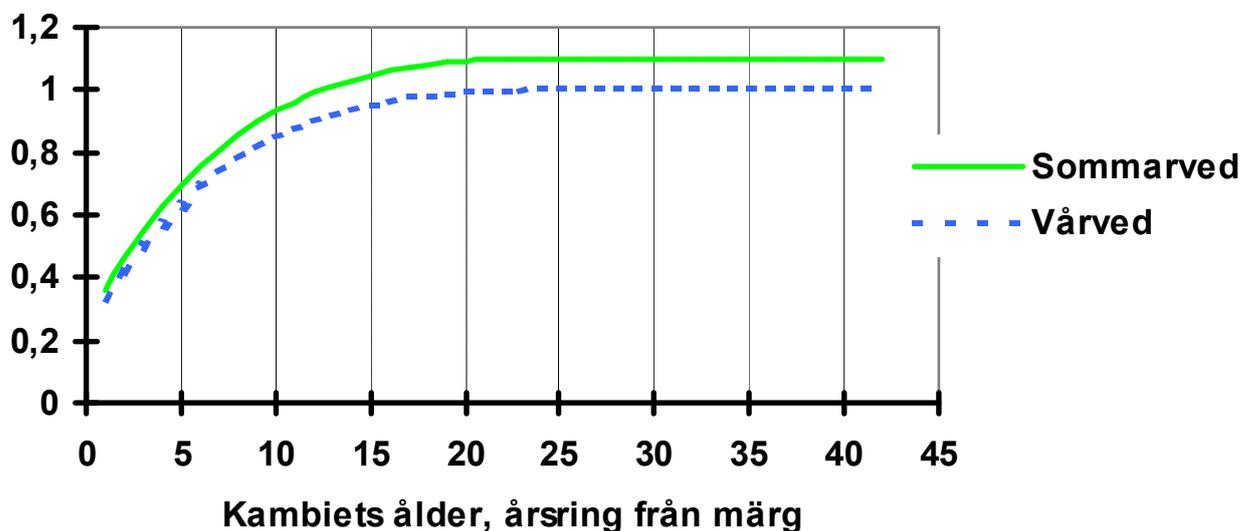


Några funktioner för modellering av fiberlängd och fiberlängdsfördelningar

Lars Wilhelmsson



Omslag: Modell för fiberlängdsutveckling Illustratör: Lars Wilhelmsson

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien *Arbetsrapport* dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report: Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Innehåll

Bakgrund	3
Syfte	3
Material och metoder	3
Absolut och relativ medelfiberlängd	3
Fiberlängdsfördelningar inom årsringar och fördelningar i radialsnitt.....	5
Diskussion.....	6
Erkännanden	7
Referenser	7

Bakgrund

Studier av vedbildningens fysiologi visar att fiberlängden hos barr- och lövved varierar bl.a. med frekvensen s.k. antiklina och periklina celldelningar i kambiet (högre andel antiklina delningar närmast mäg \Rightarrow kortare fibrer), delningshastigheten, kambiets ålder och ursprungscellernas storlek. Det mesta av dessa resultat har sammanfattats av Larson (1994). De fysiologiska processerna bakom vedbildningen styrs av bl.a. genetik, kambieålder, temperatur, närings-, vatten- och ljusställgång.

Från empiriska studier av fiberlängder finns det också många belägg för att den genomsnittliga fiberlängden hos olika barrträd är låg närmast mäg för att därefter snabbt tillta mot en uthållig, relativt stabil nivå i årsringar från ca 15–30 år från mäg och utåt. (Bisett & Dadswell, 1949; Bannan, 1967; 1970; Atmer & Thörnqvist, 1982; Zobel & van Buijtin, 1989; Kocera, 1994; Lindström, 1997 m.fl.)

Syfte

Syftet med detta arbete har varit att utveckla funktioner, som kan vara praktiskt användbara vid modellering av fiberlängdsvariation i tvärsnitt hos alla typer av träd. Ett delsyfte med att göra funktionerna har varit att ge underlag för arbetet med ”Fiberdatabasen” beskriven av Wilhelmsson m.fl., (1996).

Material och metoder

Absolut och relativ medelfiberlängd

Några matematiska modeller har utvecklats i syfte att beräkna genomsnittliga fiberlängder i olika årsringar och för ett helt tvärsnitt. Vid modelleringen har enkelhet och robusthet prioriterats och en godtagbar anpassning till antagna samband eftersträvat. Funktionernas konstruktion gör dem generella och ger möjligheter att beräkna relativa fiberlängdsförändringar från mäg mot bark, alternativt absoluta fiberlängder. Med relativa fiberlängder avses då t.ex. att ”mogna” vårvedsfibrer ges längden 1 och andra fibrer sätts i relation till detta. Detta förfarande gör det lättare att kalibrera resultaten så att medeltalen för modellerade fiberlängder överensstämmer med statistik om medelfiberlängder baserade på erfarenhetstal från råvaruundersökningar inom ett visst område, d.v.s. gör funktionerna medelvärden väntevärdesriktiga. Någon validering av modellerna har inte gjorts.

$$T_n = Rl_{Njuv} - (Rl_{Njuv} - Rl_1) \times \left(\frac{Njuv - n}{Njuv - 1} \right)^k \quad (1a)$$

för $Njuv \geq n$ och

$$T_n = Rl_{Njuv} \text{ för } n > Njuv \quad (1b)$$

där:

T_n = Medelfiberlängd i vedtypen (vår- eller sommarved) inom årsring n räknat från märg.

$Njuv$ = Kambial ålder då fiberlängden i årsringarna kulminerar = maxlängd,

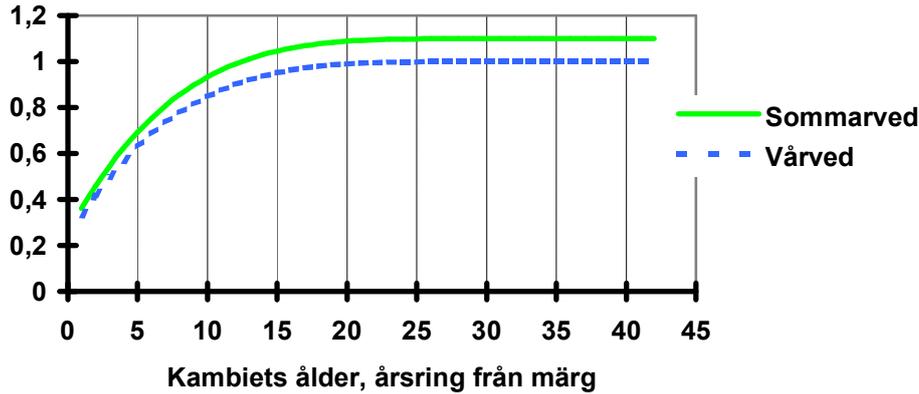
Rl_{Njuv} = Medelfiberlängden i mogen ved (olika för vår- och sommarved), vid kambial ålder = $Njuv$ år. Vid relativ fiberlängdsberäkning sätts för $Rl_{Njuv} = 1$ för vårved. Rimliga värden för absolut Rl_{Njuv} i vårved hos svensk gran antas vara 3–3,6 mm och för svensk tall 2,8 – 3,4 mm. Absolutvärden för Rl_{Njuv} i sommarved antas vara ca 4–12 % högre (jämför. Bisett & Dadswell, 1950; Ifju & Labosky, 1972).

k = Exponent som styr funktionens progressivitet. Har i prövade exempel satts till $k = 4$.

Rl_1 = Medelfiberlängd i veden i årsring 1 räknat från märg (minsta fiberlängd). Vid relativ fiberlängdsberäkning sätts denna i relation till $Rl_{Njuv} = 1$ i den mogna vårveden. (T.ex. kan $Rl_1 = 0,33$ vara ett rimligt värde för vårved). Vid absolut fiberlängdsberäkning antaget $Rl_{Njuv} = 3,2$ i vårveden sätts då $Rl_1 = 0,33 \times 3,2 = 1,06$ för vårved.

Samma funktion används för att beskriva medelfiberlängder vid olika kambial ålder i såväl vår- som sommarved. Parametrarna anpassas till lämpliga värden för respektive vedtyp. Exempel på skillnader mellan vår- och sommarved inom samma årsring ges av Bisett & Dadswell (1950); Ifju & Labosky (1972).

Om samma parameterförhållanden och samma kulminationsålder förutsätts, för vår- och sommarved, kan sommarvedens fiberlängd beräknas som en konstant gånger vårvedsvärdet, t.ex. T_n vårved = $1,1 \times T_n$ sommarved. Annars kan T_n för sommarved modelleras med samma funktion (1a, 1b), men med andra parametrar. Genom att variera funktionsparametrarna för olika höjder i träden, t.ex. styrt av en höjduitvecklingskurva och/eller en funktion som beskriver sambandet mellan radie och omkrets för en viss årsring kan även en anpassning till iakttagen variation i fiberlängden för årsringar på samma avstånd från märg, men på olika höjd i träden, eller olika tillväxtförutsättningar, genetiska skillnader etc. erhållas.



Figur 1. Genomsnittlig *relativ fiberlängd* i vårved ($T_{n\text{vårved}}$), respektive sommarved ($T_{n\text{sommarved}}$), för årssringar med stigande ålder från märg. Beräknat med funktionsparametervärdena $RI_{Njuv} = 1$, $RI_1 = 0.33$ och $Njuv = 30$, $k = 4$. Sommarveden ($T_{n\text{sommarved}}$) är här $1,1 \cdot T_{n\text{vårved}}$.

Ytviktade medelvärden för ett vedtvärsnitt erhålls t.ex. genom att beräkna medelvärden för fiberlängden i vår- respektive sommarved i varje årssring med hjälp av funktion (1a, b) ovan och multiplicera dessa med vår- respektive sommarvedsytan för respektive årssring. Produktsumman delas sedan med totalytan. Detta ytviktade medelvärde för fiberlängd inom en vedtyp ($T_{vedtyp\text{tot}}$) i ett vedtvärsnitt räknas ut med funktion (2) eller vår- och sommarved sammanslaget T_{tot} med funktion (3).

$$T_{vedtyp\text{tot}} = \frac{\sum T_n \cdot \text{Årsyta}_{vedtyp}}{\sum \text{Årsyta}_{vedtyp}} \quad (2)$$

$$T_{tot} = \frac{T_{vårved\text{tot}} \cdot \sum \text{Årsyta}_{vårved} + T_{sommarved\text{tot}} \cdot \sum \text{Årsyta}_{sommarved}}{\sum \text{Årsyta}_{vårved} + \sum \text{Årsyta}_{sommarved}} \quad (3)$$

Fiberlängdsfördelningar inom årssringar och fördelningar i radialsnitt

Genom att simulera en normalfördelad spridning (funktion 4) baserad på antagna varianser (standardavvikelser), kring uträknade medelvärden, kan en fiberlängdsfördelning konstrueras per vår- respektive sommarvedsdel i varje årssring. Fiberlängdsfördelningen i ett tvärsnitt kan sedan beräknas genom viktade medelvärden, där den korrigerade frekvensen (se *KorrFnorm* enligt uttryck ⑤ nedan) av olika fiberlängdsklasser per vedtyp multipliceras med den yttandel som den aktuella årssringen och vedtypen utgör av hela tvärsnittsytan.

Frekvensen per klass räknas ut med normalfördelningsfunktionen

$$Fnorm(klass, R_n, \sigma_n) = \frac{1}{\sigma_n \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} b^{\frac{-(klass - R_n)^2}{2 \cdot \sigma_n^2}} \quad (4)$$

där:

klass = Aktuell definierad klass. Klassindelningen bör täcka in minst $2,5 \times$ standardavvikelsen, ju fler klasser, desto högre precision.

σ_n = Standardavvikelsen för fiberlängden inom respektive vedtyp i årsring n .

b sätts normalt $= e \approx 2.718283$. En toppigare fördelning erhålls om $b > e$ och en flackare om $b < e$

Övriga variabler enligt definitioner ovan.

Eftersom den verkliga variansen i fiberlängd inom årsring och vedtyp antagligen inte är känd kan det vara praktiskt att definiera σ_n som procentvärden av R_n alternativt använda konstanter gällande för alla årsringar.

Framräknade frekvenser per klass delas sedan med summan av frekvenser för att korrigera för den bias som uppstår om summan för frekvenserna av klasserna är < 1

$$KorrFnorm_{klass} = \frac{Fnorm_{klass}}{\sum Fnorm} \quad (5)$$

Diskussion

Det finns en rad alternativa funktioner som kan anpassas ganska väl till iakttagna fiberlängdsutvecklingar i olika försöksmaterial. Den redovisade funktionen (1a, 1b) har utformats mekanistiskt för generell modellering. Kausala parametrar och robusthet har prioriterats vid utvecklingen av funktionerna. Parametervärdena är valda med hänsyn till grova erfarenhetstal och uppgifter i angivna referenser. Om man eftersträvar en bättre detaljanpassning kan parametrarna bestämmas statistiskt med hjälp av fiberlängdsmätningar på olika försöksmaterial. Beroende på hur modellen används kan olika grad av detaljer i modelleringen ändå uppnås. Genom att separera vår- och sommarved för varje årsring kan en detaljerad beskrivning av olika tillväxtförhållanden simuleras. Vid användning av samma parametrar för en hel grupp av träd kommer resultaten inte att innefatta t.ex. genetiska olikheter mellan träd. Vill man simulera även denna variation kan funktionens parametrar varieras systematiskt eller slumpmässigt, beroende på syftet. Validering och parameterskattningar för funktionerna har inte kunnat göras inom ramen för detta arbete. Det betyder att variation och medelvärden kan vara missvisande. Funktionerna är dock konstruerade så att de ska kunna kalibre-

ras och ge väntevärdesriktiga genomsnittresultat vid tillämpning av relativa fiberlängdsberäkningar, som sedan kan anpassas till erfarenhetstal från lokala undersökningar eller driftstatistik från olika industrier.

Erkännanden

Ett speciellt tack till John Arlinger, SkogForsk för värdefulla synpunkter och implementering av modellerna i en första version av ”fiberdatabasen”. Tack också till Björn Hannrup och Mats Nylinder SLU, för värdefulla synpunkter och hjälp med en del litteraturuppgifter.

Referenser

- Atmer, B. & Thörnqvist, T. 1982. Fiberegenskaper i gran (*Picea abies* Karst.) och tall (*Pinus sylvestris* L.) Rapport 134. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära (Uppsala) 59s.
- Bannan, M W. 1967 Sequential changes in rate of anticlinal division, cambial cell length, and ring width in the growth of coniferous trees. *Can. J. Bot* 45 pp 1359–1369.
- Bannan, M W. 1970. A survey of cell length and frequency of multiplicative divisions in the cambium of conifers. *Can J of Bot* 48 pp 1585– 1589.
- Bisset, I J W. & Dadswell, H E. 1949. The variation in fibre length within one tree of *Eucalyptus regnans*. *Aust For* 13 pp 86– 96.
- Bisset, I J W. & Dadswell, H E. 1950 The variation in cell length within one growth ring of certain angiosperms and gymnosperms *Aust For* 14 pp 17–29.
- Ifju, G. & Labosky, P. A. 1972. Study of *Loblolly Pine* Growth Increments. Part I. Wood and Tracheid Characteristics. *Tappi* 55(4) pp 524–529.
- Kocera, B. 1994. A Hypothesis Relating Current Annual Height Increment to Juvenile Wood Formation in Norway spruce. *Wood and Fiber Science* 26(1) pp 152–167.
- Larson, P R. 1994. The Vascular Cambium Development and Structure. Springer Series in Wood Science. Springer Verlag (Berlin Heidelberg) pp 725.
- Lindström, H. 1997. Fiber Length, Tracheid Diameter and Latewood Percentage in Norway spruce: Development from Pith Outwards. *Wood and Fiber Science* 29(1) pp 21–34
- Wilhelmsson, L. Arlinger, J. Duchesne, I., Nylinder, M. & Spångberg, K. 1996. The Swedish ”Fibre database”. In: Proceedings from IUFRO WP S5.01-05 Connection between silviculture and wood quality through modelling approaches and simulation software. South Africa. In print.
- Zobel, B J. & van Buijtenen, J P. 1989. Wood Variation it's Causes and Control. Springer Series in Wood Science. Springer Verlag (Berlin Heidelberg) pp 363.