen mellan splint och kärna. Redan då borrspånet utdrogs ur borren, avskildes barken jämte den under bildning varande årsringen från höstvedelementet i föregående årsring, å vilken ett kryss markerades med anilinpennan.

Det egentliga mätningarbetet avsåg individuell mätning av samtliga borrspånets årsringar från och med sistnämnda årsring och in till anilinmarkeringen vid märgen i huvudsak i enlighet med av förf. tidigare beskrivet tillvägagångssätt (EKLUND 1949, s. 51—53). För att utröna, om höst- och vårvedelementet inom årsringen vid torkning och vattenupptagning undergår olika förändringar, utfördes mätningen av borrspåns materialet från lokaler nr 5, 7, 8, 10, 11, 13 och S 44: 1 i form av höst- och vårvedmätning, varvid gränsdragning mellan de båda vedelementen i möjligaste mån skedde i överensstämmelse med MORKS definition för förläggning av gränsen mellan höst- och vårved (MORK 1928, EKLUND 1949, s. 29—30).

Vid mätningen matades borrspånet successivt fram under mikroskopets hårkors på sådant sätt, att det i borrspånets längdriktning dragna anilinstrecket hela tiden avtecknade sig mot det horisontala strecket i mikroskopets hårkors. Anilinlinjen tjänstgjorde följaktligen som riktlinje vid mätningen. Härigenom blev det möjligt att vid de olika mätningstillfällena placera gränsen mellan två på varandra följande årsringar i praktiskt taget samma punkt (skärningslinjen mellan årsringsgränsen och anilinstrecket). Om nämligen korrektion skett för i förhållande till borrspånets längdriktning snett liggande årsringar (NÄSLUND 1942, s. 22, EKLUND 1949, s. 21), skulle man haft mycket begränsade möjligheter att utan speciella och tidskrävande markeringar av måttställets läge genomföra analoga korrektioner vid de olika mätningarna. Det bör dock framhållas, att borrspån med i förhållande till borrspånets

längdriktning påtagligt snett liggande årsringsgränser enligt instruktionen skulle kasseras.

Sedan mätningen av ett borrhållare avslutats, lösgjordes detsamma från borrhållaren och placerades i borrhållarskåpet, varefter förnyad mätning verkställdes på skogsforskningsinstitutet, dock först sedan borrhållaren några månader varit arkiverade i lokal med relativt konstant temperatur och fuktighet.

Vid borringen på hösten uppsöktes de numrerade träden på de olika undersökningslokalerna och borrades på nytt. Då vid borring av barrträd ofta bildas kådutgjutningar, s. k. kådlåpor, i anslutning till hålet efter tillväxtborren, visade sig förnyad borring ej kunna verkställas alltför nära det ursprungliga borrhålet, utan borren indrevs i stället på ett avstånd av omkring 1 decimeter ovanför eller nedanför detsamma. Trots förflyttning av borrhållaren kunde i en del fall konstateras, att en viss hartsimpregnering av veden ägt rum under tiden mellan de båda undersökningarna.

Borrhållaremateriallets mätning vid skogsforskningsinstitutet

Sedan det i fältet mätta borrhållarematerial under omkring ett halvt års tid varit lagrat i borrhållarsarkivet i institutets källarvåning för att torka, överfördes det till årsringsmättningsrummet (EKLUND 1949, s. 54), där det i avvaktan på mätning förvarades vid en lufttemperatur av 20—25° C (i medeltal 23,2° C) och en luftfuktighet varierande mellan 19 och 38 % (i medeltal 29,1 %). På grund av svårigheterna att arrangera konstantrum med avseende på temperatur och fuktighet samt mättningsarbetets tidskrävande karaktär, ha mätningarna således måst utföras under något varierande temperatur- och fuktighetsförhållanden. För erhållandet av full jämförbarhet mellan de olika materialgrupperna hade det givetvis varit värdefullt, om mätning kunnat ske under fullt analoga förhållanden med hänsyn till de båda nämnda faktorerna. Å andra sidan synas de jämförelsevis obetydliga differenser i fråga om temperatur och fuktighet, som vid olika tillfällen varit rådande i årsringsmättningsrummet, endast i mycket ringa grad influerat på mättningsresultaten, vilket framgår av tab. 2, s. 9. Denna tabell upptager en jämförelse mellan borrhållarematerial, som härrör från två undersökningslokaler och som mätts i lufttorrt tillstånd vid olika tidpunkter.

I vad mån de i tab. 2 redovisade differenserna mellan vid olika tillfällen konstaterad total längd av de mätta årsringarna beror på olikheter i temperatur och fuktighet i årsringsmättningsrummet vid mätningstillfället, eller till större eller mindre del måste sättas i samband med andra på mätningen in-

Tab. 2. Jämförelse mellan totala längden av vid olika tidpunkter mätta lufttorra borrhspån.
Comparison between the Total Lengths of Air-dry Increment Cores measured at Different Times.

Lokal nr Local-ity No.	Trädslag Species of Trees	Tidpunkt för mätningen Time of Measurement	S p l i n t Sapwood		K ä r n a Heartwood		Splint och kärna Sapwood and Heartwood	
			Antal årsringar, st. Number of Annual Rings	Summa mätt längd. årsringar, mm Total measured lengths Annual Rings mm	Antal årsringar, st. Number of Annual Rings	Summa mätt längd. årsringar, mm Total measured lengths Annual Rings mm	Antal årsringar, st. Number of Annual Rings	Summa mätt längd. årsringar, mm Total measured lengths Annual Rings mm
6	Tall Pine	Januari—mars 1948.. January—March 1948	1014	1 221,01	491	854,11	1 505	2 075,12
		November 1949..... November 1949		1 220,06		853,50		2 073,56
		Differens, mm..... Difference mm		—0,95		—0,61		—1,56
		Differens %		0,08		0,07		0,08
10	Tall Pine	Januari—mars 1948.. January—March 1948	467	461,17	231	516,38	698	977,55
		November 1949..... November 1949		461,35		516,64		977,99
		Differens, mm..... Difference mm		+ 0,18		+ 0,26		+ 0,44
		Differens %		0,04		0,05		0,05
10	Gran Spruce	Januari—mars 1948.. January—March 1948	345	492,84	361	591,00	706	1 083,84
		November 1949..... November 1949		493,26		590,53		1 083,79
		Differens, mm..... Difference mm		+ 0,42		—0,47		—0,05
		Differens %		0,09		0,08		0,00

verkande faktorer, undandraget sig dock bedömande. De angivna differenserna äro — relativt sett — så små, att de sakna praktisk betydelse vid bedömning av de förändringar, som borrhspåns materialet undergår genom krympning och svällning.

Ur mätningsteknisk synpunkt utfördes mätningarna på rummet på analogt sätt som under fältarbetet, vid vilket dock borrhspånen endast mättes i rätt tillstånd, medan mätning av dessa nu skedde dels i lufttorrt tillstånd dels efter separat blötläggning i 15 minuter, 1 timme och 24 timmar. Det förstnämnda tidsavsnittet motsvarar ungefär den tid, under vilken borrhspånen

hittills fått ligga i vattenbad vid institutets rutinmässiga årsringsmätningar (EKLUND 1949, s. 29—30). De båda längre blötläggningstiderna valdes där-
emot godtyckligt närmast med tanke på att utröna, om längre blötläggningstid medför ytterligare förändringar med avseende på borrhållarens längd. Blötläggning under så lång tid som 24 timmar valdes därjämte med tanke på, att några av resultaten skulle kunna jämföras med värden, som erhöles vid en specialundersökning av borrhållarematerial i samband med 1936—38 års finska riksskogstaxering (ILVESSALO 1942, s. 152).

Vid mättningsarbetet mättes först borrhållaren i lufttorrt tillstånd, varefter de lossades från borrhållaren och placerades i vattenbad under 15 minuter, varpå de åter fixerades i borrhållaren och mättes på nytt. Därpå placerades de ånyo i vattenbadet för att återigen mätas, sedan den sammanlagda tiden för blötläggning uppgått till 1 timme, respektive 24 timmar. För att utan onödig tidspilla kunna genomföra det omfattande mättningsarbetet med de olika blötläggningstiderna, arbetade vederbörande mättningsoperatör efter ett särskilt tidsschema.

Om mättnogsgrannhetens inflytande på undersökningsresultaten

Innan vi övergå till att diskutera undersökningens resultat, är det nödvändigt, att vi något uppehålla oss vid det inflytande, som den mättnogsgrannhet, för vilken årsringsmättningsmaskinerna äro konstruerade, stundom utövar på ifrågakvarande mätningar.

Maskinerna medgiva mätning av antingen enskilda årsringar eller årsringselement med en noggrannhet av 0.01 mm. Ur teknisk synpunkt bestämes denna noggrannhetsgrad av gängstigningen på mättningsmikroskopets huvudaxel — 1 mm — i förening med antalet kuggar på överföringsmekanismens 100-kuggarshjul (EKLUND 1949, s. 34—41). Då genom kringvridning av huvudaxelns matarratt objektvagnen med borrhållaren och det däri fixerade borrhållaret matas fram 0.01 mm, vrides det nämnda kugghjulet 1 kugg framåt. Då additionstangenten nedtryckes för registrering av den frammatade sträckan, träda särskilda spärrar i funktion, som fixera 100-kuggarshjulets inställning. Först sedan detta skett, kan överföringsmekanismens vippbrygga med inställningskugghjulen svängas in mot och kugga in i additionsmaskinens kuggsegment med resultat, att sträckan numeriskt registreras på additionsmaskinens pappersremsa och samtidigt upplagras i räkneverket.

Om 100-kuggarshjulet vid mättningsrörelsen skulle erhålla en sådan inställning, att den s. k. knivspärren, som är kopplad till additionsmaskinens motor, träffar toppen av en kugge, slutas ej strömmen till motorn med påföljd, att

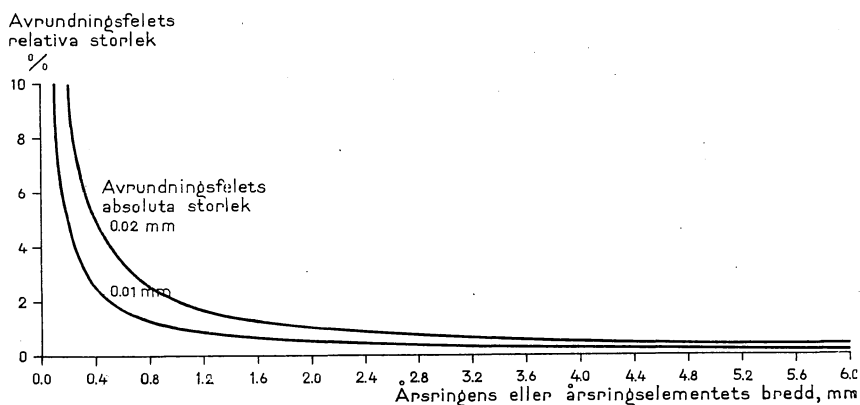


Fig. 1. Diagram illustrerande vilket relativt avrundningsfel, uttryckt i procent, som erhålles vid olika årsringsbredd, då det av årsringsmätningssmaskinen förorsakade absoluta avrundningsfelet uppgår till alternativt 0,01 och 0,02 mm.

Diagram illustrating the relative rounding-up error, expressed as a percentage (vertical axis) obtained with annual rings of different widths (horizontal axis) when the absolute rounding-up error due to the annual ring measuring machine amounts alternatively to 0,01 (lower hyperbolic curve) and 0,02 (upper hyperbolic curve) mm.

denna ej kan startas. För att förhindra uppkomsten av ett sådant läge, vilket ju uppkommer, då den frammatade sträckan med 0,005 mm överstiger den nämnda noggrannhetsgraden, äro till motor-, subtraktions-, transport- och summatangenterna kopplade ett par organ, som vid nedtryckning av någon av de nämnda tangenterna först åstadkomma en vridning av 100-kuggars-hjulet ett halvt kuggavstånd, innan knivspärren börjar röra sig ned mot mellanrummet mellan kuggarna. Härigenom höjes den sifra, som av additionsmaskinen registreras i första dekadern till närmast högre 0,01 mm. Motsvarar vridningsmomentet en frammatning något understigande 0,005 mm, avrundas mätningresultatet däremot nedåt till närmast lägre 0,01 mm.

Även om mätningsoperatören vid mätningarbetet kan mata fram borrarspånet, så att hårkorsset befinner sig exakt över gränsen mellan ett års höstved och det därpå följande årets vårved, vilken gräns ju hos tall och gran avtecknar sig mycket skarpt, måste man räkna med ett av tekniska förhållanden förorsakat »avrundningsfel» av 0,005 mm. Med hänsyn till att bredden av en och samma årsring vanligen varierar något inom olika delar av borrarspånet, spelar detta avrundningsfel ingen som helst roll vid vanlig årsringsmätning, vilket däremot är fallet, då det, som vid föreliggande undersökning, gäller att konstatera jämförelsevis obetydliga förändringar med avseende på bredden av enskilda årsringar eller årsringselement.

Trots att mätning skett längs efter en i borrarspånets längdriktning dragen fin anilinlinje, ställer det sig svårt att vid upprepade mätningar fixera borrarspånets läge så, att hårkorsset avtecknar sig mot exakt samma ställe på skärnings-

punkten mellan denna »riktlinje» och årsringsgränsen. Härtill kommer att hårkorset i sig självt har en viss bredd, varigenom den ifrågavarande skärningspunkten blir delvis skymd. Enär dessutom avrundningsfelet vid två mätningar stundom kunna gå i motsatt riktning d. v. s. i ena fallet resultera i en höjning, i andra fallet i en avrundning nedåt, kan även då mätning sker synnerligen omsorgsfullt på grund av tekniska orsaker uppkomma en differens mellan mätningarna på 0,02 mm. Avrundningsfelet, som dock ej är av systematisk karaktär, är uttryckt i relativa mått, omvänt proportionellt mot årsringens (årsringselementets) bredd, vilket framgår av fig. 1. I denna representera de båda liksidiga hyperbelbranscherna det relativa felet uttryckt i procent vid ett absolut avrundningsfel av alternativt 0,01 och 0,02 mm. Diagrammet åskådliggör, att den mekaniska avrundningen vid låga årsringsbredder leder till en rätt avsevärd över- eller underskattning av krympningens eller svällningens relativa storlek. *På grund härav har man strängt taget mycket begränsade möjligheter att på basis av de gjorda mätningarna med någon större grad av säkerhet fastställa krympnings- och svällningsförändringarna hos enskilda årsringar eller årsringselement.* Genom sammanställning av mätningresultaten i grupper omfattande ett flertal årsringar eller årsringselement sker dock en viss felutjämning, varigenom den mekaniska avrundningens inflytande elimineras. Detta är givetvis framför allt förhållandet, då gruppmedeltalen basera sig på stora variantantal.

Den teoretiska bakgrunden till mekaniken vid virkets krympning och svällning

För en rätt förståelse av de förändringar, som veden hos tall och gran undergår vid krympning och svällning, måste en kortfattad beskrivning lämnas över den i samband med dessa fenomen verksamma mekanismen.

I motsats till lövträden, i vilkas ved strängt specialiserade typer av celler ingå, är barrträdens ved i huvudsak uppbyggd av trakeider, en form av celler, som i sig förena såväl vattenledande som stödjande uppgifter. Barrträds-trakeiderna äro — i motsats till motsvarande vedelement hos lövträden — av jämförelsevis stor längd. Hos granen uppgår trakeidernas längd sålunda stundom till 9 millimeter. Det är för övrigt ifrågavarande egenskap hos dessa vedelement, som gör virke av tall och gran så lämpat för cellulosaframställning. Fibrerna i cellulosan utgöras nämligen av de från varandra isolerade trakeiderna. I de långsträckta trakeidernas väggar finner man linsformade ringporer, som förmedla vattentransporten mellan angränsande trakeider. Vätskeutbytet regleras därvid av en buktbar pormembran, i vars centrum en centralt förtjockad platta en s. k. *torus* är placerad. Denna är

ogenomtränglig för vatten och tjänstgör som en ventil på så sätt, att vatten-transporten genom poren till angränsande trakeid strypes, då torus-plattan pressas mot ringporens öppning.

De trakeider, som kambiet bildar under försommaren, äro tunnväggiga och vidporiga, medan de på eftersommaren bildade ha tjockare väggar och äro starkare specialiserade på stödjande uppgifter.

I det levande trädet liksom även i rått virke innehåller cellerna vatten dels i form av s. k. fritt vatten, som jämte luft utfyller hålrummen i trakeiderna, dels vatten som är kolloidalt bundet vid cellväggarna. Det huvudsakliga byggnadsmaterialet i dessa utgöres som bekant av cellulosa, som i sin tur är uppbyggt av tunna molekyldedjor sammanfogade i parallellt lagrade knippen. Ur kemisk synpunkt kunna trakeidernas cellulosarika väggar karakteriseras som kolloider i gelform. Detta innebär att det vid väggarna bundna vattnet, det s. k. hydratvattnet, kan avges eller anrikas, varvid i förra fallet cellstorleken minskar, i senare ökar. Minskning inträder dock först, sedan det fria vattnet i trakeidernas hålrum avgått genom avdunstning, varvid de av det kolloidala tillståndet hos cellväggarna betingade hygrokopiska krafterna utlösas.

Halten av fritt vatten i cellernas hålrum sammanhänger med de omgivande vävnadernas fuktighetshalt. Vattenkoncentrationen når sitt största värde vid den s. k. fibermättnadspunkten, vilken hos de flesta trädslag uppnås vid en vattenhalt av 25 à 30 % i förhållande till virkets torrsvikt räknat.

Orsakerna till trakeidcellernas förmåga att genom avgivning eller anrikning av vatten förändra sin volym äro att söka i cellväggarnas mikrostruktur och fysikaliskt-kemiska sammansättning. Enligt en av botanikern C. VON NAGELI redan år 1858 uppställd teori »äro cellväggarna uppbyggda av avlånga, polyedriska, optiskt anisotrofa kristalliter, mellan vilka vatten och andra ämnen kunna inlagras». (TRENDELENBURG 1939, s. 93). Kristalliterna benämnde VON NAGELI *miceller*. Micellernas kristallinska struktur har sedermera kunnat påvisas medelst röntgen. Såväl härigenom som genom en rad andra undersökningar har riktigheten av VON NAGELIS micellteori bekräftats.

Micellerna utgöra följaktligen den minsta morfologiska enheten i cellväggen och kunna karakteriseras som submikroskopiska byggstenar placerade bredvid varandra i ett längsgående förband. Den ena ändytan av en micell ligger dock ej i direkt kontakt med angränsande micell. Hela förbandet kan schematiskt liknas med bredvid varandra i längdriktningen löst placerade kaderstenar.

I själva micellerna kan vatten ej upptagas men däremot inlagras mellan dessa. Micellraderna sammanhållas av den molekyllära adhesionskraften, men vid upptagning av vatten förskjutas de enskilda micellerna sinsemellan, varigenom micellförbandet tänjes ut. Till följd av det samlade trycket från

de olika micellförbanden förstoras de enskilda cellerna, varigenom hela trästycket undergår en förstoring, det sväller. Om vatten finnes tillgängligt, fortsätta svällningsrörelserna, till dess fibermättnadspunkten uppnås. Denna representerar gränsen för micellernas förmåga att upplagra vatten. Ovan fibermättnadspunkten kunna cellerna visserligen absorbera ytterligare vatten, men detta kommer därvid att upplagras i form av fritt vatten i cellhåligheterna.

Den process, som äger rum vid virkets svällning och för vilken ovan endast redogjorts mycket schematiskt, är till sitt förlopp reversibel. Vid vattenavgivning genom torkning drager sig nämligen micellförbandet samman, allt eftersom det mellan cellulosamicellerna inlagrade vattnet avgår genom avdunstning, vilket dock först kan ske, sedan det fria vattnet avlägsnats ur cellhåligheterna, således omkring fibermättnadspunkten. I fall av kontinuerlig fuktighetsavgång fortgår krympningsprocessen, till dess all fuktighet avgått, varvid ett läge inträder, då micellerna ej kunna rycka närmare intill varandra.

Vid krympning och svällning synes porvolymen d. v. s. den sammanlagda volymen av trakeidernas lumen, intercellularerna och kärnen ej nämnvärt påverkas. Som en följd härav komma de av cellväggarnas storleksförändringar förorsakade krympnings- och svällningsrörelserna att relativt oförändrade registreras av vedkroppens yttre dimensioner (TRENDELENBURG 1939, s. 194).

Som en följd av bl. a. micellförbandets orientering, vedens anatomiska struktur, förekomsten av mägstrålar etc. sker krympning och svällning ej likformigt i olika dimensioner. I fiberriktningen är sålunda krympning och svällning helt obetydlig, vilket av TRENDELENBURG (1939, s. 201) tillskrives det förhållandet, att vatten ej kan inlagras mellan micellerna i längdriktningen. Att trots detta en viss krympning och svällning — hos tall och gran uppgående till omkring 0,10 och 0,08 % respektive — äger rum, kan förklaras av att micellkedjorna ej förlöpa fullt parallellt med fiberriktningen, varför en obetydlig komponent till den radiella och tangentiella krympningen eller svällningen kommer att verka i fiberriktningen.

Krympning och svällning i tangentiell led är avsevärt större än i radiell. Den förra uppgår ofta till dubbla värdet av den senare. Som förklaring härtill anföres (GREENHILL 1936) mägstrålarnas radiella orientering i veden, vilket skulle ha en reducerande effekt på krympnings- och svällningsförändringarna i veden. Med stöd av mätningar och beräkningar anser sig SIIMES (1938, s. 209) ha konstaterat, att det i stället är trakeidernas ringporer, särskilt då i de tunnväggiga vårvedcellerna, som motverkar krympningen i radiell led. Till följd av sina ringformiga förstärkningsanordningar synas nämligen ringporerna i de radiellt orienterade trakeidcellernas väggar under torkningen bibehålla sin runda form trots trycket i cellväggarna, varigenom detta i viss

utsträckning kompenseras. TRENDELENBURG (1939, s. 202) är dock av den åsikten, att även olikheterna i tangentiell och radiell krympning och svällning ytterst äro betingade av skillnader i micellförbandens orientering, så att micellspiralerna i de tangentiella cellväggarna ha en brantare lutning än i de radiella.

FREY-WYSSLING (1940, s. 350—353) har framlagt en mycket intresseväckande teori över orsakerna till den anisotrofa krympningen i trä. Enligt denna kan krympningsfenomenet lokaliseras till mittskiktet mellan de sekundära cellväggarna i veden. Detta skikt är sammansatt av dels intercellularsubstansen mellan cellerna dels de primära cellväggarna, vilka ursprungligen härröra från kambiet. I mittskiktet ingå starkt krympande och svällande membransubstanser (pektinämnen). I motsats till de sekundära cellväggarna är huvudparten av mittskiktet, intercellularsubstansen, isotropt d. v. s. det krymper och sväller likformigt i olika riktningar. På grund härav blir krympningens och svällningens storlek avhängig av antalet cellväggar i tvärsnittet. Då detta antal visar sig vara större i tangentiell än i radiell led inom tvärsnittet främst till följd av märkestrålarnas förekomst i cellvävnaden och hos barrträden dessutom de i tangentiell led utkilande trakeiderna, följer härav, att krympningen blir störst i denna riktning. Anisotropien, d. v. s. den i skilda riktningar olikformiga krympningen, är följaktligen att betrakta som en entydig funktion av det antal cellväggar, som föreligger i olika riktningar, och står således ej i samband med cellväggarnas tjocklek. I detta sammanhang erinras om, att den föreliggande uppsatsen, som tidigare framhållits, endast behandlar krympning och svällning i radiell led.

De processer, som hos tall och gran äro förbundna med kärnbildningen, resultera även i ändrade krympningsförhållanden inom splint och kärna. I motsats till splinten, som innehåller levande celler, består kärnveden av döda sådana. En skillnad av biologisk natur kan därför sägas råda mellan splint och kärna. Allteftersom cellerna i den förra avdö, avskiljas i desamma bl. a. garvämnen, vilka infiltreras i de omgivande cellerna. Genom garvämnesimpregnering och garvämnenas småningom fortskridande nedbrytning antager kärnveden hos tall en brun-mörkbrun färgton. Hos gran däremot är kärnan ofärgad och kan strängt taget endast urskiljas på nyfällt virke, således medan veden är starkt vattenförande, såvida man ej tillgriper färgning av veden med t. ex. jodlösning, varvid stärkelsen hos de levande cellerna i splinten blåfärgas. I samband med kärnbildningen blockeras hos tall och gran hartsångarna genom celledning, varvid dessa samtidigt tömmas på kåda. Denna upplagras i stället i vedens s. k. parenkymceller, av vilka särskilt märkestrålarna helt utfyllas med kåda (LAGERBERG 1943, s. 33). Härigenom anrikas kåda i kärnveden, som följaktligen kommer att uppvisa en avsevärt högre kådhalt

än splinten. KINNMAN (1930, s. 14) anger sålunda, att halten kåda hos splintved av tall utgör cirka 4 %, medan den i kärnan uppgår till omkring 15 %.

Kärnbildningen medför däremot en markerad nedgång av vattenhalten i cellerna. Enligt KINNMAN (1930, s. 59) skulle vid en vattenhalt i splinten av 56 %, räknat i förhållande till total vikt, kärnveden endast hålla 28 % vatten.

Under lika förhållanden med avseende på vikt och fuktighet visa sig krympnings- och svällningsförändringarna vara starkare utpräglade hos splinten än hos kärnan. Då veden vid kärnbildningsprocesserna blir tyngre, borde det motsatta förhållandet snarare inträffa. Som förklaring härtill anger TRENDELENBURG (1939, s. 136), att vid kärnbildningen vissa substanser inlagras mellan micellspiraler i stället för vatten. Kärnsubstanserna komma därvid att verka som en slags buffert, som vid torkning hindrar micellkedjorna att sammandragas i samma utsträckning som tidigare. TRENDELENBURG anser det även möjligt, att kärnsubstanser inlagras mellan de amorfa ligninsubstanserna och förhindra vatteninträning därstädes.

Med avseende på krympningens och svällningens storlek hos tall och gran föreligga vissa skillnader mellan å ena sidan tätare och å andra sidan mera poröst byggt virke. Det senare innehåller till övervägande del tjockväggiga trakeider med små lumen, det senare däremot mera tunnväggiga och med större lumen försedda trakeider. Det tunga virket har följaktligen större inre täthet och därmed även större inre yta än det porösa. Med ökad täthet följer emellertid en stark stegring av antalet miceller och därmed ökade möjligheter att i micellförbanden inlagra vatten. Detta skulle enligt TRENDELENBURG (1939, s. 194) förklara, att krympning och svällning blir större i tyngre än i poröst virke. KINNMAN (1930, s. 74) vill dock göra gällande, att någon säker lagbundenhet ej kan påvisas mellan torrvolymvikt och krympning, enär tyngden i viss utsträckning kan vara betingad av riklig hartsinlagring i veden.

En översikt över den radiella krympningen och svällningen hos borrhåns materialet från de olika undersökningslokalerna

De utförda årsringsmätningarna ha i första hand bearbetats med sikte på att belysa dels den krympning i radiell led som borrhåns materialet från en och samma undersökningslokal undergår vid övergång från rått till lufttorrt tillstånd dels den svällning, som uppkommer vid blötläggning av borrhåns under alternativt 15 och 60 minuter samt 24 timmar. Såväl krympning som svällning har härvid uttryckts i procent av den längd, som borrhåns konstaterades intaga i rått tillstånd, d. v. s. omedelbart efter borrhåns i skogen.

En redovisad krympning av t. ex. 2,25 % anger sålunda att borrhspånets längd — mätt från den sist färdigbildade årsringen in till centrummarkeringen (jfr. s. 7) — minskat med nämnda belopp. För att erhålla större jämförbarhet har den svällning, som inträder efter blötläggning av borrhspånen under nyssnämnda tidsavsnitt, uttryckts i form av kvarstående krympning. Denna anger följaktligen, uttryckt i procent, huru mycket borrhspånsmaterialet i medeltal ytterligare måste svälla för att återtaga den ursprungliga längden, d.v.s. 100 %.

I tab. 3 och 4, sid. 18—21, redovisas för de olika undersökningslokalerna dels krympningen vid övergång från rått till lufttorrt tillstånd dels den efter respektive blötläggningstid kvarstående krympningen samt dessutom antalet undersökta träd, antalet mätta årsringar inom splint och kärna ävensom de borrhspånens genomsnittliga ålder vid borrhspånstället. För undersökningslokal nr 4 redovisas ej någon krympning för årsringarna inom kärnan, vilket beror på det förhållandet, att tydlig kärnved synbarligen ännu ej hunnit utbildas vid brösthöjd till följd av beståndets låga ålder — 28 år.

Om vi till en början uppehålla oss vid en jämförelse mellan de krympningsprocenter, som enligt tab. 3 och 4 föreligga för de olika undersökningslokalerna, kan konstateras, att krympningsprocenten genomgående är större inom splinten än inom kärnan. Vid jämförelse mellan tall och gran visar sig splinten hos det förra trädslaget karaktäriseras av större krympning än inom motsvarande del av vedkroppen hos granen, medan däremot förhållandena inom kärnveden äro mera likvärdiga. Hos såväl tall som gran utmärkes splintveden av starkare variation med avseende på krympningsförhållandena än kärnveden. För de undersökta tall-lokalerna uppgår sålunda krympningsprocenten i medeltal till 3,40 % för årsringarna inom splinten och 2,56 % för årsringarna inom kärnan med en variation av 2,53—3,87 % och 2,29—2,81 % respektive. För de undersökta granlokalerna föreligger i medeltal avsevärt mindre skillnad mellan krympningen inom splint och kärna. Den uppgår till 2,79 och 2,44 % respektive med en variation av i förra fallet 2,48—3,36 % och i senare 2,16—2,82 %. Härvid är dock att märka, att krympningsprocenterna hänföra sig till olika medelårsringsbredd. Sålunda utmärkes splinten praktiskt taget genomgående av lägre medelårsringsbredd än kärnan. Olikheterna i medelårsringsbredd utgöra emellertid ej tillräcklig förklaringsgrund för de stora skillnader, som visa sig föreligga med avseende på krympningsförhållande inom splint och kärna. Det har för den skull undersökts om skillnaderna äro att betrakta som statistiskt signifikanta. Resultaten av de i samband härmed utförda beräkningarna över krympningsprocenternas dispersion och medelfel redovisas i tab. 5 och 6, s. 22—23 respektive, som emellertid endast baserar sig på de sommartid undersökta lokalerna. De i tabellen redovisade krympningsprocenterna ha därvid uträknats som aritmetiska medeltalet av den för varje enskilt träd konstaterade krympningsprocenten.

Tab. 3. Den radiella krympningen vid övergång från rått till lufttorrt tillstånd jämte den undersöknings-
Radial Shrinkage on the Transition from the Raw- to the Air-dry Condition and Residual

Lokal nr Locality No.	Antal undersökta träd st. Number of Trees invest- igated	S p l i n t S a p w o o d						K ä r- H e a r t-	
		Antal års- ringar st. Number of Annual Rings	Medel- årsrings- bredd mm Mean Annual Ring width mm	Krymp- ning Shrinkage	Kvarstående krympning efter blötläggning under Residual Shrinkage after soaking for			Antal års- ringar st Number of Annual Rings	Medel- års- rings- bredd mm Mean Annual Ring width mm
					15	60	24		
					minuter minutes		timmar hours		
p r o c e n t p e r c e n t									
4	57	1 178	2,25	2,53	0,45	0,15	0,05	—	—
6	29	1 102	1,22	3,54	0,10	0,09	0,08	514	1,77
7	27	1 241	1,10	3,87	0,06	0,00	—0,02	912	1,81
10 ¹	14	484	0,97	3,26	0,17	0,13	0,15	215	2,62
10 ²	14	467	1,02	3,15	0,09	0,10	—0,01	231	2,29
11	25	1 380	1,03	3,28	0,06	0,04	0,01	1 041	1,82
12	27	1 038	1,17	3,01	0,01	0,01	0,02	427	2,42
S 8:IV	55	4 026	0,48	3,87	0,11	0,06	0,03	4 294	1,00
S 44:I	57	2 653	0,86	3,84	0,18	0,09	—0,01	1 454	1,54
S 44:II	56	2 448	0,83	3,61	0,08	0,04	0,02	1 525	1,88
Summor o. medeltal	361	16 017	0,95	3,40	0,16	0,07	0,03	10 613	1,50

¹ Vid mätning av höst- och vårvedelementen.

² » » » hela årsringarna.

Enligt tab. 5 visar sig skillnaden mellan krympningsprocenten för splint- och kärnved av tall genomgående överstiga skillnadens dubbla medelfel; i själva verket är den med undantag för lokal 10 (vid mätning av hela årsringen) mer än tre gånger så stor som medelfelet på skillnaden. Hos undersökningsmaterialet av gran (tab. 6) understiger i två fall av tio (lokaler 9 och 13) skillnaden mellan krympningsprocenten för splint och kärna skillnadens dubbla medelfel och i halva antalet fall dess tredubbla medelfel. Särskilt beträffande tallen föreligger följaktligen en mycket starkt utpräglad statistisk signifikans beträffande skillnad mellan splintens och kärnans krympningsförhållanden, och detta skulle enligt det föregående (jfr. s. 16) främst sammanhånga med de förändringar av fysikalisk-kemisk natur, som inträda i veden i samband med kärnbildningsprocesserna.

Vid jämförelse mellan krympningsprocenterna för olika undersökningslokaler föreligga stundom rätt avsevärda skillnader, som sannolikt äro betingade av ett komplex skilda orsaker, bland dem olikheter i medelårsringsbredd jämte årsringsmaterialets fördelning i anslutning till denna, varierande

efter blötläggning under olika tidsavsnitt kvarstående krympningen för tall från de olika lokalerna.

Shrinkage in Pine from the various Localities investigated after soaking for different Periods.

n a w o o d				S p l i n t o c h k ä r n a S a p w o o d a n d H e a r t w o o d						
Kryp- ning Shrinkage	Kvarstående krympning efter blötläggning under Residual Shrinkage after soaking for			Antal års- ringar st. Number of Annual Rings	Medel- års- rings- bredd mm Mean Annual Ring width mm	Genom- snitts- ålder vid borr- nings- stället år Average Age at Boring- point years	Kryp- ning Shrink- age	Kvarstående krympning efter blötläggning under Residual Shrinkage after soaking for		
	15	60	24					15	60	24
	minuter minutes	timmar hours						minuter minutes	timmar hours	
p r o c e n t p e r c e n t				p r o c e n t p e r c e n t						
—	—	—	—	1 178	2,25	21	2,53	0,45	0,15	0,05
2,60	0,85	0,20	0,01	1 616	1,39	56	3,16	0,40	0,13	0,05
2,62	0,77	0,22	0,09	2 153	1,40	80	3,18	0,45	0,12	0,04
2,31	0,47	0,03	—0,01	699	1,48	50	2,74	0,34	0,08	0,06
2,39	0,68	0,11	0,05	698	1,44	50	2,75	0,40	0,11	0,03
2,29	0,71	0,17	0,00	2 421	1,37	97	2,71	0,43	0,11	0,00
2,39	0,77	0,18	0,06	1 465	1,53	54	2,73	0,36	0,09	0,04
2,81	0,95	0,16	—0,02	8 320	0,75	151	3,14	0,69	0,13	—0,01
2,61	0,76	0,08	—0,08	4 107	1,10	72	3,23	0,47	0,09	—0,04
2,40	0,58	0,11	—0,01	3 973	1,23	71	2,90	0,37	0,08	0,00
2,56	0,77	0,15	0,00	26 630	1,17	87	2,97	0,47	0,11	0,01

höstvedprocent och densitet hos veden, olika antal cellväggar på längdenheten och växlande halt av hartser i veden o. s. v.

I anslutning till de för varje enskild undersökningslokal redovisade värdena på den efter blötläggning under olika tidsavsnitt kvarstående krympningen måste påpekas, att då något tecken ej är utsatt framför det i procent uttryckta värdet, så innebär detta, att svällning ej skett till i nivå med den i rått tillstånd uppmätta längden av borrspåsmaterialet. Ett minustecken framför den kvarstående krympningen markerar däremot, att borrspånen skulle ha svällt till något större längd än i rått tillstånd. I fall det härvid rör sig om en faktisk svällning utöver den ursprungliga längden eller om en av mindre avläsnings- eller avrundningsfel förorsakad skenbar svällning undandraget sig dock bedömande. Man bör emellertid hålla i minnet, att den kvarstående krympningen, särskilt då efter den längsta blötläggningstiden, är ett uttryck för en relativt obetydlig förändring i borrspånens sammanlagda längd, varför även mindre mätfel kunna influera på resultaten.

Tab. 3, s. 18, utvisar, att den för tallens splintved konstaterade kvarstående

Tab. 4. Den radiella krympningen vid övergång från rått till lufttorrt tillstånd jämte den undersöknings-

Radial Shrinkage on the Transition from the Raw- to the Air-dry Condition and Residual

Lokal nr Locality No.	Antal undersökta träd st. Number of Trees investigated	S p l i n t S a p w o o d						K ä r H e a r t	
		Antal års- ringar st. Number of Annual Rings	Medel- årsrings- bredd mm Mean Annual Ring width mm	Krymp- ning Shrinkage	Kvarstående krympning efter blötläggning under Residual Shrinkage after soaking for			Antal års- ringar st. Number of Annual Rings	Medel- års- rings- bredd mm Mean Annual Ring width mm
					15	60	24		
					minuter minutes		timmar hours		
p r o c e n t p e r c e n t									
I	70	2 242	1,71	2,84	0,11	0,08	0,05	894	2,22
2	40	1 392	1,57	2,63	0,09	0,04	0,05	741	2,50
3	57	2 214	0,72	3,36	0,05	0,01	— 0,01	2 364	1,13
5	57	1 789	2,24	2,57	0,07	0,04	0,03	664	2,62
8	29	720	1,19	3,14	— 0,02	— 0,02	— 0,04	606	1,91
9	54	1 307	1,66	2,48	0,06	0,01	0,01	1 571	1,97
10 ¹	15	366	1,30	3,15	0,05	0,03	0,02	348	1,73
10 ²	14	345	1,47	3,03	0,07	0,05	0,06	361	1,68
13	29	699	1,92	2,62	0,21	0,04	0,04	939	1,56
14	55	1 695	1,23	3,06	0,05	0,07	0,03	2 664	1,46
Summor o. medeltal	420	12 769	1,49	2,79	0,08	0,04	0,03	11 152	1,71

¹ Vid mätning av höst- och vårvedelementen.

² » » » hela årsringarna.

krympningen redan efter blötläggning under 15 minuter uppgår till relativt små belopp. Ett undantag utgör dock lokal nr 4, för vilken det relativt höga värdet 0,45 % redovisas, vilket är nära tre gånger så stort som närmast lägre värde. Härvid är dock att märka, att ingen tydligt brunfärgad kärna ännu hunnit utbildas på den ifrågavarande lokalen, vilket givetvis ej utesluter att kärnbildningsprocesserna redan inletts i det vid borringstillfället 28-åriga tallbeståndet. Den för lokalen konstaterade låga krympningsprocenten lämnar — trots att den hänför sig till hög medelårsringsbredd (jfr. s. 18) — anvisning om att så skulle vara fallet. Följaktligen skulle den höga kvarstående krympningen vara försakad av att årsringsmaterialet ej differentierats på splint och kärna. Detta bestyrkes för övrigt av en jämförelse med de värden på den kvarstående krympningen, som enligt tab. 3 redovisas för de olika undersökningslokaler efter sammanslagning av mätningsresultaten för såväl splint som kärna. Uteslutes lokal nr 4, uppgår den för övriga undersökningslokaler i medeltal kvarstående krympningen till 0,10, 0,06 och 0,02 % vid en blötläggningstid av 15 och 60 minuter samt 24 timmar, varför

efter blötläggning under olika tidsavsnitt kvarstående krympningen för gran från de olika lokalerna.

Shrinkage in Spruce from the various Lokalities investigated after soaking for different Periods.

n a w o o d				S p l i n t o c h k ä r n a S a p w o o d a n d H e a r t w o o d							
Kryp- ning Shrinkage	Kvarstående krympning efter blötläggning under Residual Shrinkage after soaking for			Antal års- ringar st. Number of Annual Rings	Medel- års- rings- bredd mm Mean Annual Ring width mm	Genom- snitts- ålder vid borr- nings- stället år Average Age at Boring- point years	Kryp- ning Shrink- age	Kvarstående krympning efter blötläggning under Residual Shrinkage after soaking for			
	15	60	24					15	60	24	
	minuter minutes		timmar hours					minuter minutes		timmar hours	
p r o c e n t p e r c e n t				p r o c e n t p e r c e n t							
2,40	0,27	0,09	0,04	3 136	1,86	45	2,69	0,17	0,08	0,05	
2,24	0,22	0,07	0,01	2 133	1,89	53	2,45	0,15	0,05	0,03	
2,82	0,36	0,09	0,05	4 578	0,93	80	3,03	0,24	0,06	0,03	
2,16	0,28	0,10	0,06	2 453	2,35	43	2,44	0,14	0,06	0,04	
2,48	0,29	0,07	0,07	1 326	1,52	46	2,76	0,16	0,03	0,02	
2,32	0,18	0,03	0,01	2 878	1,83	53	2,38	0,13	0,02	0,01	
2,61	0,22	0,02	0,00	714	1,51	48	2,85	0,15	0,00	0,01	
2,69	0,25	0,07	0,03	706	1,58	50	2,84	0,17	0,06	0,05	
2,42	0,17	0,10	0,04	1 638	1,71	56	2,51	0,19	0,07	0,04	
2,47	0,12	0,05	0,07	4 359	1,37	79	2,68	0,09	0,01	0,03	
2,44	0,22	0,05	0,01	23 921	1,59	58	2,62	0,15	0,04	0,02	

blötläggning under 60 minuter för splintved av tall synes medföra svällning till nära nog fullt i nivå med längden i rätt tillstånd (kompensering av krympningen).

För kärnved av tall kvarstår enligt tab. 3 efter den kortaste blötläggningstiden något mindre än $\frac{1}{3}$ av krympningen, varför blötläggning under 15 minuter ej är tillräckligt för att eliminera krympningen inom kärnan. Efter blötläggning under 60 minuter visar sig krympningen ha nedgått till $\frac{1}{17}$ av den ursprungliga, för att efter en utsträckning av blötläggningstiden till 24 timmar ha helt kompensrats. Med hänsyn till den långsammare svällning, som karakteriserar tallens kärnved i förhållande till splinten, erfordras en blötläggningstid av åtminstone 1 timme, för att krympningen skall kompenseras till i nivå med den hos splinten efter 15 minuters blötläggning kvarstående krympningen.

Granens splintved karakteriseras enligt tab. 4 av ett något snabbare svällningsförlopp än tallens; redan efter 15 minuters blötläggning nedgår den kvarstående krympningen till lägre belopp än för tallens splintved efter 60

Tab. 5. Statistiska data för jämförelse mellan den radiella krympningsprocenten för splint- och kärnved av tall.
 Statistical Data for a Comparison between the Radial Percentage shrinkage for the Sapwood and Heartwood of Pine.

Lokal nr Locality No.	Antal under- sökta träd st. Number of Trees in- vestigated	S p l i n t S a p w o o d					K ä r n a H e a r t w o o d					Differens mellan medeltal. för kärna o. splint Difference between Means for Sapwood and Heartwood	Diffe- rensens dubbla medel- fel Double Standard Error of Difference	
		K r y m p n i n g s p r o c e n t e n s P e r c e n t a g e S h r i n k a g e ' s												
		aritme- tiska medeltal Arithmetic mean	disper- sion Standard Deviation	varia- tions- koeff. Coeff. of Variation	medelfel Standard Error		aritme- tiska medeltal Arithmetic mean	disper- sion Standard Deviation	varia- tions- koeff. Coeff. of Variation	medelfel Standard Error				
					absolut Absolute	relativt Relative				absolut Absolute	relativt Relative			
4	28	2,68	0,76	28,4	0,10	3,8	—	—	—	—	—	—	—	—
6	29	3,68	0,82	22,4	0,15	4,2	2,68	0,50	18,6	0,09	3,5	1,00	0,36	
7	27	3,90	0,65	16,6	0,12	3,2	2,68	0,55	20,3	0,10	3,9	1,22	0,33	
10 ¹	14	3,25	0,50	15,4	0,13	4,1	2,29	0,52	22,8	0,14	6,1	0,96	0,39	
10 ²	14	3,11	0,84	27,0	0,22	7,2	2,46	0,46	18,6	0,12	5,0	0,65	0,51	
11 ¹	25	3,37	0,72	21,3	0,14	4,3	2,29	0,42	18,4	0,08	3,7	1,08	0,33	
12	27	3,03	0,67	22,2	0,13	4,3	2,43	0,46	18,9	0,09	3,6	0,60	0,31	
S 8:IV	28	3,91	0,49	12,5	0,09	2,4	3,00	0,53	17,8	0,10	3,4	0,91	0,27	
S 44:I	30	3,77	0,68	18,1	0,12	3,3	2,64	0,37	14,0	0,07	2,6	1,13	0,28	
S 44:II	29	3,61	0,77	21,4	0,14	4,0	2,41	0,39	16,0	0,07	3,0	1,20	0,32	
Summa o. medeltal	251	3,43	0,82	24,2	0,05	1,4	2,54	0,51	20,0	0,03	1,3	0,89	0,12	

¹ Vid mätning av höst- och vårvedelementen.

² » » » hela årsringarna.

Tab. 6. Statistiska data för jämförelse mellan den radiella krympningsprocenten för splint- och kärved av gran.
Statistical Data for a Comparison between the Radial Percentage shrinkage for the Sapwood and Heartwood of Spruce.

Lokal n:r Locality No	Antal under- sökta träd st. Number of Trees in- vestigated	S p l i n t S a p w o o d					K ä r n a H e a r t w o o d					Differens mellan medeltal. för kärna o. splint Difference between Means for Sapwood and Heartwood	Diffe- rensens dubbla medel- fel Double Standard Error of Difference
		K r y m p n i n g s p r o c e n t e n s P e r c e n t a g e S h r i n k a g e ' s											
		aritm- tiska medeltal Arithmetic mean	disper- sion Standard Deviation	varia- tions koeff. Coeff. of variation	medelfel Standard Error		aritm- tiska medeltal Arithmetic mean	disper- sion Standard Deviation	varia- tions koeff. Coeff. of Variation	medelfel Standard Error			
					absolut Absolute	relativt Relative				absolut Absolute	relativt Relative		
1	35	2,93	0,64	21,9	0,11	3,7	2,32	0,81	35,1	0,14	5,9	0,61	0,35
2	20	2,68	0,80	29,7	0,18	6,6	2,14	0,53	24,7	0,12	5,5	0,54	0,43
3	29	3,43	0,72	21,0	0,13	3,9	2,91	0,49	17,0	0,09	3,2	0,52	0,32
5	29	2,82	0,44	15,6	0,08	2,9	2,19	0,67	30,8	0,13	5,7	0,63	0,30
8	29	3,26	0,80	24,5	0,15	4,6	2,53	0,42	16,7	0,08	3,1	0,73	0,34
9	28	2,58	0,65	25,2	0,12	4,8	2,43	0,48	19,9	0,09	3,8	0,15	0,31
10 ¹	14	3,15	0,67	21,4	0,17	5,5	2,68	0,50	18,7	0,13	4,8	0,47	0,43
10 ²	14	3,11	0,46	14,8	0,12	4,0	2,71	0,38	14,0	0,10	3,7	0,40	0,32
13	29	2,64	0,61	23,1	0,11	4,3	2,44	0,53	21,8	0,10	4,0	0,20	0,30
14	29	3,29	0,81	24,6	0,15	4,6	2,58	0,74	28,5	0,14	5,3	0,71	0,41
Summa o. medeltal	256	2,99	0,70	23,5	0,04	1,5	2,49	0,61	24,4	0,04	1,5	0,50	0,12

¹ Vid mätning av höst- och vårvedelementen.

² » » » hela årsringarna.

minuters blötläggning. Även beträffande kärnveden kompenseras krympningen snabbare hos gran än hos tall. Den kortaste blötläggningstiden är dock ej tillräcklig för att ernå en tillfredsställande kompensering av krympningen hos granens kärnved.

Undersökningen har följaktligen utvisat, att den blötläggningstid, som tidigare tillämpats vid skogsforskningsinstitutets rutinmässiga årsringsmätningar, nämligen 15 minuter (jfr. WIKSTEN 1945, s. 477 och EKLUND 1949, s. 29), ej är tillräcklig för att kompensera den genom torkning från rätt till lufttorrt tillstånd förorsakade krympningen, särskilt då mätningen, som oftast är fallet, icke blott omfattar splinten utan även griper in i kärnveden. På grund härav måste blötläggningstiden utsträckas till omkring 1 timme, varigenom en förhållandevis tillfredsställande kompensering av krympningen inom såväl splinten som kärnan synes uppnås.

I samband med 1936—38 års finska riksskogstaxering insamlades ett omfattande årsringsmaterial från orörda bestånd. Avsikten härmed var närmast att erhålla underlag för slutsatser angående klimatets inflytande på tallens och granens radietillväxt under de båda tioårsperioder, som användes för bestämning av virkesförrådets tillväxt vid 1922—23 och 1936—38 års finska riksskogstaxeringar. För att utröna hur mycket borrhålsmaterial utvidgade sig vid blötläggning, utförde ILVESSALO (1942, s. 152) en serie mätningar på dels lufttorra, dels vattendränkta borrhåls, varvid blötläggning skedde i 2, 24 och 72 timmar. De av ILVESSALO framlagda resultaten återgivas i tab. 7, s. 25, som även upptager den på basis av föreliggande undersökningsmaterial beräknade procentuella svällningen. För att erhålla överensstämmelse med det finska materialet har härvid den vid olika blötläggningstid konstaterade sammanlagda längden årsringar satts i relation till längden i lufttorrt tillstånd.

De av ILVESSALO framlagda svällningsprocenterna ha tyvärr ej differentierats på splint och kärna. Som framgått av den tidigare framställningen föreligga relativt stora skillnader med avseende på splintens och kärnans svällningsförhållanden, varför ILVESSALOS siffror måste anses hänföra sig till de i det finska materialet föreliggande proportionerna mellan splint och kärna.

Med hänsyn till att de undersökta lokalerna äro belägna på en breddgrad närmast motsvarande södra Finland, tilldrager sig en jämförelse med materialet från detta område det största intresset. Då en gemensam svällningsprocent uträknas för splint och kärna, visar sig vid en blötläggningstid av 24 timmar — den enda direkt jämförbara blötläggningstiden — svällningsprocenten vara större för det föreliggande än för det sydfinska materialet, medan för gran förhållandet visar sig vara det motsatta. Jämförelseobjekten kunna sannolikt ej betecknas som likvärdiga med avseende på bl. a. proportionen mellan splint och kärna, medelårsringsbredd m. m., varför orsakerna till de konstaterade skillnaderna undandraga sig bedömande.

Tab. 7. Jämförelse mellan den procentuella svällningen enligt material från 1936—38 års finska riksskogstaxering och den föreliggande undersökningen.

Comparison between the Percentage Swelling according to Material from The Second National Forest Survey of Finland and the Present Investigation.

Undersökningsmaterial Material investigated	Blötläggningstid Soaking period				
	15 minu- ter minutes	1	2	24	72
		t i m m a r h o u r s			
svällning, procent swelling, per cent					
Södra Finland: tall..... South Finland: Pine	—	—	2,80	2,81	2,81
Södra Finland: gran..... South Finland: Spruce	—	—	2,85	2,86	2,86
Norra Finland: tall..... North Finland: Pine	—	—	2,62	2,66	2,66
Norra Finland: gran..... North Finland: Spruce	—	—	2,86	2,94	2,94
Föreliggande undersökning: Present Investigation:					
Tall (Pine)					
splint (sapwood)	3,36	3,45	—	3,50	—
kärna (heartwood)	1,84	2,47	—	2,63	—
splint och kärna (sap- and heartwood).....	2,58	2,95	—	3,05	—
Gran (Spruce)					
splint (sapwood)	2,79	2,83	—	2,85	—
kärna (heartwood)	2,28	2,46	—	2,49	—
splint och kärna (sap- and heartwood)	2,53	2,64	—	2,67	—

Jämförelse mellan den radiella krympningen vid borrning på sommaren och på hösten

Vattenhalten i det stående trädets ved växlar enligt undersökningar av bl. a. HARTIG (1882) under olika årstider. För sommarhalvåret gäller sålunda, att vattenhalten under maj och juni successivt stegras från ett minimum under föregående båda månader till ett maximum i början av juli för att sedan undan för undan sjunka till ett sekundärt minimum i oktober. Vid sidan av denna mer långsiktiga förändring uppvisar vattenhalten i veden även en till dygnet knuten periodicitet, som måste sättas i samband med transpirationsförloppet (FRIEDRICH 1897).

För att utröna om trädens olika fuktighetskondition under sommaren och på hösten återverkar på krympningens storlek ha resultaten från de under båda dessa årstider undersökta lokalerna jämförts. Som tidigare framhållits utlöses krympningsmekanismen i veden först sedan vattenhalten nedgått till

Tab. 8. Jämförelse mellan radiell krympning
Comparison between the Radial Shrinkage

Lokal nr	Tidpunkt för Time of				Antal träd vid Number of Trees		S p l i n t S a p w o o d				Diffe- rens Difference
	s o m m a r- S u m m e r-		h ö s t- A u t u m n-		som- mar- Sum- mer-	höst- Au- tumn-	som- mar- Sum- mer-	höst- Au- tumn-	som- mar- Sum- mer-	höst- Au- tumn-	
	b o r r n i n g b o r i n g				b o r r n i n g b o r i n g		b o r r n i n g b o r i n g				
	år Year	datum Date	år Year	datum Date	st.		st.		p r o c e n t p e r c e n t		
T a l l P i n e											
4	1947	17/6—18/6	1947	3/10—4/10	28	29	538	640	2,56	2,51	-0,05
S8:IV	1947	16/7	1948	11/10—12/10	28	27	2 109	1 917	3,91	3,82	-0,09
S44:I	1947	8/7—9/7	1948	6/10—7/10	30	27	1 486	1 167	3,71	4,01	+0,30
S44:II	1947	9/7—10/7	1948	7/10—8/10	29	27	1 307	1 141	3,55	3,68	+0,13
Samtl.	—	—	—	—	115	110	5 440	4 865	3,42	3,39	-0,03
G r a n S p r u c e											
1	1947	11/6—12/6	1947	30/9—1/10	35	35	1 103	1 139	2,85	2,83	-0,02
2	1947	13/6—14/6	1947	1/10—2/10	20	20	666	726	2,44	2,81	+0,37
3	1947	15/6—17/6	1947	2/10—3/10	29	28	1 099	1 115	3,32	3,42	+0,10
5	1947	18/6	1947	4/10—6/10	29	27	931	858	2,73	2,39	-0,34
9	1947	27/6—28/6	1947	15/11—17/11	28	26	630	677	2,60	2,37	-0,23
14	1947	11/7; 14/7; 17/7	1948	8/10—9/10	29	26	1 087	608	3,12	2,94	-0,18
Samtl.	—	—	—	—	170	162	5 516	5 123	2,83	2,71	-0,12

omkring fibermättnadspunkten. Hos rotstående träd, vilkas livsfunktioner ej äro nedsatta t. ex. till följd av övermognad, insekt- eller svampangrepp, torde en så stark sänkning av vattenhalten ej kunna inträda på grund av fysiologiska orsaker. Till följd härav kan ej heller krympning komma till stånd, så länge trädet är i full växtkraft. Till följd av krympning skulle för övrigt utlösas spänningar i veden med sprickbildning som resultat.

Antalet lokaler, som undersökts med avseende på krympningen såväl på sommaren som på hösten, utgör 10 st., varav 4 representerande tall- och 6 granbestånd. Tidpunkten för borrhning och mätning av årsringarna från de ifrågavarande lokalerna framgår av tab. 8, s. 26—27, i vilken även antalet undersökta träd, antalet mätta årsringar och de erhållna krympningsprocenterna avseende rätt till lufttorrt tillstånd redovisas.

Beträffande tidpunkten för borrhningens och den första årsringsmätningens

vid borrhning på sommaren och på hösten.

when boring in the Summer and in the Autumn.

K ä r n a H e a r t w o o d					S p l i n t o c h k ä r n a S a p w o o d a n d H e a r t w o o d				
Antal årsringar vid Number of Annual Rings		Krympning vid Shrinkage		Diffe- rens Differ- ence	Antal årsringar vid Number of Annual Rings		Krympning vid Shrinkage		Diffe- rens Differ- ence
som- mar- Summer-	höst- Autumn-	som- mar- Summer-	höst- Autumn-		som- mar- Summer-	höst- Autumn-	som- mar- Summer-	höst- Autumn-	
b o r r n i n g b o r i n g					b o r r n i n g b o r i n g				
st.		p r o c e n t p e r c e n t			st.		p r o c e n t p e r c e n t		
T a l l P i n e									
—	—	—	—	—	538	640	2,56	2,51	—0,05
2 128	2 166	2,96	2,67	—0,29	4 237	4 083	3,27	3,02	—0,25
670	784	2,61	2,62	+0,01	2 156	1 951	3,20	3,27	+0,07
747	778	2,38	2,43	+0,05	2 054	1 919	2,88	2,92	+0,04
3 545	3 728	2,69	2,59	—0,10	8 985	8 593	3,04	2,97	—0,07
G r a n S p r u c e									
485	409	2,37	2,44	+0,07	1 588	1 548	2,67	2,70	+0,03
397	344	2,09	2,43	+0,34	1 063	1 070	2,27	2,64	+0,37
1 245	1 119	2,88	2,76	—0,12	2 344	2 234	3,04	3,01	—0,03
354	310	2,24	2,07	—0,17	1 285	1 168	2,58	2,29	—0,29
858	713	2,34	2,28	—0,06	1 488	1 390	2,44	2,32	—0,12
1 213	1 451	2,49	2,45	—0,04	2 300	2 059	2,76	2,58	—0,18
4 552	4 346	2,43	2,43	±0,00	10 068	9 469	2,63	2,57	—0,06

utförande anger tab. 8, att en av tall- och fem av granlokalerna undersöktes såväl sommaren som hösten 1947, medan för de tre övriga tall- och den återstående granlokalen sommarborrningen visserligen ägde rum nämnda år, men höstborrningen först påföljande år: Av en ren tillfällighet ägde följaktligen undersökningen till huvudsaklig del rum under den osedvanligt torra och varma sommaren 1947. Inom Kopparbergs län var väderleken under densamma mycket ensartad; himlen var under veckor praktiskt taget molnfri och regn föll endast i mycket obetydlig omfattning. Denna sommar förefunnos således alla förutsättningar, för att vattenhalten i trädens ved skulle nedgå till en onormalt låg nivå.

Då som tidigare framhållits vid borrhning på hösten borrhspån ej kunnat uttagas i alltför nära anslutning till det ställe på stammen, där ingreppet skedde vid sommarborrningen, d. v. s. brösthöjd, är det självfallet, att antalet

mätta årsringar ej är detsamma vid sommar- och höstborrningen. Härtill kommer att en del borrhållanden av olika orsaker, främst då mera framträdande kådimpregnering, måst kasseras i samband med borrhållandematerialets mätning i torrt tillstånd. Även då exakt samma träd äro representerade i sommar- och höstborrningsmaterialen, föreligga differenser mellan antalet årsringar icke minst inom kärnan, vilket åtminstone delvis måste sättas i samband med att kärngränsen ej följer en viss bestämd årsring i stamkäglan. Ytterligare bör påpekas att mätning av årsringarna i torrt tillstånd ej kunnat ske under fullt analoga förhållanden beträffande temperatur och fuktighet i mätninglokalen. Följaktligen föreligga ej fullt enhetliga utgångslägen vid en jämförelse mellan krympningens storlek för det sommar- och höstborrade årsringmaterialet.

Tab. 8 utvisar att differensen mellan den på basis av sommar- och höstborrningen konstaterade procentuella krympningen i radiell led uppgår till ganska varierande belopp. Tecknet framför differenserna utvisar, att krympningen ej genomgående varit större (negativt tecken) vid sommarborrningen än vid höstborrningen. För den händelse den tidigare påtalade successiva nedgången i vedens vattenhalt under tiden juli-oktober skulle ha resulterat i ändrat utgångsläge för krympningen, borde höstborrningarna genomgående utmärkas av lägre krympningsprocenter än sommarborrningarna. Tecknet växlar emellertid icke blott för differensen i krympning inom splinten utan även inom kärnan, där differensen för övrigt varierar inom ungefär samma gränser som inom splinten. En nedgång av vattenhalten i trädet inträder ju i första hand inom splintmanteln, varför skillnaden i krympning vid jämförelse mellan sommar- och höstborrning borde bliva större inom splinten än inom kärnan, vilket emellertid ej visar sig vara fallet. Följaktligen kan någon klar tendens ej utläsas med avseende på de föreliggande differenserna i procentuell krympning enligt borring på sommaren och på hösten. Detta bestyrker den ovan hävdade uppfattningen, att vattenhalten i veden hos träd i full växtkraft ej kan nedgå till omkring fibermättnadspunkten, vilken måste underskridas, för att krympning över huvud taget skall kunna komma till stånd.

För att utröna om de i tab. 8 redovisade differenserna mellan krympningsprocenterna vid sommar- och höstborrning äro slumpmässigt betingade eller kunna betraktas som statistiskt säkerställda, har medelfelet på skillnaden i krympningsprocent uträknats och jämförts med den ifrågavarande differensen. Om man som kriterium på en statistiskt signifikant skillnad uppställer den fordran, att skillnaden skall vara större än dennas dubbla medelfel, visar det sig, att detta endast är förhållandet för krympningen inom splinten å lokal 5. Här skulle man följaktligen kunna räkna med en faktisk olikhet i den för sommar- och höstborrningen konstaterade krympningsprocenten. För samtliga övriga lokaler är däremot skillnaden i krympningsprocent för de ifrågavarande båda årstiderna ej att anse som statistiskt säkerställd.

En närmare analys av krympningsprocenterna för de enskilda träden å lokal 5 antyder dock, att den konstaterade skillnaden ej gärna kan sättas i samband med någon mera markerad olikhet i krympning under de ifrågasvarande båda årstiderna. Då beståndet, som utgöres av frodvuxen gran, är beläget i en relativt stark sydostsluttning med gynnsamma grundvattenförhållanden, torde det här ej gärna kunna bliva tal om någon av brist på vatten försakad uttorkning av splinten. Detta skulle i så fall ha medfört en lägre krympningsprocent för höst- än för sommarborrningen.

En jämförelse mellan de krympningsprocenter, som erhållas vid sammanlagning av de olika undersökningslokalerna, utvisar, att skillnaderna mellan krympningsprocenterna vid sommar- och höstborrning i själva verket äro jämförelsevis obetydliga. Sålunda uppgår för 110 à 115 tallar och 162 à 170 granar skillnaden inom splinten till endast 0,03 % för det förra och 0,12 % för det senare trädslaget, medan motsvarande siffror för kärnveden utgör 0,10 och 0,00 % respektive. Man torde därför kunna utgå från att, *om borringen utföres under sommarhalvåret, tidpunkten för densamma ej utövar något egentligt inflytande på virkets radiella krympning vid övergång från rått till lufttorrt tillstånd.*

Sambandet mellan årsringsbredd och radiell krympning

Frågan huruvida den radiella krympningen står i samband med virkets årsringsbredd tilldrager sig ett betydande intresse ur såväl teoretisk som praktisk synpunkt. Såvitt förf. kunnat finna, har emellertid denna fråga tidigare ej varit föremål för närmare behandling i den svenska facklitteraturen. Visserligen påträffar man uppgifter sådana som »Frodvuxet virke krymper alltså mindre än senvuxet» och »Även årsringens bredd synes inverka, i det att av två vedstycken med samma täthet krympningen i allmänhet är störst hos det som har fina årsringar» (KINNMAN 1930, s. 74). Mera preciserade uppgifter saknas dock åtminstone i den svenska litteratur på detta område, som förf. tagit del av.

Av de utländska arbeten, som behandla krympningsförändringarna hos tall och gran, har synbarligen endast SIIMES (1938, s. 90—91) genomfört en differentiering av det tillgängliga undersökningsmaterialet — finskt furuvirke — på olika årsringsbredder. SIIMES fann därvid, att krympningen uttryckt i procent har en med stigande årsringsbredd markerat sjunkande tendens såväl beträffande krympningen i tangentiell som i radiell led. I den senare

riktningen kan krympningen (R %) enligt SIMES återgivnas med följande linjära funktion:

$$R = 5,0 - 0,48 \times e,$$

där e betecknar årsringsbredden i millimeter.

De krympningsprocenter, som erhållas enligt denna funktion, avse synbarligen radiell krympning vid övergång från rått till ugnstorr tillstånd, varvid något högre krympningsprocenter böra förväntas än då torkning av virket endast sker till lufttorrt tillstånd.

För att i någon mån öka vår till synes mycket bristfälliga kunskap om sambandet mellan krympning och årsringsbredd har det föreliggande undersökningsmaterialet bearbetats på följande sätt:

Med utgångspunkt från årsringens bredd i rått tillstånd infördes för varje undersökningslokal, givetvis dessutom med uppdelning på träslag jämte årsringens belägenhet inom splinten eller kärnan, årsring för årsring, dennas bredd i rått och i lufttorrt tillstånd liksom även bredden efter blötläggning i 15 och 60 minuter samt 24 timmar.

Sedan årsringsmätningarna från en och samma undersökningslokal på detta sätt överförts till arbetsblanketter upptagande olika klasser med avseende på årsringsbredden, summerades mätningarna för de olika fuktighetstillstånden. Genom att summan av de i rått tillstånd mätta årsringsbredderna sattes i procentförhållande till de övriga summorna, erhöles dels krympningsprocenten vid övergång från rått till lufttorrt tillstånd, dels den krympning som kvarstår efter blötläggning under respektive tidsavsnitt.

Under bearbetningens gång visade sig att en fördelning av årsringsmaterialet på klasser av 0,1 millimeters vidd, vilken klassindelning till en början prövades, till följd av ett i många fall otillräckligt antal varianter inom en del klasser vid grafisk behandling av klassmedeltalen medförde bristande överskådlighet. Genom systematisk sammanslagning av angränsande klasser konstaterades en klassvidd om 0,4 millimeter utgöra en lämplig uppdelningsenhet.

De krympningsprocenter, som på det nämnda tillvägagångssättet uträknats för olika klasser med avseende på årsringsbredden i rått tillstånd, ha upplagts grafiskt, varvid diagram erhållits i enlighet med fig. 2—7, s. 31—33. Dessa återgiva följaktligen den förändring, uttryckt i procent, som årsringarna inom en viss klass undergå vid övergång från rått till lufttorrt tillstånd. Av utrymmes-skäl återgivnas dock endast diagrammen för sex av undersökningslokalerna, varav tre avse tall- och tre granbestånd. Diagrammen illustrera, hurusom krympningsprocenten för årsringarna såväl inom splinten som inom kärnan i stort sett karakteriseras av en med stigande årsringsbredd mer eller mindre starkt utpräglad sjunkande tendens från ett optimum vid relativt låg årsrings-

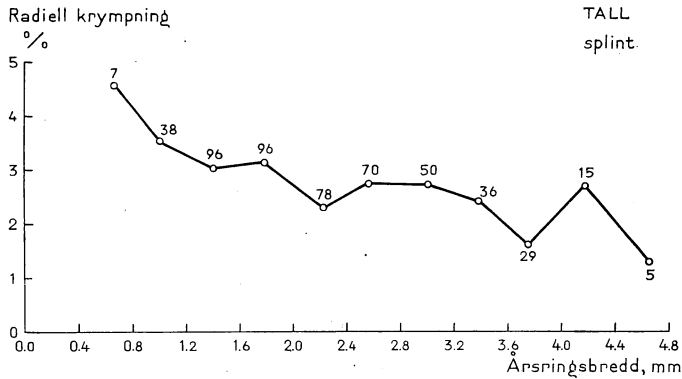


Fig. 2. Undersökningslokal 4. Den genomsnittliga krympningsprocenten i radiell led vid olika årsringsbredd för splintved av *tall* vid borrspånsmaterialiets övergång från rått till lufttorrt tillstånd. Siffrorna invid rundlarna angiva — i likhet med i fig. 3—7 — det antal årsringar, på vilket de olika klassmedeltalen basera sig. Investigated locality 4. The average percentage shrinkage in a radial direction (vertical axis) in annual rings of different widths (horizontal axis) with sapwood for *pine* on the transition of the core increment material from the raw- to the air-dried condition. The figures beside the circles indicate as in fig. 3—7 the number of annual rings on which the mean figures for the different classes are based.

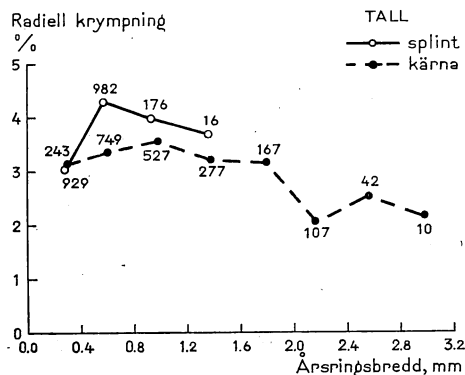


Fig. 3. Undersökningslokal 8 : IV. Den genomsnittliga krympningsprocenten i radiell led vid olika årsringsbredd för splint- (ofyllda rundlar, heldragna linjer) och kärnved (fyllda rundlar, streckade linjer) av *tall* vid borrspånsmaterialiets övergång från rått till lufttorrt tillstånd.

Investigated locality 8 : IV. The average percentage shrinkage in a radial direction (vertical axis) in annual rings of different widths (horizontal axis) with sapwood (open circles, full lines) and heartwood (full circles, dotted lines) for *pine* on the transition of the core increment material from the raw- to the air-dried condition.

bredd. Från detta avtager krympningsprocenten däremot med sjunkande årsringsbredd. Diagrammen illustrera dessutom, att krympningsprocenten merendels är något lägre för årsringarna inom kärnan än inom splinten.

Även då antalet årsringar, som ingå i de klassvisa medeltalen för krympningsprocenten, är relativt stort, bilda dessa ej en monotont fallande serie

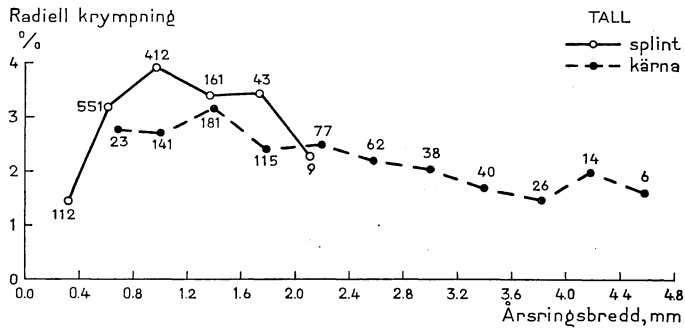


Fig. 4. Undersökningslokal 44 : II. Den genomsnittliga krympningsprocenten i radiell led vid olika årsringsbredd för splint (ofyllda rundlar, heldragna linjer) och kärnvod (fyllda rundlar, streckade linjer) av *tall* vid borrspånsmaterialets övergång från rått till lufttorrt tillstånd.

Investigated locality 44 : II. The average percentage shrinkage in a radial direction (vertical axis) in annual rings of different widths (horizontal axis) with sapwood (open circles, full lines) and heartwood (full circles, dotted lines) for *pine* on the transition of the core increment material from the raw- to the air-dried condition.

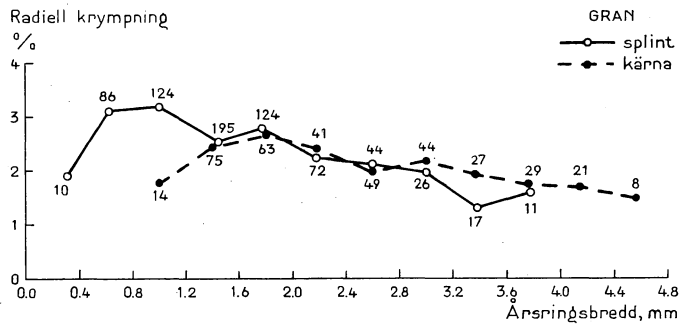


Fig. 5. Undersökningslokal 2. Den genomsnittliga krympningsprocenten i radiell led vid olika årsringsbredd för splint- (ofyllda rundlar, heldragna linjer) och kärnvod (fyllda rundlar, streckade linjer) av *gran* vid borrspånsmaterialets övergång från rått till lufttorrt tillstånd.

Investigated locality 2. The average percentage shrinkage in a radial direction (vertical axis) in annual rings of different widths (horizontal axis) with sapwood (open circles, full lines) and heartwood (full circles, dotted lines) for *spruce* on the transition of the core increment material from the raw- to the air-dried condition.

från optimum. Detta visar sig emellertid i stort sett bliva fallet, om för olika årsringsbreddklasser en gemensam krympningsprocent uträknas på basis av samtliga undersökningslokaler, för vilka mätningarna utförts i form av helårsmätning. Den för de enskilda lokalerna utmärkande tendensen, nämligen att den radiella krympningsprocenten över årsringsbredden till en början har ett starkt stigande förlopp vid ökad årsringsbredd men efter ett optimum i stället sjunker, får efter sammanslagning av observationsmaterialet en avsevärt starkare lagbunden prägel.

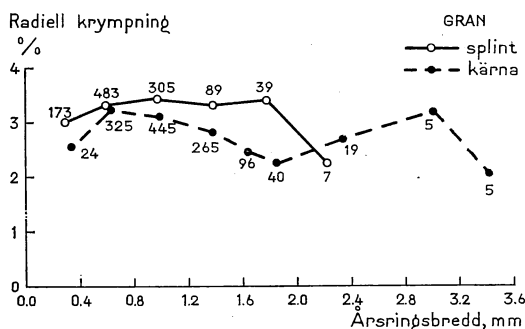


Fig. 6. Undersökningslokal 3. Den genomsnittliga krympningsprocenten i radiell led vid olika årsringsbredd för splint- (ofyllda rundlar, heldragna linjer) och kärnved (fyllda rundlar, streckade linjer) av *gran* vid borrspånsmaterialets övergång från rått till lufttorrt tillstånd.

Investigated locality 3. The average percentage shrinkage in a radial direction (vertical axis) in annual rings of different widths (horizontal axis) with sapwood (open circles, full lines) and heartwood (full circles, dotted lines) for *spruce* on the transition of the core increment material from the raw- to the air-dried condition.

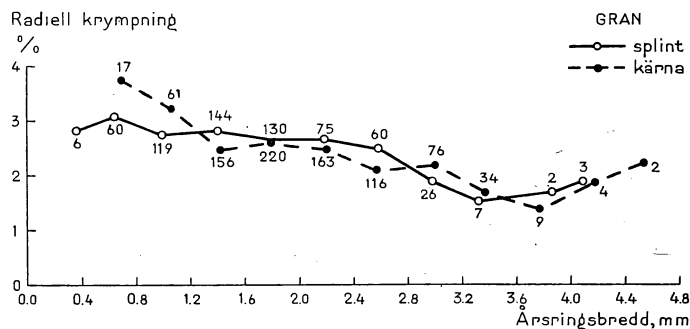


Fig. 7. Undersökningslokal 9. Den genomsnittliga krympningsprocenten i radiell led vid olika årsringsbredd för splint- (ofyllda rundlar, heldragna linjer) och kärnved (fyllda rundlar, streckade linjer) av *gran* vid borrspånsmaterialets övergång från rått till lufttorrt tillstånd.

Investigated locality 9. The average percentage shrinkage in a radial direction (vertical axis) in annual rings of different widths (horizontal axis) with sapwood (open circles, full lines) and heartwood (full circles, dotted lines) for *spruce* on the transition of the core increment material from the raw- to the air-dried condition.

För att erhålla ett mera generellt uttryck för denna tendens har observationsmaterialet underkastats en matematisk-statistisk bearbetning, varvid krympningsprocenten i radiell led (α_r , procent) uttryckts som en funktion av årsringsbredden (z_r , millimeter). Härvid har det varit förenat med viss svårighet att finna en utjämningsfunktion, som med tillräckligt god anpassning till materialet återger krympningsprocentens med stigande årsringsbredd till en början starkt stigande, sedan kulminerande och därefter relativt långsamt sjunkande tendens.

Efter prövning av en rad olika utjämningsfunktioner, som kunde förväntas att i stora drag återgiva den ifrågakvarande tendensen, befanns, att en funktion av följande typ uppvisade en förhållandevis mycket god anpassning till krympningsprocenten för olika årsringsbreddklasser:

$$\alpha_r = A + a \cdot z_r^{n_1} \cdot e^{-bz_r^{n_2}}.$$

Den använda utjämningsfunktionen innehåller, förutom den naturliga logaritmbasen e , icke mindre än fem konstanter nämligen A , a , b , n_1 och n_2 . Resonemangsvis kan man sluta sig till, inom vilka ungefärliga värden konstanterna A , n_1 och n_2 böra variera. För att kunna genomföra en numerisk utjämning av observationsmaterialet med avseende på konstanterna a och b har man strängt taget ingen annan väg att gå fram på än att pröva olika kombinationer av de tre nyssnämnda konstanterna och att undersöka, vilken kombination som i förening med de vid utjämningen erhållna värdena på konstanterna a och b uppvisar den bästa anpassningen till observationsmaterialet. Genom att konstanterna n_1 och n_2 , som i funktionen ingå som potenser till den oberoende variabeln z_r , med fördel visade sig kunna åsättas samma numeriska värde, konstaterades det skisserade tillvägagångssättet vara mindre arbetskrävande än väntat. I något förenklad form kan funktionen följaktligen skrivas:

$$\alpha_r = A + a z_r^n \cdot e^{-bz_r^n}, \text{ eller efter omskrivning}$$

och logaritmering:

$$\log \frac{\alpha_r - A}{z_r^n} = \log a - b \cdot z_r^n \cdot \log e.$$

Då vardera konstanten A och n få antaga ett fixerat värde, kan funktionens vänstra led betraktas som en ny variabel y och uttrycket $z_r^n \cdot \log e$ i funktionens högra led som en variabel x . Funktionen transformeras härigenom till det linjära uttrycket:

$$y = a_1 - bx, \text{ där } a_1 = \log a.$$

Konstanterna a och b i den på detta sättet förenklade funktionen kunna nu bestämmas genom numerisk utjämning av observationsmaterialet enligt minsta kvadratmetoden. De för detta ändamål erforderliga båda normal-ekvationerna kunna för t. ex. kombinationen $A = 0,8$ och $n = 0,5$ skrivas:

$$\begin{cases} \sum p \cdot \log \frac{\alpha_r - 0,8}{z_r^{0,5}} = a_1 \cdot \sum p + b \cdot \sum p \cdot z_r^{0,5} \log e, \\ \sum p \cdot z_r^{0,5} \log e \cdot \log \frac{\alpha_r - 0,8}{z_r^{0,5}} = a_1 \cdot \sum p \cdot z_r^{0,5} \log e + b \cdot \sum p \cdot (z_r^{0,5} \log e)^2. \end{cases}$$

I ovanstående normalekvationer betyder symbolen p antalet årsringar inom olika årsringsbreddklasser.

Enär utjämningen enligt ovannämnda funktion baserats på klassvisa medeltal av krympningsprocenten, undandraget sig givetvis funktionens anpassning till krympningsprocenten för de enskilda årsringar, som ingå i observationsmaterialet, bedömande. Anpassningen till klassmedeltalen har undersökts på grafisk väg, varvid den enligt ovanstående erhållna utjämningsfunktionen uppritats i anslutning till de grafiskt upplagda klassmedeltalen.

Den matematisk-statistiska bearbetningen utmynnade efter numerisk utjämning av observationsmaterialet i följande funktioner:

$$\begin{aligned} \text{Tall, årsringarna inom} & \left\{ \begin{array}{l} \text{splinten: } \alpha_r = 0,80 + 7,99 \cdot z_r^{0,8} \cdot e^{-1,04 z_r^{0,8}}, \\ \text{kärnan: } \alpha_r = 0,80 + 11,17 \cdot z_r^{0,5} \cdot e^{-1,54 z_r^{0,5}}. \end{array} \right. \\ \text{Gran, årsringarna inom} & \left\{ \begin{array}{l} \text{splinten: } \alpha_r = 0,80 + 10,10 \cdot z_r^{0,5} \cdot e^{-1,44 z_r^{0,5}}, \\ \text{kärnan: } \alpha_r = 0,80 + 12,64 \cdot z_r^{0,45} \cdot e^{-1,73 z_r^{0,45}}. \end{array} \right. \end{aligned}$$

Ovanstående utjämningsfunktioner återfinnas inritade i fig. 8 och 9 å s. 36, varvid funktionen avseende årsringarna inom splinten markerats i form av en heldragen kurva, medan den för årsringarna inom kärnan återgives med en streckad kurva.

En jämförelse mellan läget av de rundlar, som i diagrammen markera krympningsprocenten inom olika årsringsbreddklasser, utvisar, att klassmedeltalen för tall utmärkas av en påfallande större inbördes variation än för gran. För det senare trädslaget bilda desamma en avsevärt jämnare och vackrare serie såväl med avseende på värdena för splinten som för kärnan. Detta är givetvis en starkt bidragande orsak till att utjämningskurvorna uppvisa en påtagligt bättre anpassning till klassmedeltalen för gran än för tall. Sannolikt kan den större regelmässighet, som i jämförelse med tallen karaktäriserar granens krympningsprocenter såväl beträffande årsringarna inom splinten som inom kärnan i viss utsträckning, sättas i samband med den lägre och inom trängre gränser varierande hartshalten hos det senare trädslaget.

Krympningsprocentens stegring med stigande årsringsbredd inom de båda lägsta klasserna är enligt diagrammen starkare accentuerad inom splinten hos tall än hos gran. Hos tallens kärnved undergår krympningsprocenten endast en jämförelsevis obetydlig ökning från den lägsta till den närmast högre liggande årsringsbreddklassen. För årsringarna inom granens kärna inträder däremot ej någon sådan stegring, utan krympningsprocenten sjunker i stället jämnt från den lägsta årsringsbredden mot högre värden.

Hos granen råder en något starkare utpräglad parallellism mellan utjämningskurvorna för splint och för kärna än hos tallen. För bådadera trädslagen visar sig krympningsprocenten inom splint och kärna vara praktiskt taget

densamma vid en årsringsbredd något understigande 0,6 millimeter, under vilken årsringsbredd krympningsprocenten i medeltal befinnes vara något större för årsringar inom kärnan än inom splinten.

Krympningsprocenten för de högsta i undersökningsmaterialet representerade årsringsbredderna tilldrager sig ej samma intresse som de låga flygelvärdena främst av den anledningen, att de basera sig på ett jämförelsevis

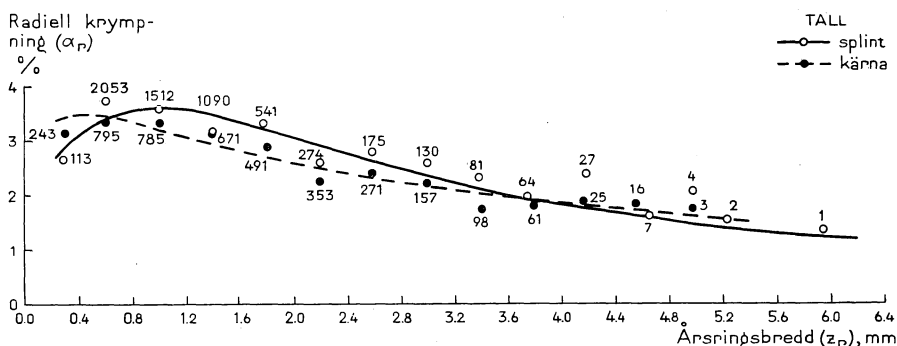


Fig. 8. Sambandet mellan krympningsprocenten i radiell led och årsringsbredden hos splint (ofyllda rundlar, heldragen kurva) och kärnved (fyllda rundlar, streckad kurva) av *tall*. Beträffande utjämningskurvans ekvation hänvisas till texten s. 35. Siffrorna invid rundlarna angiva det antal årsringar, på vilket de olika klassmedeltalen basera sig.

Relation between the percentage shrinkage in a radial direction (vertical axis) and the width of the annual rings (horizontal axis) in sapwood (open circles, full-line curve) and heartwood (full circles, dotted-line curve) for *pine*. For particulars of the equation for the graduating curve reference should be made to the text on p. 35. The figures beside the circles indicate the number of annual rings on which the mean figures for the different classes are based.

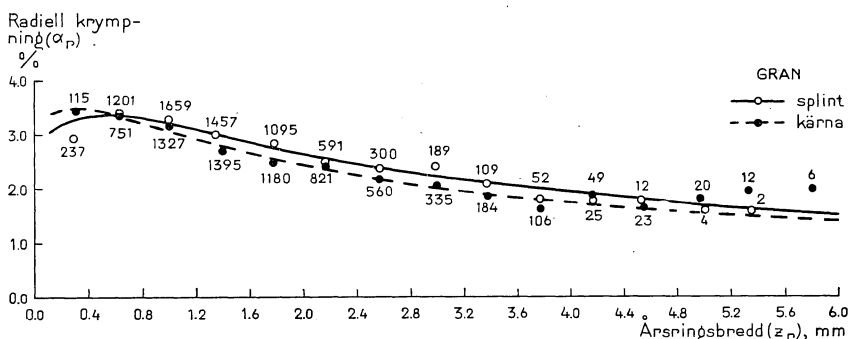


Fig. 9. Sambandet mellan krympningsprocenten i radiell led och årsringsbredden hos splint (ofyllda rundlar, heldragen kurva) och kärnved (fyllda rundlar, streckad kurva) av *gran*. Beträffande utjämningskurvans ekvation hänvisas till texten s. 35. Siffrorna invid rundlarna angiva det antal årsringar, på vilket de olika klassmedeltalen basera sig.

Relation between the percentage shrinkage in a radial direction (vertical axis) and the width of the annual rings (horizontal axis) in sapwood (open circles, full-line curve) and heartwood (full circles, dotted-line curve) for *gran*. For particulars of the equation for the graduating curve reference should be made to the text on p. 35. The figures beside the circles indicate the number of annual rings on which the mean figures are based.

litet antal mätningar och på grund härav ej äro särskilt säkert bestämda. Det bör dock påpekas, att krympningsprocenten för de tre högsta årsringsbreddklasserna för kärnved av gran ligga på en påfallande hög nivå i förhållande till utjämningskurvan, som karaktäriseras av en anmärkningsvärt god anpassning till de övriga klassmedeltalen.

Hur skall man då erhålla en rimlig förklaringsgrund till den särpräglade form, som utmärker den grafiska bilden av sambandet mellan den radiella krympningen och årsringsbredden? Antalet årsringar, som ingå i de lägsta flygelvärdena, är i varje fall av den omfattningen, att gruppmedeltalen måste anses bestämda med jämförelsevis stor säkerhet. Visserligen medför det tidigare behandlade »avrundningsfelet» rätt avsevärda felrisker, då det gäller att konstatera storleken av krympningsförändringarna hos enskilda årsringar av obetydlig bredd. Med växande antal årsringsmätningar elimineras dock denna felkälla och torde i detta sammanhang helt kunna negligeras. Enär varje årsring mätts fem gånger, nämligen i rått och i lufttorrt tillstånd samt efter blötläggning under tre olika tidsavsnitt, ha genom en detaljgranskning, varvid de olika mätningsresultaten för en och samma årsring jämförts med varandra, alla sådana större avvikelser från de övriga mätningarna, som skulle antyda grövre mätfel förorsakade av vid ett tillfälle felaktig förläggning av årsringsgränsen, kunnat uppsåras och sedermera korrigeras.

Ytterligare förtjänar framhållas, att en fullt analog tendens gör sig gällande i SIMES' undersökningsmaterial, som avser finskt furuvirke (SIMES 1938, s. 90). Härigenom förstärkes intrycket av att krympningsprocentens mot de lägsta årsringsbredderna sjunkande tendens är kausalt betingad.

I detta sammanhang förtjänar ånyo framhållas, att denna undersökning ursprungligen avsåg ett rent praktiskt syfte, nämligen att som underlag för de rutinemässiga årsringsmätningarna vid skogsforskningsinstitutet utvärdera de förändringar, som borrhåll av tall och gran undergå vid övergång från rått till lufttorrt tillstånd och att fastställa, om dessa genom blötläggning återtaga sin ursprungliga längd. På grund härav framstod som nödvändigt, att borrhållsmaterialet i möjligaste mån behandlades på analogt sätt, som sker vid de rutinemässiga mätningarna. En mera ingående analys över undersökningsmaterialets t. ex. torrvolymvikt, fuktighetshalt och höstvedhalt skulle visserligen ha varit mycket värdefull ur kausal synpunkt, men sådana kompletterande undersökningar hade otvivelaktigt medfört ett uppgivande av den ursprungliga frågeställningen. På grund härav berättiga också resultaten endast till mycket försiktiga slutsatser.

SIMES' ovan anförda undersökningar utvisa, att höstvedhalten för årsringarna inom såväl splint som kärna hos finskt furuvirke karaktäriseras av en kraftigt sjunkande tendens över de lägsta årsringsbredderna (1938, s. 89).

Även sambandet mellan torrvolymvikt och årsringsbredd företer en likartad ehuru ej lika utpräglad sjunkande tendens mot de lägsta årsringsbredderna (1938, s. 89). Vid gruppering av sitt undersökningsmaterial på tre olika klasser med avseende på torrvolymvikten fann SIIMES (1938, s. 91), att vid en och samma årsringsbredd virke med låg torrvolym utmärkes av lägre radiell krympningsprocent än virke av högre torrvolymvikt, vilket särskilt gäller årsringsbredder upp till ca 3 mm. Även THUNELL (1944) har påvisat, att höstvedhalten sjunker från ett optimum mot såväl lägre som högre årsringsbredd. Enligt VINTILA (1939) är den radiella krympningen vid samma volymvikt större inom höst- än inom vårveden.

Frågan om det föreligger något mera utpräglat samband mellan torrvolymvikt eller för att använda en modernare term, densitet, är emellertid omstridd. Sålunda anför KINNMAN (1930, s. 74) att »Någon säker lagbundenhet mellan torrvolymvikt och krympning kan dock ej påvisas. Tyngden kan nämligen bero på inlagring av kåda och dylikt, i det ett kådigt trästycke icke krymper så mycket att det motsvarar volymvikten.» VINTILAS diagram, som återgiva sambandet mellan volymvikt och krympning, antyda för övrigt en betydande spridning hos undersökningsmaterialet (1939, s. 352—353).

Enligt FREY-WYSSLING (1940, s. 352) »har man ofta försökt att finna ett samband mellan volymvikt och krympning; dessa bemödanden ha synbarligen strandat på, att man ej har tagit hänsyn till, att hög volymvikt kan uppnås genom antingen ett mycket stort antal små celler eller genom stora massiva celler, ty i förra fallet föreligga på längdenheten flera svällbara mittskikt. Den bristande korrelationen mellan volymvikt och krympning lämnar den bästa antydning om mittskiktets medverkan vid krympningsprocessen.»

Mot bakgrunden av vad här ovan anförts torde en plausibel förklaring kunna lämnas, varför krympningsprocenten för undersökningsmaterialet först stiger mellan de båda lägsta årsringsbreddklasserna för att sedan uppnå ett optimum, varifrån krympningsprocenten avtager med stigande årsringsbredd. Eftersom vid en och samma årsringsbredd höstveden utmärkes av större radiell krympning än vårveden, vare sig detta nu beror på högre volymvikt eller på att antalet celler på längdenheten är större inom det förra vedelementet, så skulle den fallande tendensen hos krympningen åtminstone delvis kunna förklaras av sjunkande höstvedhalt. Man har för övrigt gjort den erfarenheten, att utpräglad finringat virke ofta är utbildat som s. k. hungerved, karaktäriserad av låg höstvedhalt och densitet. Sådant virke utmärkes därför av liknande fysikaliska egenskaper som virke sammansatt av bredare årsringar.

Den sjunkande tendens, som karaktäriserar den radiella krympningsprocenten vid stigande årsringsbredd, måste analogt sättas i samband med sjunkande höstvedhalt och densitet, vilket vinner stöd i SIIMES' undersökningar

(1938, s. 91). SIIMES har emellertid utgått från, att krympningsprocenten avtager linjärt med stigande årsringsbredd enligt den å s. 30 återgivna funktionen. Enligt denna skulle krympningen vid en årsringsbredd av omkring 10,5 mm ha värdet 0, vilket torde betecknas som osannolikt, enär utjämningskurvan bör asymptotiskt närma sig den med avseende på årsringsbredden graderade axeln. I själva verket visar det sig, att den av förf. använda typen av funktion medför en bättre anpassning till materialet än det av SIIMES använda linjära uttrycket.

För några av de i undersökningsmaterialet representerade högsta årsringsbreddklasserna, särskilt för årsringar inom tallens kärnved, visar sig krympningsprocenten enligt fig. 8, s. 36, ligga på en påfallande högre nivå än som angives av utjämningsfunktionen. Då denna har en god anpassning till materialet i övrigt, kan det tänkas, att den onormalt höga krympningsprocenten återspeglar från materialet i övrigt avvikande fysikaliska egenskaper. Det ligger härvid nära till hands att antaga, att de ifrågavarande årsringarna i en del fall innehålla s. k. retningsved. Sådan ved är ofta tyngre »än som vore att vänta av de breda årsringarna» (KINNMAN 1930, s. 52) och synes i första hand förorsakas av mekanisk retning t. ex. i form av vindexposition. Analoga egenskaper erhåller stundom den ved, som avsätter sig efter starkare friställning, och det är därför ganska vanligt »att breda årsringar i stammens yttre delar stå i förening med tungt virke» (KINNMAN 1930, s. 52).

Den radiella svällningen vid olika årsringsbredd och blötläggningstider

Den bearbetning av undersökningsmaterialet, som utförts i avsikt att belysa den radiella krympningens storlek vid olika årsringsbredd, har utsträckts till att även avse den svällning, som inträder i radiell led hos årsringar av olika bredd efter blötläggning under 15 och 60 minuter samt 24 timmar. Med utgångspunkt från de i föregående kapitel behandlade sammandragen över årsringens bredd vid de skilda mätningstillfällena har härvid — i likhet med det som skett för de olika undersökningslokalerna — den s. k. kvarstående krympningen uträknats. Denna, som uttryckts i procent i förhållande till årsringarnas sammanlagda bredd i rätt tillstånd inom en viss årsringsbreddklass om 0,4 millimeters vidd, anger följaktligen, hur mycket som årsringarna i medeltal inom klassen ytterligare måste svälla för att återtaga en bredd motsvarande bredden i rätt tillstånd enligt den först utförda mätningen. De härvid erhållna gruppvisa medeltalen ha upplagts grafiskt i de diagram, som återgivas i fig. 10—13, s. 40—41, varvid närliggande klassmedeltal sammanbundits med räta linjer för erhållandet av större överskådlighet.

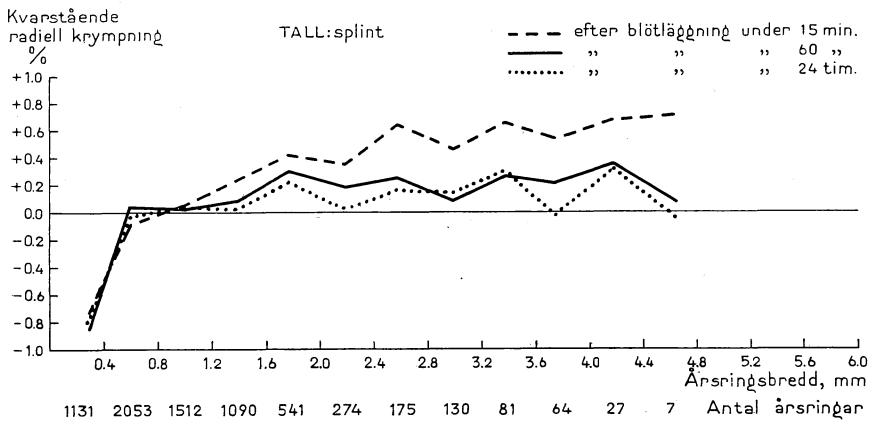


Fig. 10. Den kvarstående genomsnittliga krympningsprocenten i radiell led vid olika årsringsbredd för *splintved av tall* efter blötläggning av borrspåns materialet i 15 och 60 minuter samt 24 timmar. Antalet årsringar, på vilket de olika klassmedeltalen basera sig, framgår — i likhet med i fig. 11—13 — av raden längst ned på diagrammet.

Average percentage of residual shrinkage in a radial direction (vertical axis) with annual rings of different widths (horizontal axis) for the *sapwood of pine* after soaking the core increment material for 15 and 60 minutes and 24 hours respectively. The number of annual rings on which the mean figures for the different classes are based is shown as in fig. 11—13 in the bottom row on the diagram.

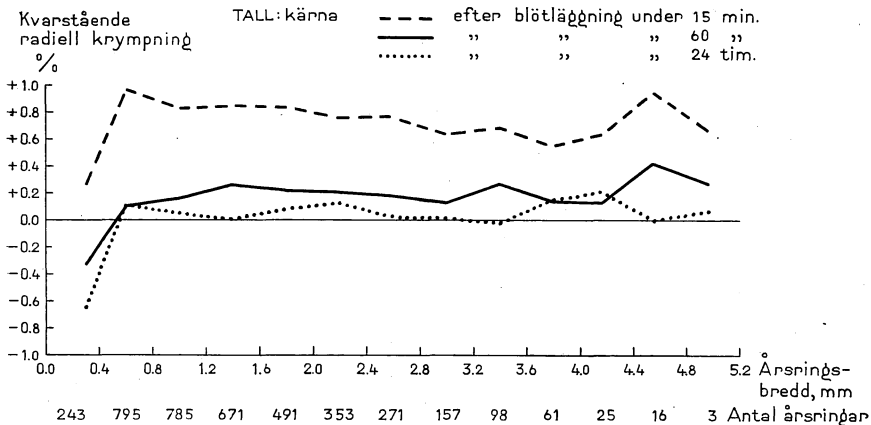


Fig. 11. Den kvarstående genomsnittliga krympningsprocenten i radiell led vid olika årsringsbredd för *kärnved av tall* efter blötläggning av borrspåns materialet i 15 och 60 minuter samt 24 timmar.

Average percentage of residual shrinkage in a radial direction (vertical axis) with annual rings of different widths (horizontal axis) for the *heartwood of pine* after soaking the core increment material for 15 and 60 minutes and 24 hours respectively.

Redan en ytlig jämförelse mellan de diagram, som illustrera den kvarstående krympningen hos tall (fig. 10 och 11) och hos gran (fig. 12 och 13) utvisar, att betydande skillnader göra sig gällande i fråga om svällningens förlopp.

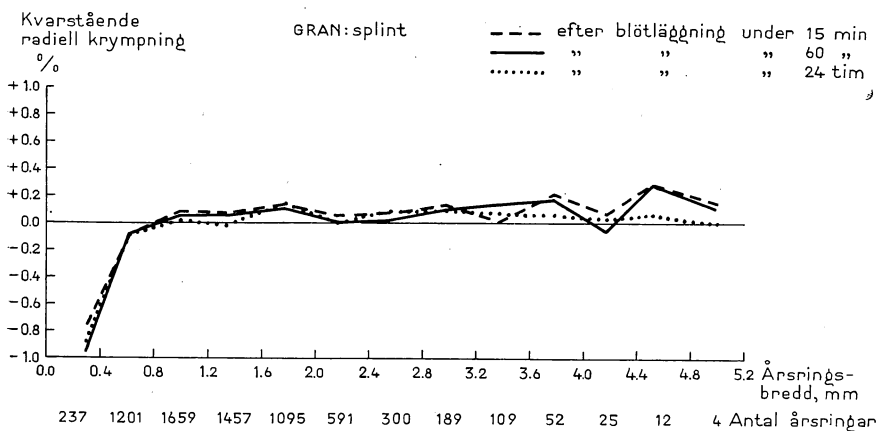


Fig. 12. Den kvarstående genomsnittliga krympningsprocenten i radiell led vid olika årsringsbredd för *splintved av gran* efter blötläggning av borrspåns materialet i 15 och 60 minuter samt 24 timmar.

Average percentage of residual shrinkage in a radial direction (vertical axis) with annual rings of different widths (horizontal axis) for the *sapwood of spruce* after soaking the core increment material for 15 and 60 minutes and 24 hours respectively.

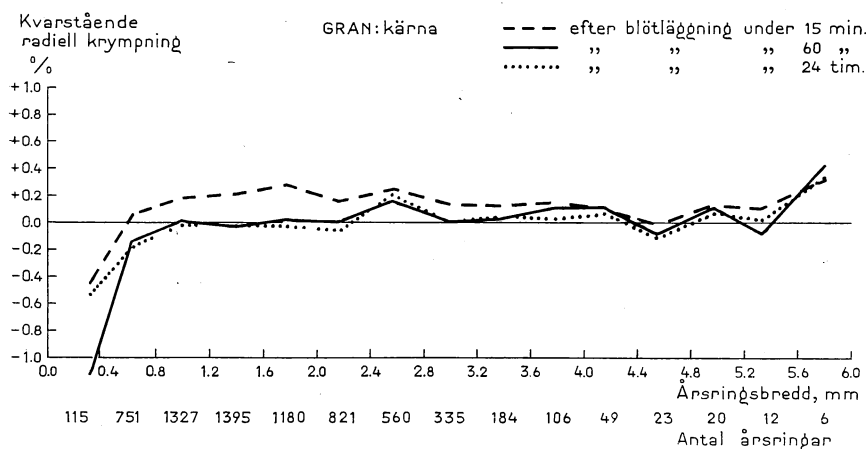


Fig. 13. Den kvarstående genomsnittliga krympningsprocenten i radiell led vid olika årsringsbredd för *kärnved av gran* efter blötläggning av borrspåns materialet i 15 och 60 minuter samt 24 timmar.

Average percentage of residual shrinkage in a radial direction (vertical axis) with annual rings of different widths (horizontal axis) for the *heartwood of spruce* after soaking the core increment material for 15 and 60 minutes and 24 hours respectively.

Ävenså finner man, att detta ej är analogt inom splinten och inom kärnan av ett och samma trädslag.

Medeltalen inom de olika årsringsbreddklasserna jämte tillhörande sammanbindningslinjer ligga ej alltid jämnt skiktade under varandra med avseende på stigande blötläggningstid, vilket strängt taget borde vara förhållandet. För

en del årsringsbreddklasser finner man nämligen, att den inbördes ordningen mellan medeltalen är omkastad, vilket kan tolkas som att den kvarstående krympningen skulle öka i stället för minska med stigande blötläggningstid. Härvid är det emellertid utan tvivel fråga om återverkningar av kanske i och för sig obetydliga skiljaktigheter vid fixerandet av årsringsgränserna vid de olika mätningstillfällena. Man bör därför ha klart för sig att jämförelsevis små differenser vid mätningen giva ett relativt starkt utslag, då de uttryckas i form av en kvarstående krympningsprocent. Sålunda skulle en skillnad i kvarstående krympning vid två på varandra följande tidsavsnitt om t. ex. 0,2 % vid en måttlängd av årsringarna i rätt tillstånd av 400 mm motsvara en absolut skillnad av 0,8 millimeter. I de fall, då klassmedeltalen utvisa, att den kvarstående krympningen är större efter längre blötläggning än efter kortare, visar för övrigt en utförd felkalkyl, att skillnaden ej är signifikativ utan slumpmässigt betingad.

Om vi övergå till en mera detaljerad granskning av de båda diagram, som återgiva den kvarstående radiella krympningens storlek inom olika årsringsbreddklasser efter blötläggning av borrhålan under skilda tidsavsnitt, finner man, att svällningen har ett påtagligt olikartat förlopp inom tallens splint- och kärnved. För årsringarna inom splinten ökar den efter blötläggning under 15 minuter kvarstående krympningen från omkring 0,8 millimeters årsringsbredd, vid vilken ingen krympning kvarstår, till omkring 0,7 % vid en årsringsbredd av 4,6 millimeter. Sannolikt torde detta kunna sättas i samband med att kådhaltan synes vara högre i starkt frod vuxen splintved.

Den efter blötläggning under 15 minuter kvarstående krympningen hos årsringarna inom tallens kärna visar sig praktiskt taget genomgående vara avsevärt större än motsvarande värden för årsringarna inom splinten. Detta illustrerar huruvida vattenupptagningen och därmed även krympningen sker långsammare inom kärnan bl. a. till följd av inlagring av kärnsubstanser i trakeidernas micellförband och temporär blockering av de ringporer, som förmedla vattenutbytet mellan trakeidcellerna.

Efter blötläggning under 60 minuter visar sig årsringarna med en bredd mellan 0,6 och 1,4 millimeter inom tallens splint praktiskt taget ha återtagit samma bredd de intogo i rätt tillstånd, medan högre årsringsbredder uppvisa en kvarstående krympning varierande mellan 0,1 och 0,3 %. Fig. 10 anger, att den kvarstående krympningen icke ens efter så lång blötläggningstid som 24 timmar helt kompenseras inom samtliga årsringsbreddklasser.

För årsringarna inom tallens kärnved kompenseras den kvarstående krympningen genom blötläggning under 60 minuter till omkring 0,2 %. Om blötläggningstiden utsträcker till att omfatta 24 timmar, kompenseras den återstående krympningen helt inom övervägande antalet årsringsbreddklasser.

Fig. 12 illustrerar, hur snabbt svällningsprocessen förlöper för årsringarna inom granens splint. Redan efter blötläggning under 15 minuter kvarstår för årsringsbredder upp till 3,4 millimeter en krympning av endast omkring 0,1 %, medan densamma för högre årsringsbredder uppgår till något högre värden. Härvid är dock att märka, att klassmedeltalen basera sig på ett relativt obetydligt antal varianter, varför de ej äro bestämda med någon högre grad av säkerhet. En utsträckning av blötläggningstiden till 60 minuter och 24 timmar resulterar endast i en jämförelsevis obetydlig ytterligare kompenserande av den kvarstående krympningen.

Även beträffande årsringarna inom granens kärnved visar sig svällningsprocessen ha ett långsammare förlopp än inom splinten. Däremot sker den avsevärt snabbare än för årsringarna inom tallens kärnved, vilket framgår av en jämförelse mellan fig. 11 och 13. Efter blötläggning under 15 minuter uppgår sålunda den kvarstående krympningen i tallens kärnved till omkring 0,8 % och i granens till endast 0,2 %.

Hittills har ej det mycket egendomliga läge berörts, som enligt fig. 10—13 utmärker den vid olika blötläggningstid kvarstående krympningen inom den lägsta, för granen dessutom den näst lägsta årsringsbreddklassen. Med undantag för årsringarna inom tallens kärnved vid den kortaste blötläggningstiden, varvid den kvarstående krympningen emellertid uppvisar en mycket markerad nedgång eller från 0,97 % inom den lägsta till 0,26 % inom den näst lägsta klassen, visa sig nämligen i samtliga övriga fall årsringarna ha svällt till en bredd, som överstiger årsringsbredden vid mätning av borrspånen i rått tillstånd. Då medeltalen inom de båda ifrågavarande årsringsbreddklasserna genomgående basera sig på ett jämförelsevis stort antal varianter och därför kunna betraktas som relativt säkert bestämda och då några felkällor av systematisk natur, så vitt kunnat avgöras, ej föreligga, måste denna »övernormala» svällning anses vara kausalt betingad. Det ligger härvid nära till hands att antaga, att det här är fråga om verkningar av samma fysikaliska egenskaper i veden, som förorsaka den starka nedgången av den radiella krympningen mellan den näst lägsta och lägsta årsringsbreddklassen. Ett närmare utforskande av de faktiska orsakerna till svällningens egenartade förlopp vid låga årsringsbredder skulle emellertid ha påfordrat en helt annan apparatur och metodik än den, med vilken undersökningen utförts, och faller för övrigt utom ramen för målsättningen med densamma.

Några erfarenheter av den radiella krympningen inom årsringens höst- och vårvedelement

Med hänsyn till de skillnader, som ur fysikalisk-kemisk synpunkt föreligga mellan höst- och vårvedelementen inom årsringarna, har man anledning antaga, att den radiella krympningen ej är densamma inom höst- och vårveden. För att utröna, om några större skillnader härvidlag föreligga, har för en del av undersökningslokalerna (jfr. tab. 1, s. 5) årsringsmätningen utförts i form av separat mätning av höst- och vårved. På denna del av undersökningen ställdes ursprungligen vissa förhoppningar. Tyvärr visade sig vid bearbetningen av undersökningsmaterialet dessa ej kunna infrias. Orsakerna härtill kunna utan tvivel föras tillbaka på rent tekniska orsaker vid mätningens förfarandet. Gränsdragning mellan höst- och vårved inom en och samma årsring har nämligen skett enligt ett tillvägagångssätt, som innebär ett subjektivt moment och som utformats att gälla under vissa betingelser. Detta tillvägagångssätt, för vilket förf. tidigare lämnat en summarisk redogörelse (EKLUND 1949, s. 29—30), bygger i korthet på, att borrhålet, sedan detsamma varit blötlagt under ca 15 minuter, under mätningens arbetet belyses med påfallande, grönfärgat ljus av viss styrka, varvid en färgkontrast åstadkommes mellan den ljusare vårveden och den mörkare färgade höstveden, så att gränsen tämligen väl framträder i överensstämmelse med MORKS definition (MORK 1928, WIKSTEN 1945). Mätning av höst- och vårved enligt detta tillvägagångssätt förutsätter kontinuerlig kontroll av gränsdragningen genom direkt mätning av cellväggarnas tjocklek och storleken av cellumen (EKLUND 1949, s. 46).

Då konstaterandet av krympningen bygger på bestämning av höst- och vårvedens bredd i dels rått, dels lufttorrt tillstånd, måste mätning i förra fallet ske, då borrhålet är jämförelsevis mättat med vatten, och i senare fallet, då detsamma har avsevärt lägre vattenhalt. Till följd av den olika vattenhalten i veden blir den av det grönfärgade ljuset förorsakade kontrasten mellan höst- och vårved ej densamma vid mätning av borrhålet i rått och lufttorrt tillstånd. Ej heller blir kontrastverkan exakt densamma vid mätning av under olika tidsavsnitt blötlagda borrhålet.

Oaktat årsringsmätningarna utförts med stor noggrannhet av en mycket rutinerad mätare, har följaktligen gränsdragning mellan höst- och vårved inom en och samma årsring ej kunnat ske fullt likformigt vid de olika mätningstillfällena. Detta framgår för övrigt mycket påtagligt av de värden, som erhållits för den radiella krympningen och kanske i än högre grad för den kvarstående krympningen. En uträkning av den vid de olika mätningstillfällena föreliggande linjära höstvedprocenten leder även till den slutsatsen, att systematiska skillnader föreligga, som måste tillskrivas bristande uniformitet vid gränsdragningen mellan höst- och vårved. På grund härav har

det ej ansetts motiverat att framlägga de siffermässiga uttryck, som erhållits för krympning och svällning inom höst- och vårveden. *Vi inskränka oss därför till att framhålla, att höstveden hos såväl tall som gran karakteriseras av en avsevärt större radiell krympning än vårveden.* Särskilt gäller detta årsringarna inom splinten. Härigenom bestyrkes av VINTILA (1939, s. 355) tidigare gjorda erfarenheter.

Om vi acceptera FREY-WYSSLINGS (1940, s. 350—352) i det föregående (s. 00) berörda teori, att krympningens storlek betingas av antalet cellväggar på längdenheten, torde den kausala bakgrunden till den inom höstveden starkare accentuerade krympningen stå klar; denna del av årsringen innehåller som regel fler cellväggar på längdenheten av vårveden och bör för den skull utmärkas av en starkare krympning.

För att erhålla mera tillförlitliga siffermässiga uttryck över krympningen inom höst- och vårved var för sig måste en mera raffinerad mätningsteknik av den i detta sammanhang tillämpade komma till användning. Sannolikt måste härvid gränsen mellan höst- och vårvedelementet förses med en markering av ett eller annat slag, som exakt utvisar var gränsen bör förläggas inom årsringen. Sådana markeringar kunna emellertid knappast åstadkommas medelst anilinstreck, enär anilinen till följd av den höga vattenhalten i veden vid mätning av borrspån i rätt tillstånd eller efter blötläggning har benägenhet att flyta ut, så att en oskarp gräns erhålles. Sannolikt måste markeringarna utföras i form av i veden intryckta fina metallstift eller dylikt, vilket förfaringsätt givetvis ställer sig mycket tidskrävande vid mätning av årsringar i stor skala.

Ett försök att genom blötläggning i s. k. vått vatten påskynda den radiella svällningens förlopp

Hösten 1949 publicerades vid flera tillfällen artiklar i dagspressen över s. k. vått vatten. Detta erhålles genom att man till vanligt vattenledningsvatten tillsätter ett speciellt petroleumderivat, vilket medför ändrade fysikaliska egenskaper med avseende på vattnets ytspänning. Denna reduceras därvid mycket påtagligt. Till följd härav erhåller det våta vattnet stor inträgningsförmåga särskilt gentemot fetthaltiga substanser.

Uppgifterna över det våta vattnets stora användbarhet, då det gäller att erhålla en snabb och effektiv genomfuktning, blevo synliga i pressen, medan bearbetningen av mätningresultaten för den föreliggande undersökningen fortfarande pågick. Det ansågs emellertid värdefullt att komplettera densamma med en mindre specialundersökning över, om man genom blötläggning av borrspån i vått vatten kan reducera tidsåtgången vid borrspånens svällning

från lufttorrt tillstånd till i nivå med det ursprungliga fuktighetstillståndet. Hösten 1949 funnos för framställning av vått vatten erforderliga petroleumderivat ännu ej tillgängliga i handeln. Genom välvilligt tillmötesgående av civilingenjör L. BARKMAN ställde emellertid Svenska Bensin & Petroleum AB en mindre kvantitet av petroleumderivatet »Comprox» till förfogande, för vilket förf. nu beder få framföra ett tack.

För att undersöka effekten av blötläggning under olika tidsavsnitt i dels vanligt, dels vått vatten utvaldes tre av undersökningslokalerna, nämligen nr 3 (gran), 6 (tall) och 10 (tall och gran). För varje lokal ha de tidigare mätningresultaten avseende mätning dels i lufttorrt tillstånd, dels efter blötläggning under 15 och 60 minuter utnyttjats. Genom att den totala längden av samtliga borrhspån i lufttorrt tillstånd satts i relation till längden efter blötläggning under respektive tidsavsnitt, har den radiella svällningsprocenten för dessa bestämts. Denna anger följaktligen den utvidgning som borrhspånen till följd av vattenupptagning undergå vid övergång från lufttorrt till fuktighetsmättat tillstånd.

Då den möjligheten ansågs föreligga, att utgångsläget vis à vis det lufttorra tillståndet ej var exakt detsamma före mätning i vått som i vanligt vatten, mättes de aktuella borrhspånsmaterialen om, innan borrhspånen placerades i en 1 % lösning av »Comprox» i vanligt vattenledningsvatten. Några större skillnader gentemot den tidigare mätningen av borrhspånen i lufttorrt tillstånd konstaterades dock ej föreligga, vilket framgår av tab. 2, s. 9. Mätning av de i vått vatten blötlagda borrhspånen utfördes givetvis sedan på fullt analogt sätt som beträffande de i vanligt vatten blötlagda. Resultaten av de jämförande mätningarna vid användning av vanligt och vått vatten återfinnas i tab. 9, s. 47.

Av tab. 9 kan utläsas, att den kvarstående krympningen inom splinten uppvisar relativt obetydliga variationer vid blötläggning under olika tidsavsnitt. I tre fall är den i procent uttryckta radiella svällningen något lägre vid längre än vid kortare blötläggningstid. Det är emellertid här blott fråga om en så obetydlig skillnad som 0,02 à 0,03 %. En jämförande kontroll av de olika årsringsmätningarna har givit vid handen, att dessa skillnader ej bero på några grövre mätningfel utan sannolikt måste skrivas på det tidigare behandlade avrundningsfelets konto.

Vid jämförelse mellan svällningsprocenterna efter blötläggning i vanligt och i vått vatten under ett och samma tidsavsnitt finner man enligt tab. 9 relativt små och i varje fall statistiskt ej säkerställda skillnader. Differensens förtecken utvisar, att svällningsprocenten i en del fall är större, i andra åter mindre vid användning av vått vatten, varför någon tendens till snabbare svällning i detta ej kan utläsas. Ej heller är så fallet inom kärnan, där sväll-

Tab. 9. Jämförelse mellan den svällning i radiell led, som för olika undersökningslokaler inträder efter blötläggning av borrspån under olika tidsavsnitt i dels vanligt, dels vått vatten.

Comparison between the Swelling in a Radial Direction which sets in after soaking the Increment Cores from the various Localities investigated for different Period in Ordinary Water and in a Wetting Agent.

Lokal nr	Träd- slag	Blötläggning av borrspånen har skett i	S p l i n t			K ä r n a			Splint och kärna		
			Sapwood			Heartwood			Sapwood and Heart- wood		
			Svällning efter blötläggning under								
			Swelling after soaking for								
Local- ity No	Species of Trees	Soaking of the Increment Cores took place in	5	15	60	5	15	60	5	15	60
			m i n u t e r								
			m i n u t e s								
p r o c e n t											
p e r c e n t											
6	Tall Pine	Vanligt vatten... Ordinary Water	—	3,50	3,53	—	1,77	2,42	—	2,79	3,07
		Vått vatten..... Wetting Agent	3,49	3,55	3,59	1,17	1,73	2,40	2,54	2,80	3,10
		Differens..... Difference	—	+ 0,05	+ 0,06	—	- 0,04	- 0,02	—	+ 0,01	+ 0,03
10	Tall Pine	Vanligt vatten... Ordinary Water	—	3,17	3,15	—	1,75	2,34	—	2,42	2,72
		Vått vatten..... Wetting Agent	3,03	3,07	3,10	1,23	1,66	2,38	2,08	2,33	2,72
		Differens..... Difference	—	- 0,10	- 0,05	—	- 0,09	+ 0,04	—	- 0,09	± 0,00
6 och 10	Tall Pine	Vanligt vatten... Ordinary Water	—	3,41	3,43	—	1,77	2,39	—	2,67	2,96
		Vått vatten..... Wetting Agent	3,36	3,42	3,45	1,19	1,70	2,39	2,39	2,65	2,98
		Differens..... Difference	—	+ 0,01	+ 0,02	—	- 0,07	± 0,00	—	- 0,02	+ 0,02
3	Gran Spruce	Vanligt vatten... Ordinary Water	—	3,42	3,45	—	2,53	2,83	—	2,85	3,06
		Vått vatten..... Wetting Agent	3,60	3,57	3,68	2,27	2,68	2,87	2,76	3,01	3,16
		Differens..... Difference	—	+ 0,15	+ 0,23	—	+ 0,15	+ 0,04	—	+ 0,16	+ 0,10
10	Gran Spruce	Vanligt vatten... Ordinary Water	—	3,05	3,07	—	2,50	2,69	—	2,75	2,86
		Vått vatten..... Wetting Agent	2,85	2,89	2,87	2,27	2,55	2,72	2,54	2,71	2,79
		Differens..... Difference	—	- 0,16	- 0,20	—	+ 0,05	+ 0,03	—	- 0,04	- 0,07
3 och 10	Gran Spruce	Vanligt vatten... Ordinary Water	—	3,27	3,30	—	2,52	2,78	—	2,82	2,99
		Vått vatten..... Wetting Agent	3,29	3,29	3,34	2,27	2,64	2,82	2,68	2,90	3,03
		Differens..... Difference	—	+ 0,02	+ 0,04	—	+ 0,12	+ 0,04	—	+ 0,08	+ 0,04

ningen enligt tab. 9 förlöper markerat långsammare än inom splinten såväl efter blötläggning i vanligt som i vått vatten.

Blötläggning i vått vatten medför följaktligen ej, att borrhspånen snabbare svälla till i nivå med den längd de intogo vid borringstillfället. Den främsta anledningen härtill torde vara, att borrhspånen på grund av sin cylindriska form erbjuda en synnerligen gynnsam angreppsytta för vattnet. Till följd av att ledningsbanorna i splinten ej äro blockerade sker vattenupptagningen inom densamma jämförelsevis snabbt; i kärnan däremot långsammare, enär ledningsbanorna härstädes ej längre äro intakta utan delvis blockerade. Huruvida svällningen under de första fem minuterna har ett snabbare förlopp efter blötläggning av borrhspånen i vått vatten undandraget sig i brist på jämförande mätningar bedömande. Även om så skulle vara fallet, måste på grund av dels svällningens inom kärnan starkt retarderade förlopp, dels av mätningstekniska orsaker vid skogsforskningsinstitutets årsringsmätningar blötläggningstiden utsträckas till att omfatta cirka 1 timme.

Några praktiskt betydelsefulla resultat av undersökningen

Virke av tall och gran har sin ojämförligt största praktiska användning vid en fuktighetshalt under fibermättnadspunkten (jfr. s. 13). I och med att torkningen av virket drives så långt, att denna underskrides, utlösas vid förändringar i fuktighetshalten krympnings- och svällningsrörelser i veden, varvid dock dessa ej ske likformigt i olika riktningar i förhållande till fiberriktningen. Sålunda anger KINNMAN (1930, s. 73), att den linjära krympningen, uttryckt i procent, vid övergång från rått till lufttorrt tillstånd i stammens längdriktning samt i radiens och tangentens riktning inom tvärsnittet hos barrvirke förhåller sig som $0,1 \times 2 \times 4,5$. Det är främst den olika krympningen i de båda sistnämnda riktningarna som vid torkning utlöser starka inre spänningar i veden, varvid ofta sprickor uppkomma i virket.

Som tidigare upprepade gånger framhållits, behandlar den föreliggande undersökningen uteslutande krympningen och svällningen i radiell led med avseende på stammens tvärsnitt. Av allt att döma synas medelst tillväxtborr uttagna borrhspån synnerligen väl lämpa sig för ifrågavarande ändamål. Till följd av borrhspånens ringa genomskärningsarea bliva nämligen inflytelserna av de krafter, som utlösas av den tangentiella krympningen och svällningen, relativt små, varför krympning och svällning i borrhspånets längdriktning, som följaktligen representerar tvärsnittets radie inom stamkäglan, i nära nog renodlad form registreras såsom förändringar av borrhspånets längd. Man torde därför kunna utgå från, att de siffermässiga uttryck för krympningens

och svällningens storlek, vilka erhållits som resultat av undersökningen, jämförelsevis väl återgiva de förändringar, som virke undergår vinkelrätt mot årsringsgränserna vid torkning från rått till lufttorrt tillstånd eller genom svällning efter blötläggning av lufttorra borrhåll.

Undersökningen har bl. a. utvisat, att den radiella krympningen liksom även svällningen i viss utsträckning sammanhänger med årsringsbredden i veden. Medelst de å s. 35 angivna funktionerna ha de i tab. 10 återgivna erfarenhetstalen uträknats till vägledning, då det gäller att fastställa den krympningsprocent, som kan förväntas vid en viss årsringsbredd. Dessa erfarenhetstal avse närmast tall och gran från mellersta Sverige och representera krympningsförändringarna vid torkning från rått till lufttorrt tillstånd.

Tab. 10. Radiell krympning vid olika årsringsbredd.
Radial Shrinkage with different Annual Ring Widths.

Årsringsbredd mm Annual Ring Width mm	T a l l P i n e		G r a n S p r u c e	
	Å r s r i n g a r n a i n o m A n n u a l R i n g s i n			
	splinten Sapwood	kärnan Heartwood	splinten Sapwood	kärnan Heartwood
	R a d i e l l k r y m p n i n g , p r o c e n t R a d i a l S h r i n k a g e , p e r c e n t			
0,0—	2,7	3,4	3,2	3,5
0,5—	3,6	3,4	3,3	3,2
1,0—	3,6	3,0	3,1	2,9
1,5—	3,2	2,7	2,8	2,6
2,0—	2,9	2,5	2,6	2,3
2,5—	2,5	2,2	2,4	2,1
3,0—	2,2	2,0	2,2	1,9
3,5—	2,0	1,9	2,0	1,8
4,0—	1,7	1,8	1,9	1,7
4,5—	1,5	1,7	1,8	1,6
5,0—	1,4	1,6	1,7	1,5
5,5+	1,3	1,5	1,6	1,4

Enligt tab. 10 visa sig större likheter föreligga med avseende på den radiella krympningen, då splint och kärna av tall jämföras med motsvarande vedelement hos gran än då för ett och samma trädslag splint och kärnveden jämföras inbördes. Av tabellen framgår vidare, att krympningsprocenten har en med stigande årsringsbredd sjunkande tendens. Det frodvuxna virket har följaktligen en lägre radiell krympning än det mera finringade. Det plägar annars råda en rätt vanlig uppfattning, att det senvuxna virket »arbetar» mindre än det frodvuxna och för den skull företrädesvis bör användas för snickerier eller dylikt på ställen, där fuktighetshalten är utsatt för stora växlingar. Ur krympnings- och svällningssynpunkt skulle följaktligen enligt

vad tab. 10 utvisar, frodvuxet virke böra komma till användning just på sådana ställen. I ej ytbehandlat eller oimpregnerat skick är emellertid sådant virke av mindre varaktighet än det finringade, varför ur denna synpunkt det senvuxna virket är att föredraga.

Om man utgår från det antagandet, att tillväxten hos enskilda träd, bestånd och hela skogar bör basera sig på årsringarna i det tillstånd dessa bildades d. v. s. under hög fuktighetshalt i vaden, framgår av den föreliggande undersökningen, att man vid mätning av årsringarna från tall och gran som underlag för t. ex. bestämning av grundytetillväxtprocenten inför ett systematiskt fel av omkring 3 %, ifall mätningen utföres på lufttorra borrhspån. Detta av krympningen förorsakade fel kan emellertid kompenseras, genom att mätningsresultaten korrigeras medelst antingen en gemensam eller, då större noggrannhet erfordras, differentierad krympningsprocent. Ett säkrare tillvägagångssätt är dock att blötlägga borrhspånen före mätningen. För att krympningen fullständigt skall kompenseras, bör blötläggningstiden omfatta 1 timme. Blötläggningen medför dessutom den fördelen, att årsringsgränserna vid mätningen framträda avsevärt tydligare på vattenmättade än på lufttorra borrhspån. Som förut nämnts har vid skogsforskningsinstitutets rutinmässiga årsringsmätningar tidigare tillämpats en blötläggningstid av 15 minuter, medan vid avdelningen för skogstaxering mätning skett på lufttorra borrhspån. Med stöd av erfarenheterna från den föreliggande undersökningen sker numera all årsringsmätning vid skogsforskningsinstitutet på borrhspån, som varit blötlagda under en timmes tid.

I samband med virkesbokföring, avverkningsstatistik och liknande kalkyler äro uppgifter över virkets krympning ofta erforderliga. Sålunda måste man t. ex. vid beräkningar, vilka avse att fastställa den kvantitet av i standardlängder upphugget rått virke, som åtgår för att framställa en viss mängd, som skogstorr inmätt massaved i travat mått, känna storleken av torkningsförändringarna i massaveden. Enligt en av förf. utförd undersökning (EKLUND 1948, s. 33—34) visade sig den vid massavedens torkning från rått till skogstorr tillstånd inträdande hopsjunkningen hos i medeltal 9 travar av 2-meters helbarkad massaved av gran uppgå till maximalt 2,4 %, vilket värde erhöles, då massaveden legat travad från avverkningstillfället på eftervintern fram till september månad. Travarnas hopsjunkning måste till huvudsaklig del sättas i samband med den radiella krympningen hos de enskilda massavedbitarna inom traven. De erfarenhetstal, som tab. 10 upptager över den radiella krympningen, torde därför lämna viss vägledning vid kalkyler av ifrågasvarande slag. Härvid bör man dock komma ihåg, att tabellens värden avse krympning från rått till lufttorrt och således ej till skogstorr tillstånd, varför desamma lämpligen böra reduceras något.

Sammanfattning

Den föreliggande undersökningen avser att dels siffermässigt belysa de längdförändringar, som borrspån av tall och gran undergå vid torkning från rått till lufttorrt tillstånd som ett uttryck för virkets krympning i radiell led i förhållande till trädstammens längdaxel, dels utröna, om man genom blötläggning under ett visst tidsavsnitt helt eller delvis kan kompensera de av krympningsprocesserna förorsakade längdförändringarna hos lufttorra borrspån.

Undersökningsmaterialet utgöres av vid brösthöjd uttagna borrspån från 17 olika undersökningslokaler inom Kopparbergs län, således från mellersta Sverige. Sammanlagt ha 361 tallar och 420 granar borrats med ett totalt antal årsringar av 26 630 och 23 921 respektive. Enär varje årsring mätts vid fem olika tillfällen, nämligen i rått tillstånd omedelbart efter borring i skogen, i lufttorrt tillstånd och efter blötläggning under 15 och 60 minuter samt 24 timmar, uppgår antalet mätta årsringar till över 250 000.

Den radiella krympningen, uttryckt i procent av den totala längd, som borrspåns materialet konstaterades intaga i rått tillstånd, d. v. s. omedelbart efter borring i skogen, visade sig för de undersökta tallokalerna i medeltal uppgå till 3,40 % för årsringarna inom splinten och 2,56 % för årsringarna inom kärnan med en variation för olika lokaler av 2,53—3,87 % och 2,29—2,81 % respektive (jfr tab. 3, s 18—19). För de undersökta granlokalerna befanns den radiella krympningen uppgå till i genomsnitt 2,79 % för årsringarna inom splinten och 2,44 % för årsringarna inom kärnan med en variation av i förra fallet 2,48—3,36 % och i senare 2,16—2,82 % (jfr tab. 4, s. 20—21). Följaktligen karakteriseras tallens splint av avsevärt högre radiell krympning än kärnveden, medan hos granen krympningsförhållandena inom splint och kärna synas vara mera likvärdiga. Skillnaderna i krympning inom de ifrågavarande delarna av veden ha i det närmaste genomgående visat sig vara statistiskt signifikanta. Vid jämförelse mellan tall och gran finner man, att krympningen är påtagligt större inom splinten för det förra än för det senare trädslaget, vilket dock delvis torde få sättas i samband med olikheter i medelårsringsbredd. Med avseende på krympningsförhållandena inom kärnan föreligga däremot endast jämförelsevis obetydliga skillnader de båda trädslagen emellan.

Den krympning, som kvarstår efter blötläggning av borrspån under 15 minuter, visar sig vara jämförelsevis obetydlig för årsringarna inom splintved av såväl tall som gran. För årsringarna inom kärnan kvarstår, särskilt då för det förra trädslaget, en rätt avsevärd del av krympningen efter blötläggning under det nämnda tidsavsnittet. En blötläggningstid av omkring 1 timme medför emellertid en för rutinmässiga årsringsmätningar fullt tillfredsställande

kompensering av den kvarstående krympningen för såväl årsringarna inom splinten som inom kärnan.

Undersökningen antyder, att det ur krympningssynpunkt ej synes spela någon egentlig roll, vid vilken tidpunkt under vegetationsperioden som årsringborrning utföres.

Den radiella krympningens storlek sammanhänger emellertid icke blott med årsringens belägenhet inom splinten eller kärnan utan även — och det i mycket påtaglig grad — med årsringsbredden. Genom matematisk-statistisk bearbetning av observationsmaterialet ha funktioner härletts, som schematiskt återgiva sambandet mellan krympningsprocenten i radiell led och årsringsbredden (jfr s. 35). De kurvor, som illustrera det ifrågavarande sambandet, ha ett karakteristiskt förlopp (jfr fig. 8 och 9, s. 36); de utvisa, att krympningsprocenten över mycket låga årsringsbredder snabbt stegras med stigande årsringsbredd, varefter kurvan uppnår ett optimum för att sedan långsamt sjunka med stigande årsringsbredd. Följaktligen utmärkes starkt frodvuxet barrträdsvirke av påtagligt lägre radiell krympning än sådant virke av mera normal årsringsbredd. Den egenartade snabba stegring av krympningsprocenten, som gör sig gällande över de lägsta årsringsbredderna, är svårförklarlig, men sammanhänger sannolikt i första hand med de speciella fysikaliska egenskaper, som karakterisera det starkt finringade virket. Sannolikt som en följd av dessa särpräglade egenskaper inträder stundom ett egenartat fenomen vid blötläggning av lufttorra borrspån; redan efter en blötläggningstid av 15 minuter svälla — frånsett för kärnved av tall — de lägsta årsringsbredderna utöver den bredd, som de konstaterades intaga i det ursprungliga råa tillståndet (jfr fig. 10—13, s. 40—41). Vid mätning av årsringarna på vattendränkta, finringade borrspån skulle följaktligen en kortare blötläggningstid än 15 minuter böra komma till användning, vilket dock torde vara besvärligt att iakttaga vid rutinmässiga årsringsmätningar. Vid sådana bör, som ovan framhållits, tillämpas en blötläggningstid av omkring 1 timme.

De försök, som utförts att söka fastställa krympningsprocenten i radiell ledd inom höst- och vårved, ha tyvärr strandat, främst på svårigheten att vid mätning av ett och samma borrspån i olika fuktighetstillstånd konsekvent förlägga gränsen mellan årsringselementen ifråga till exakt samma ställe inom årsringen. De föreliggande mätningresultaten antyda dock, att den radiella krympningen är avsevärt större inom höst- än inom vårveden.

För att utröna, om blötläggningstiden eventuellt skulle kunna nedbringas, ha försök gjorts att före mätningen blötlägga borrspånsmaterialet i s. k. vått vatten. Användningen härav konstaterades dock vara utan egentlig effekt.

Litteraturförteckning

- EKLUND, BO, 1949. Skogsforskningsinstitutets årsringsmättningsmaskiner. Deras tillkomst, konstruktion och användning. — Medd. fr. Stat. skogsforskn.-inst., Bd 38:5.
- FREY-WYSSLING, A., 1940. Die Ursache der anisotropen Schwindung des Holzes. — Holz als Roh- und Werkstoff, Heft 11. Berlin.
- FRIEDRICH, J., 1897. Ueber den Einfluss der Witterung auf den Baumzuwachs. Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs.
- GREENHILL, W. L., 1936. The Shrinkage of Australian Timbers. Part 1. A new Method of Determining Shrinkages and Shrinkage Figures for a Number of Australian Species. — Council for Scientific and Industrial Research (Division of Forest Products — Technical Paper No. 21). Melbourne.
- HARTIG, ROBERT, 1882. Ueber die Vertheilung der organischen Substanz, des Wassers und Luftraumes in den Bäumen, und über die Ursache der Wasserbewegung in transpirirenden Pflanzen. Berlin.
- ILVESALÖ, YRJÖ, 1942. Suomen metsävarat ja metsientila. II valtakunnan metsien arviointi. — Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 30 Helsinki.
- KINNMAN, GUNNO, 1930. Skogsteknologi. — Svenska Jordbrukets bok. Stockholm.
- KOLLMAN, F., 1936. Technologie des Holzes. — Berlin.
- LAGERBERG, TORSTEN, 1943. Kompendium i trädkänedom. Del II. 2. uppl. (tryckt i stencil). Stockholm.
- MORK, ELIAS, 1928. Om tennar. — Bil. till Tidskrift for Skogbruk. Oslo.
- NÄSLUND, MANFRED, 1942. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. — Medd. fr. Stat. skogsforskn.-inst., H. 33:1.
- SHIMES, F. E., 1938. Suomalaisen mäntypuun rakenteellisista ja fysikalisista ominaisuuksista. Erikoisesti kutistumisja laajenemisilmiästä puun vesipitoisuuden vaihdellella. — Puutekniikan Tutkimuksen Kannatusyhdistys r. y. — Julkaisu No 29. Helsinki.
- THUNELL, BERTIL, 1944. Inverkan av vissa kvalitetsbestämmande faktorer på hållfastheten mot böjning hos svenskt furuvirke. — Svenska Träforskningsinstitutet, Trätekniska avdelningen, Medd. 1.
- TRENDELENBURG, REINHARD, 1939. Das Holz als Rohstoff. Seine Entstehung, stoffliche Beschaffenheit und chemische Verwertung. München/Berlin.
- WIKSTEN, ÅKE, 1945. Metodik vid mätning av årsringens värved och höstved. — Medd. fr. Stat. skogsforskn.-inst., H. 34:9.
- VINTILA, E., 1939. Untersuchungen über Raumgewicht und Schwindmass von Früh- und Spätholz bei Nadelhölzern. — Holz als Roh- und Werkstoff, Heft 10. Berlin.

Summary

Investigations of the Shrinkage and Swelling Changes in Increment Cores of Pine and Spruce

Introduction

At the Forest Research Institute of Sweden between 30 000 and 40 000 samples of the annual ring development in standing and felled sample trees are collected annually in the form of increment cores, which are employed in various investigations, the purpose of which is to throw light upon the conditions of age, growth and, to some extent, the quality of forest trees. The measurement of the annual rings is now carried out at the Forest Research Institute by means of special machines, with which the measurement of individual annual rings, annual ring elements or groups of annual rings can be done both rapidly and with great precision (EKLUND 1949). Such measurements can either be carried out with air-dry increment cores, that is to say, increment cores having approximately the same moisture

content as that of the premises in which the measurements are undertaken, or with increment cores which are placed in a water bath for some time immediately prior to measurement in order to reproduce the original conditions of raw moisture. In this connection a question of importance in principle arises concerning the magnitude of the changes that take place in the core increments in a longitudinal direction from the time they are bored out until they have assumed an air-dry condition, and also whether it is possible to reproduce in the increment cores approximately the same length they possessed at the time they were bored out.

In order to find the answers to these questions an investigation has been carried out at the Forest Research Institute the results of which are described briefly below.

Collection of Material for the Investigation

It was necessary to restrict the investigation to the inclusion of increment cores of pine, *Pinus silvestris* and spruce, *Picea abies*, bored out at breast height. The increment core material was collected from 17 different localities in Kopparberg Province, Central Sweden. The position, etc. of these will be seen from table 1, page 5. Altogether, 361 pine- and 420 spruce trees were bored, yielding a total of 26 630 and 23 921 annual rings respectively.

The increment cores were measured for the first time immediately after boring that is to say, in a raw condition. To permit their measurement in an analogous manner at a later stage the increment cores were cut with a sharp, thin-bladed knife so that a flat surface 1 to 2 millimetres in width was obtained in a longitudinal direction. Along the flat, cut section a line was drawn with a ruler and a pointed aniline pencil, from the outermost annual ring in to the pith. All measurements of increment cores were then carried out in such a way that the increment core was fed forward under the cross lines of the microscope, with the said »guiding line» coinciding with the horizontal cross line of the microscope. After measurement in a raw condition, the increment core material submitted progressively to the Forest Research Institute was filed away for a period of about half a year.

Measurement of the Increment Core Material at the Forest Research Institute

During the period immediately following the field measurements and subsequent storage at the Forest Research Institute, the increment cores underwent drying changes in the course of which they assumed an air-dry condition, that is to say, the moisture content corresponded approximately to that prevailing in the measuring room.

The increment cores were subsequently measured both in an air-dry condition and after soaking them for periods of 15 and 60 minutes and 24 hours. Each increment core and each separate annual ring was thus measured 5 times, so that the results of the investigations are based on more than 250 000 annual ring measurements.

Since it was not possible to carry out the annual ring measurements in a room with a constant temperature and moisture, a part of the material was examined specially with a view to determining whether different total lengths were obtained with air-dry increment core material when the measurements took place on different occasions. According to table 2, p. 9 in which the results of this part of the

investigation are recorded, practically the same total length was obtained when the measurements were carried out in the months of January—March 1948 as in the case of re-measurement in November of the following year.

The Effect of Measuring Accuracy on the Results of the Investigation

The very extensive annual ring measurements necessary for the investigation were carried out by means of one of the machines for measuring annual rings, the construction and use of which were described in detail by the author in an earlier paper (EKLUND 1949). These machines permit the measurement of separate annual rings or annual ring elements with an accuracy of 0.01 millimetre.

For constructional reasons which cannot be dealt with at length here, a temporary error arises as the result of rounding off, etc. which may be assessed at 0.01 to 0.02 millimetre per annual ring measured. This error which is insignificant in itself, is of no practical importance where the routine annual ring measurements of the Institute are concerned, but it becomes more important, when it is desired to determine the comparatively slight changes that occur in connection with the shrinkage and swelling of the annual rings. The relative magnitude of the rounding-off error is inversely proportional to the width of the annual ring (annual ring element) as may be seen from Fig. 1, p. 11.

Strictly speaking, the possibility of determining the shrinkage and swelling changes in the individual annual rings or elements with any degree of reliability on the basis of the measurements undertaken is very limited. By suitably combining the measuring results in groups comprising a number of annual rings or elements, far more reliable information concerning the amount of shrinkage and swelling can be obtained, however.

The Theoretical Background to the Mechanics of Shrinkage and Swelling in Timber

In the living tree, as in the raw timber, the cells in the wood contain water both in the form of free water which, together with air, fills out the hollow spaces in the cells, and water which is bound colloidally to the walls of the cells. This latter which is known as hydrate water can be passed off or increased, whereby in the former case the size of the cells is reduced and in the latter case it is increased. The reduction first takes place, however, after the free water has passed off by evaporation, whereupon the hygroscopic forces produced by the colloidal condition of the cell walls are liberated.

The reasons why the cells — particularly the tracheid cells in coniferous timber — are able to change their volume by giving up or receiving water, are to be sought in the microstructure and physical-chemical composition of the cell walls. The micellar theory propounded by von NÄGELI (TRENDELENBURG 1939, p. 93) offers a very plausible explanation of the mechanism of the giving off and reception of water in the smallest parts of the cells — the micellae.

The author cites some of the theories of different investigators concerning the factors that regulate the amount of shrinkage and swelling. In this respect particular interest is associated with FREY-WYSSLING's theory (1940 p. 350—353) according to which the shrinkage which varies in different directions may be regarded as an obvious function of the number of cell walls which are found in various directions in the wood.

Whereas linear shrinkage and swelling is quite insignificant in the longitudinal direction of the stem, it assumes an appreciable value in the radius of the cross-section, and particularly in the tangential direction. Thus, KINNMAN (1930, p. 73) gives a mutual ratio for coniferous timber between the percentage shrinkage in the respective directions of $0.1 \times 2 \times 4.5$, when drying takes place from a raw- to an air-dry condition. The present investigation only relates to the determination of the amount of shrinkage and swelling in a radial direction, that is to say, at right-angles to the annual ring boundaries.

A Survey of the Radial Shrinkage and Swelling in Increment Core Material from the Different Localities investigated

The annual ring measurements were primarily examined with a view to ascertaining both the shrinkage in a radial direction which the increment core material undergoes during the transition from the raw- to the air-dry condition and the swelling that takes place when the increment cores are soaked for 15 and 60 minutes alternatively and also for 24 hours. Both shrinkage and swelling are thereby expressed as a percentage of the length which the core increment was found to have in a raw condition, that is to say, immediately after boring it out in the forest. To obtain a better basis of comparison, the swelling which occurs after soaking the increment cores for the above-mentioned periods is expressed in the form of residual shrinkage. Expressed as a percentage, therefore, this indicates how much the core increment material must continue to swell on the average in order to resume its original length which is here assumed to be equal to 100 %.

In tables 3 and 4, p. 18—21 both the shrinkage and the residual shrinkage after varying soaking periods are recorded for the different localities investigated. The two tables show that the percentage shrinkage is greater throughout in the sapwood than in the heartwood. In a comparison between pine and spruce it is found that the sapwood in the former type of tree is characterised by greater shrinkage than in the corresponding part of the wood of spruce. Within the heartwood the conditions are more similar. Both in pine and spruce the sapwood is characterised by greater variation with respect to the shrinkage conditions than the heartwood. Thus for the pine stands investigated, the percentage shrinkage amounts on the average to 3.40 % for the annual rings in the sapwood and 2.56 % for the annual rings in the heartwood with a variation of 2.53—3.87 % and 2.29—2.81 % respectively. For the spruce stands investigated, the average difference is appreciably less between the shrinkage in the sapwood and the heartwood. It amounts to 2.79 and 2.44 % respectively with a variation of 2.48—3.36 % in the former case and 2.16—2.82 % in the latter case. The differences between the shrinkage for the annual rings within the sapwood and in the heartwood have, with few exceptions, proved to be of significance from a statistical point of view, as may be seen from the tables 5 and 6, p. 22—23.

According to tables 3 and 4, only a relatively insignificant part of the shrinkage remains for the annual rings in the sapwood, both with pine and spruce, after soaking the increment cores for 15 minutes. Particularly in the case of the annual rings in the heartwood of pine, however, the residual shrinkage amounts to quite a considerable figure after soaking for the period mentioned above.

The investigation has made it clear, therefore, that the soaking period previously adopted in the routine work of the Forest Research Institute, namely, 15 minutes

is not sufficient to compensate the shrinkage brought about by drying from the raw- to the air-dry condition, particularly when as is most frequently the case, the measurements not only relate to the sapwood but also include the heartwood. By extending the soaking period to approximately 1 hour, however, it is possible to compensate shrinkage both in the sapwood and heartwood in a comparatively satisfactory manner.

Comparison between the Radial Shrinkage when boring in the Summer and the Autumn

The trees at the different localities investigated were bored both during the high summer and in the autumn. The primary object here was to determine whether the varying conditions of moisture of the trees during the seasons in question exercise any reaction on the amount of the shrinkage. By chance, the investigation was carried out in some of the localities partly in the spring and partly in the autumn of 1947 when the summer in Sweden was unusually dry and warm. In such conditions it might be anticipated that the water content in the sapwood would have dropped to an abnormally low level and that this would influence the shrinkage. As shown in table 8, p. 26—27 this was found not to be the case, however, so that it might be assumed that when boring is carried out during the summer half-year, the point of time at which it is done does not exercise any actual influence on the radial shrinkage of the timber in its transition from the raw to the air-dry condition.

Relation between the Width of the Annual Rings and the Radial Shrinkage

The question as to whether the radial shrinkage is associated with the width of the timber's annual rings is of considerable interest both from a theoretical and a practical point of view. In order to study this question in greater detail, the annual rings measured on the basis of their width in a raw condition were sorted into classes with widths of 0.4 millimetre, whereupon the percentage shrinkage was calculated for each such class of annual ring widths. In the graphic presentation of this class shrinkage shown in Fig. 8—9, p. 31—33 it was found that the percentage shrinkage exhibits a falling tendency with an increasing width of the annual rings, with the exception of the lowest class of annual ring widths in which the conditions are reversed. The relation between the annual ring width (z_r , millimetres) and the radial percentage shrinkage (α_r) can be expressed by the following functions which were obtained by the numerical adjustment of the different experimental material in accordance with the least square method:

$$\begin{array}{l}
 \text{Pine, annual rings in } \left\{ \begin{array}{l} \text{Sapwood: } \alpha_r = 0.80 + 7.99 z_r^{0.8} \cdot e^{-1.04 z_r^{0.8}} \\ \text{Heartwood: } \alpha_r = 0.80 + 11.17 z_r^{0.5} \cdot e^{-1.54 z_r^{0.5}} \end{array} \right. \\
 \text{Spruce, annual rings in } \left\{ \begin{array}{l} \text{Sapwood: } \alpha_r = 0.80 + 10.10 z_r^{0.5} \cdot e^{-1.44 z_r^{0.5}} \\ \text{Heartwood: } \alpha_r = 0.80 + 12.64 z_r^{0.45} \cdot e^{-1.73 z_r^{0.45}} \end{array} \right.
 \end{array}$$

The above equivalent functions, which particularly in the case of spruce, agree satisfactorily with the experimental material, will be found plotted in Fig. 8—9, p. 36 in which the functions referring to the annual rings in the sapwood are indicated in the form of a full-line curve, whilst those for the annual rings in the heartwood are reproduced by a dotted curve.

The rising tendency towards an optimum value which characterises the percentage shrinkage for the lowest and following classes of annual ring widths is difficult to explain, but may be primarily associated with the special physical properties in the form of a low autumn wood content and density which frequently characterise the strongly marked finely-ringed timber.

Radial Swelling with Varying Annual Ring Widths and Soaking Periods

The percentage swelling has been calculated for different classes of annual ring widths in a manner analogous to that for shrinkage. The average values according to classes have been plotted graphically as shown in Fig. 10—13, p. 40—41. A comparison of the different diagrams indicates that appreciable differences exist with respect to the progress of swelling both as regards pine and spruce as well as sapwood and heartwood. The considerably retarded swelling of the annual rings in the heartwood of pine should be particularly observed. At the same time it is interesting to note the curious position which, according to the figure, characterises the residual shrinkage in the lowest class of annual ring widths, and the following class in the case of spruce, with varying soaking periods. With the exception of the annual rings in the heartwood of pine during the shortest soaking period in which the residual shrinkage exhibits a very marked fall however, in all other cases the annual rings have swollen up to a width which exceeds the annual ring width when the increment cores are measured in a raw condition. This abnormal swelling cannot be ascribed to reasons connected with the measuring technique but appears to have a causal background. It is an obvious step to assume, therefore, that the effects of the same physical properties in the wood are here in question as those which cause the appreciable drop in the radial shrinkage in the two lowest classes of annual ring widths.

Some Observations relating to Radial Shrinkage in the Spring and Summer Wood Elements of the Annual Rings

With respect to the differences that exist between the spring and summer wood elements in the annual rings from a physical-chemical point of view, there is reason to assume that the radial shrinkage is not the same in spring and summer wood. In order to determine whether any appreciable differences can be noted in this condition the annual ring measurements for some of the localities investigated took the form of separate measurements of the spring and summer wood. It was found, however, that the operators carrying out the measurements, when determining the boundaries between the annual ring elements in question, did not place these boundaries at exactly the same point within the annual rings in view of the fact that the measurements were made with increment cores having varying moisture contents. Consequently, the measurements did not yield clear results, and it should only be noted here that the summer wood of both pine and spruce is characterised by considerably greater radial shrinkage than the spring wood. The author draws attention to the fact that the entirely objective determination of the amount of shrinkage in the respective annual ring elements presupposes that the boundary between them is marked in some way or other.

An Attempt to accelerate the Process of Swelling by Soaking in a so-called Wetting Agent

It has already been mentioned that air-dry increment cores, particularly when they contain heartwood, require a soaking period of approximately 1 hour in order to regain the whole of the length they possessed in a raw condition. In order to ascertain whether this soaking period can be reduced, an experiment has been made which consisted in placing the increment cores in a so-called wetting agent prior to measurement. For this purpose a 1-per cent solution of a petroleum derivative »Comprox» in ordinary tap water was used. A solution of this kind is characterised by a low surface tension and consequently possesses a high penetration capacity. The results of this part of the investigation are recorded in table 9, p. 47 which indicates the percentage swelling both with ordinary water and with a wetting agent. The very insignificant differences obtained in this way have not been confirmed by statistics, and thus the employment of a wetting agent for the present purpose appears to produce no actual effect. The principal reason for this would seem to be that, owing to their cylindrical shape, the increment cores offer a particularly favourable surface of attack for the water. In view of the fact that the pores in the sapwood are not blocked up, their absorption of water takes place relatively rapidly; in the heartwood on the other hand, the absorption is far slower owing to the fact that here the pores are no longer intact but are partially blocked as the result of the heartwood-forming processes.

Some Results of Practical Significance from the Investigation

If it is assumed that the growth of individual trees, stands and entire forests may be based on the annual rings according to the condition in which the latter are formed, that is to say, with a high moisture content in the wood, the investigation shows that when measuring the annual rings of pine and spruce as a basis for determining the percentage growth for an area in question, for example, a systematic error of approximately 3 % is introduced if the measurements are carried out on air-dry increment cores. This error which is due to shrinkage can, however, be compensated by correcting the measured results on the introduction of a figure obtained from experience concerning the amount of shrinkage, according to table 10, p. 49. A more reliable method of procedure, however, consists in soaking the increment cores for about 1 hour prior to their measurement.

Information regarding the amount of shrinkage is frequently required in connection with timber book-keeping, felling statistics and similar calculations when it is necessary to convert the quantity of timber measured in a dry condition to the quantity of raw timber. The figures obtained from experience in connection with this investigation may offer a certain guidance for such calculations insofar as the changes in the timber in question are mainly associated with the radial shrinkage.