

Mechanical properties – kap 9

Jimmy Johansson



Mechanical properties

Strength and resistance to deformation of a material

Elastic deformation

Rheological or time-dependent deformation

“strong enough” or “just strong enough”



Strength - hållfasthet

Modulus of elasticity (MOE) – E-modul

Breaking strength (modulus of rupture) (MOR) – brotthållfasthet

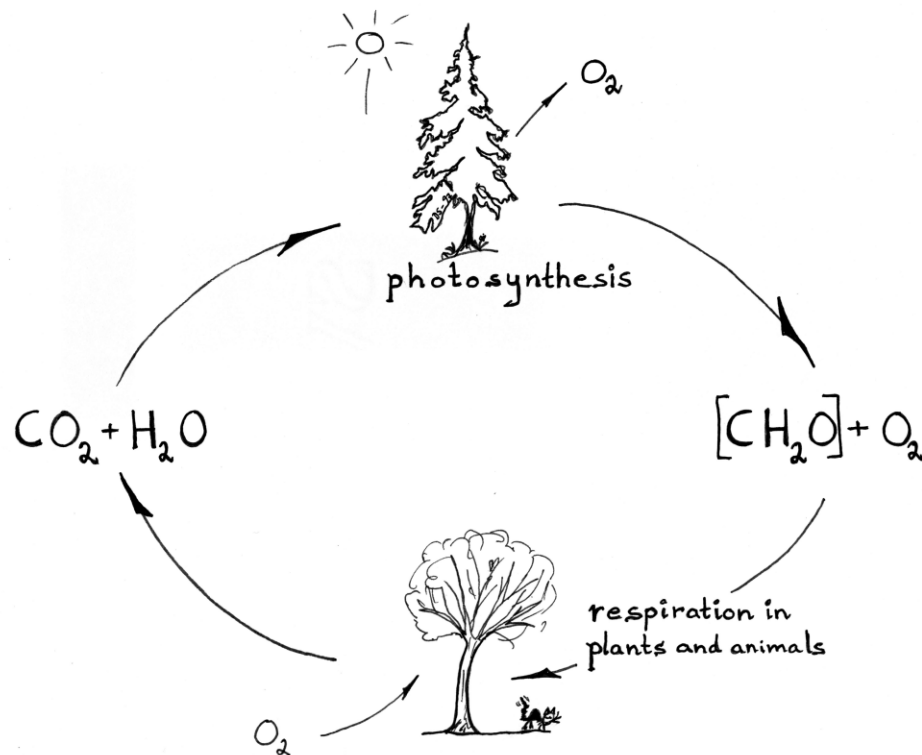
Stress – spänning

Strain – töjning

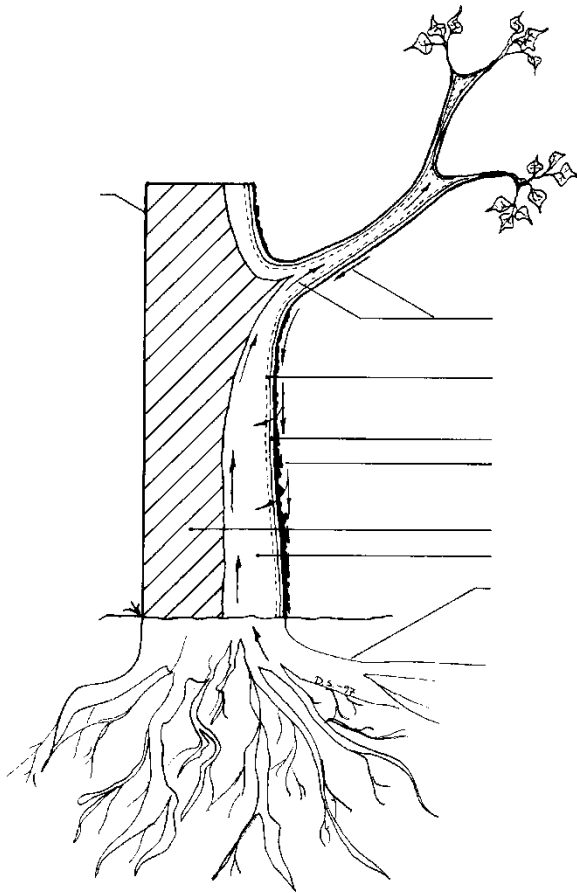


Deformation av trä

Trämaterialets syfte



Stammens uppgift



Levande:

Bära upp kronan och stimulera fotosyntesen

- Transportera mineraler och näring mellan rötter och krona
- Lagra producerad näring

Död:

- Stimulera en snabb nedbrytning



Speciellt för trä

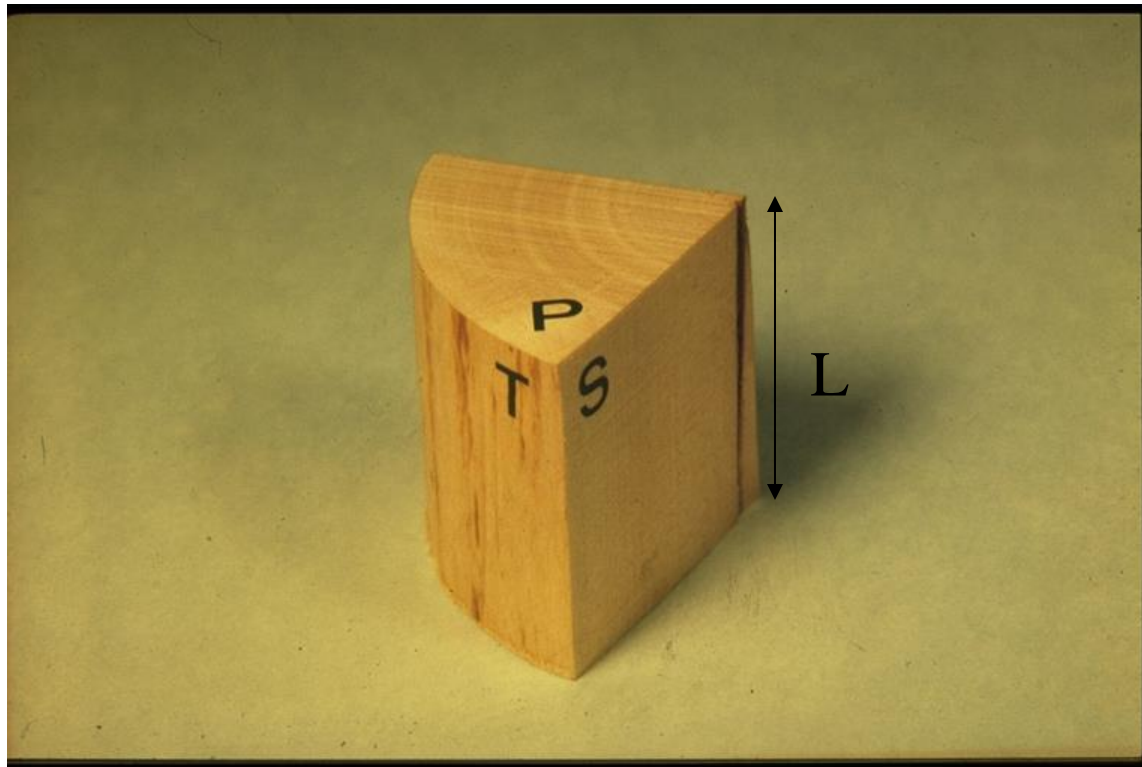
Trä är ett anisotropt material

Trä förändras med miljön

Trä betar sig tidsberoende



Riktningar i trä



- Radiell, s
- Tangentiell, t
- Tvärsnitt, P
- Longitudinell, L



Trä är starkast i fiberriktningen

Exempel furu i drag	
Lastfall	Hållfasthet, Enhet
Kraft parallellt med fiberriktningen	104 MPa
Kraft vinkelrätt mot fiberriktningen	3 MPa



Trä är starkast vid dragbelastning

Exempel furu parallellt med fibrerna	
Lastriktning	Hållfasthet, Enhet
Drag	104 MPa
Böj	87 MPa
Tryck	47 MPa



Trä i jämförelse med andra material

Material	σ_b (Mpa)	ρ (kg/m ³)	σ_b/ρ
Glas	90	2 470	0,04
Aluminium	100	2 750	0,04
Furu //	100	520	0,20
Obehandlat kolstål	400	7 850	0,05
Härdat legerat stål	1 700	7 800	0,20
Kevlar 49	4 000	1 450	2,8



Exempel

Hur många kilo draglast kan en liten bit furu utan defekter bära?

a) Parallellt med fiberriktningen

b) Tvärs fiberriktningen

- tvärsnittet är 10x10 mm

- Längden är 350 mm



Svar

a) Hållfastheten // fibrer = 104 Mpa = 104 N/mm²

Lastbärande area 10x10 = 100 mm²

Lastkapacitet = 100x104 = 10 400 N

1 N ≈ 0,1 kg

10 400/10 = 1 040 kg

b) Hållfastheten ⊥ fibrer = 3,0 Mpa

Lastbärande area = 3 500 mm²

Lastkapacitet = 3 500x3 = 10 500 N = 1 050 kg

(Om man har samma yta att fördela lasten på i fall a och b:

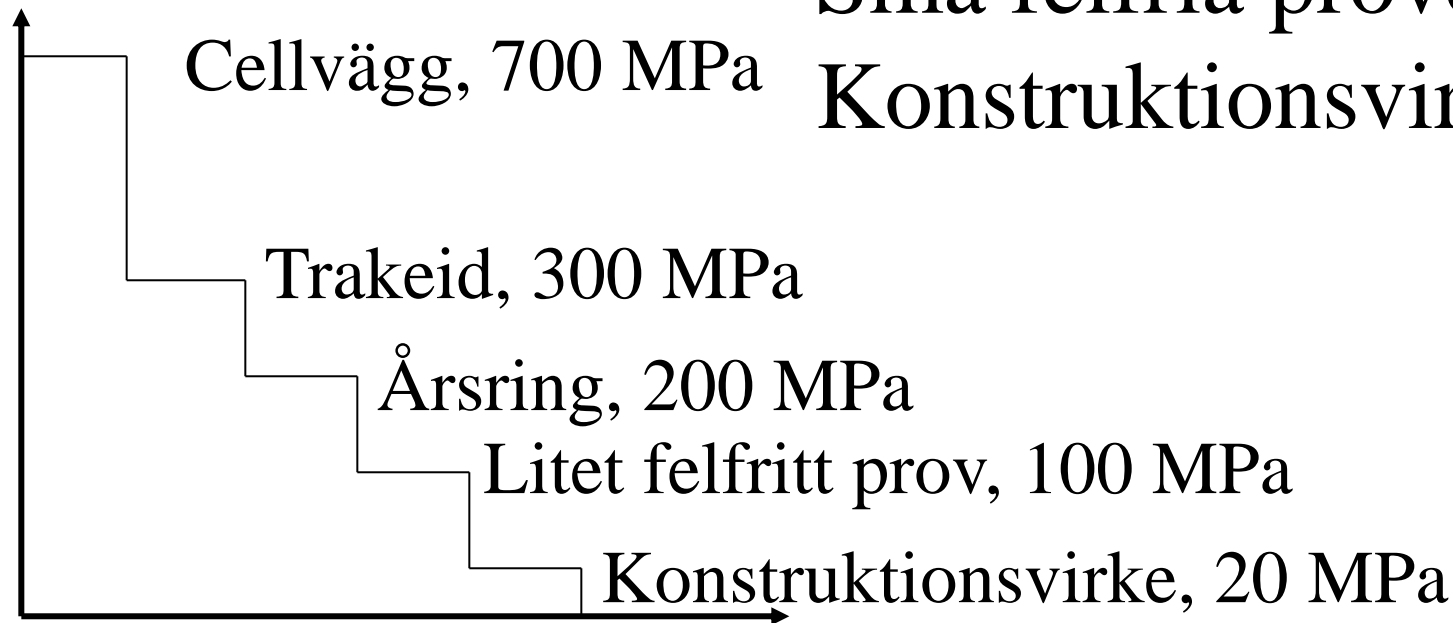
Lastbärande are 100 mm² lastkapacitet ⊥ fibrer = 100x3 = 300 N =
30 kg = _____



Hållfasthet i trä mikro-makro

Hållfasthet

Vid tester välj mellan
Små felfria prover och
Konstruktionsvirke



Frekvensdiagram

Standardavvikelse $S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^n (X_j - \bar{X})^2}$

Normalfördelning



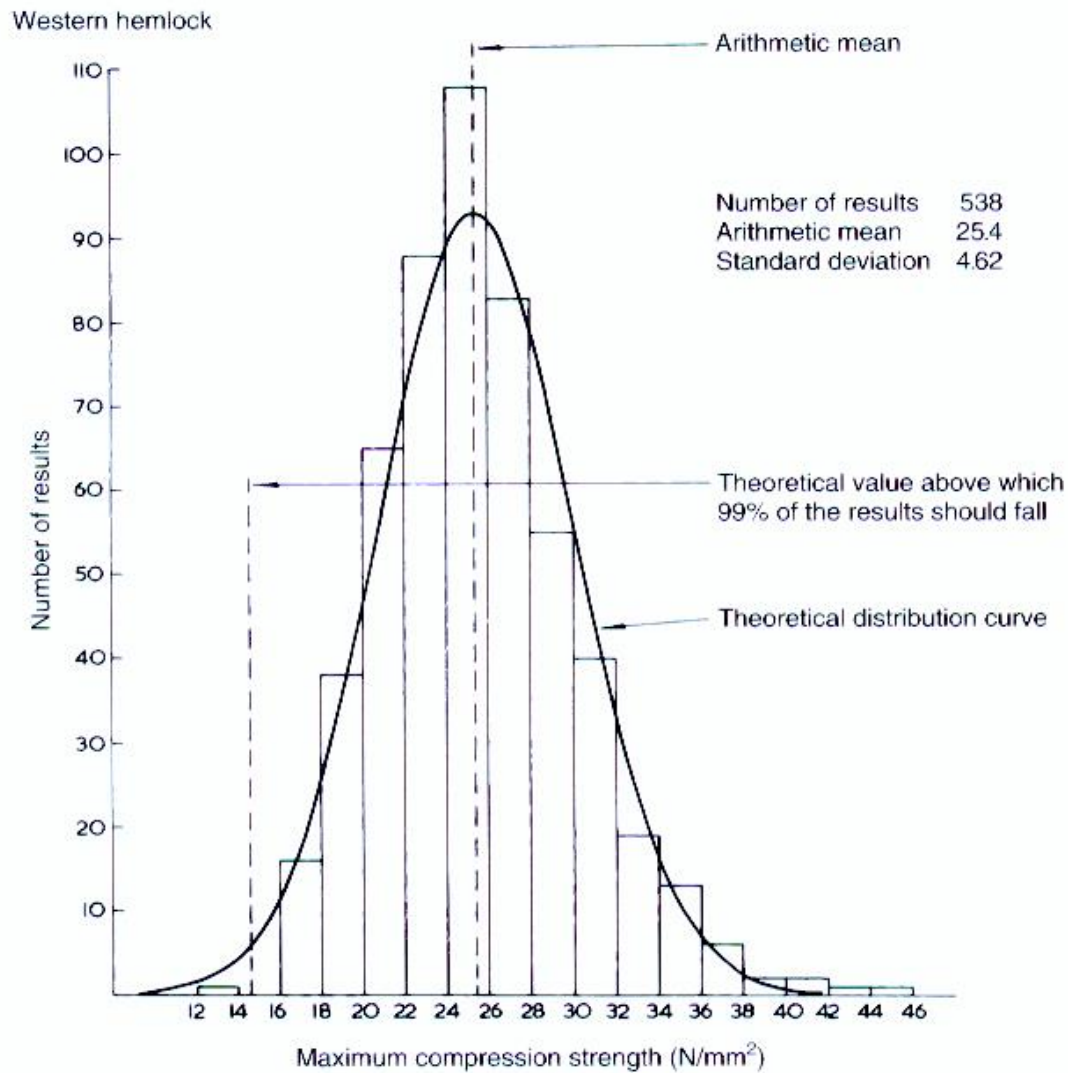


Figure 7.4 Frequency distribution of maximum compression strength of small clear test pieces of Western hemlock. (© BRE.)



Deformation av trä

3 typer

Elastisk

Krypning

Plastisk (viskös)

Trä = viskoelastiskt material



Deformation av trä

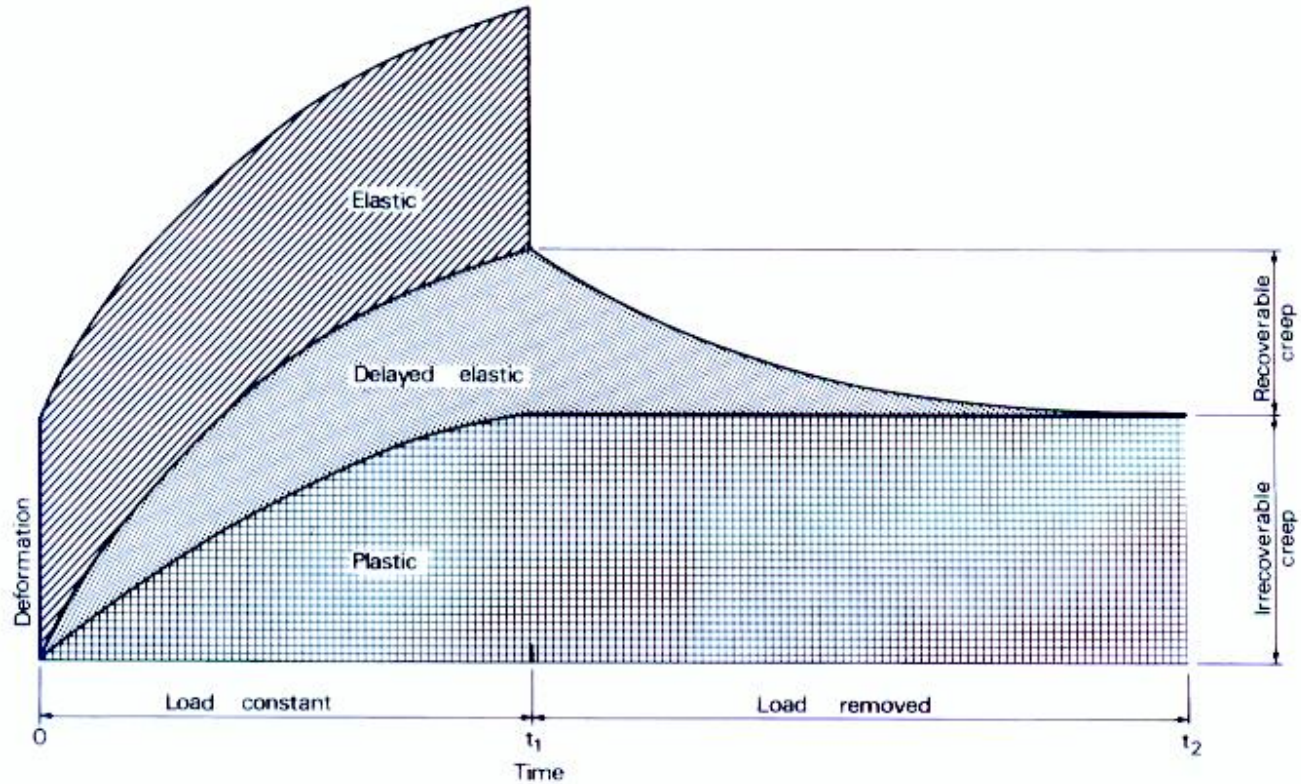
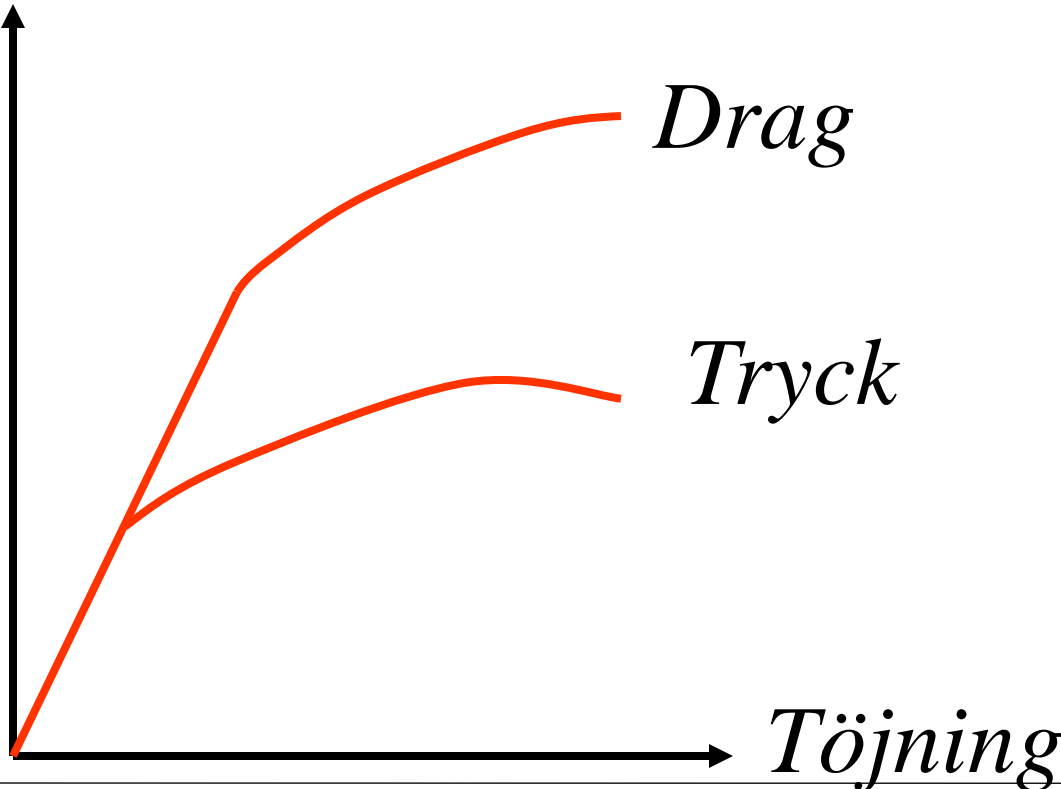


Figure 6.1 The various elastic and plastic components of the deformation of timber under constant load. (© BRE.)



Elasticitetsmodul

Spänning



Drag

Tryck

Töjning

Elasticitetsmodulen är lika i drag och tryck men maxlasten varierar



Elasticitetsmodulen påverkas av:

Materialparametrar:

Fibervinkeln

Densitet

Kvistar

Mikrostruktur

Kemisk struktur

Miljöfaktorer:

Fuktkvot

Temperatur



Vad påverkar hållfastheten

Densitet

Årsringstäthet – sommarvedsandel

Fiberstörning

Kvistar

Fuktkvot

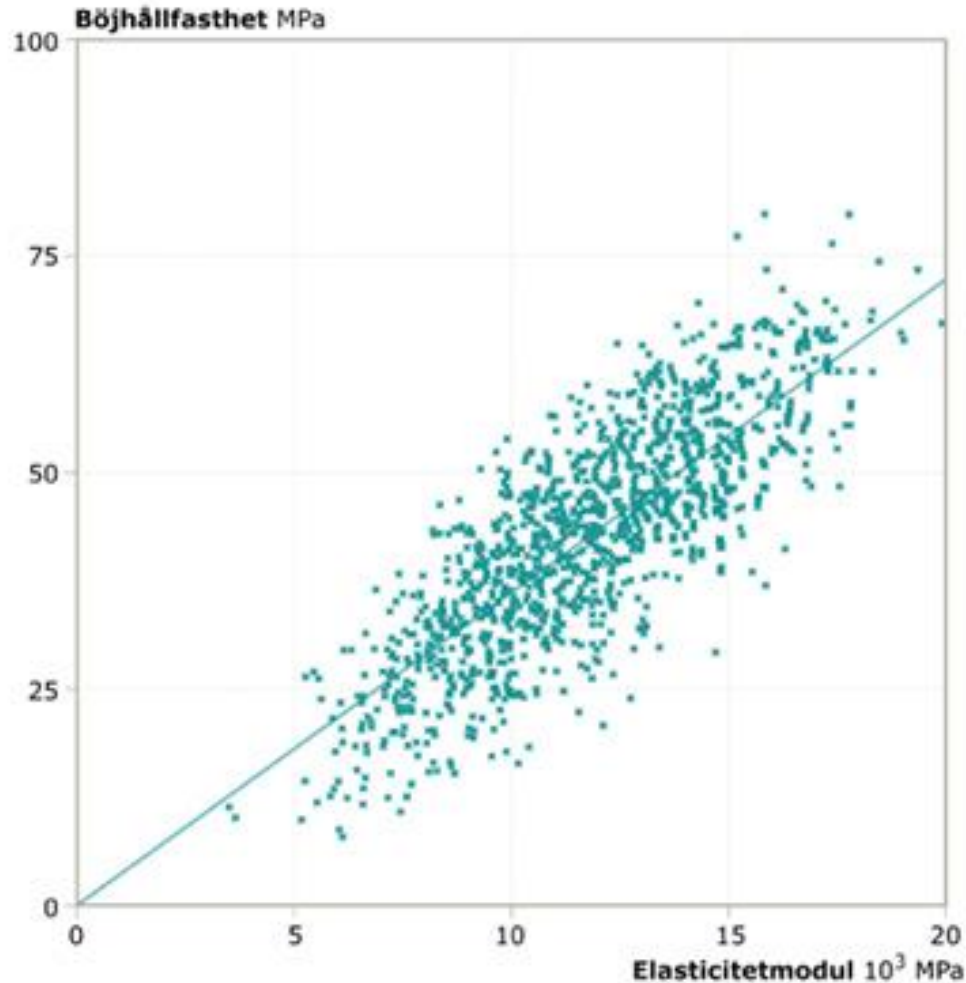
Temperatur

Tiden under belastning

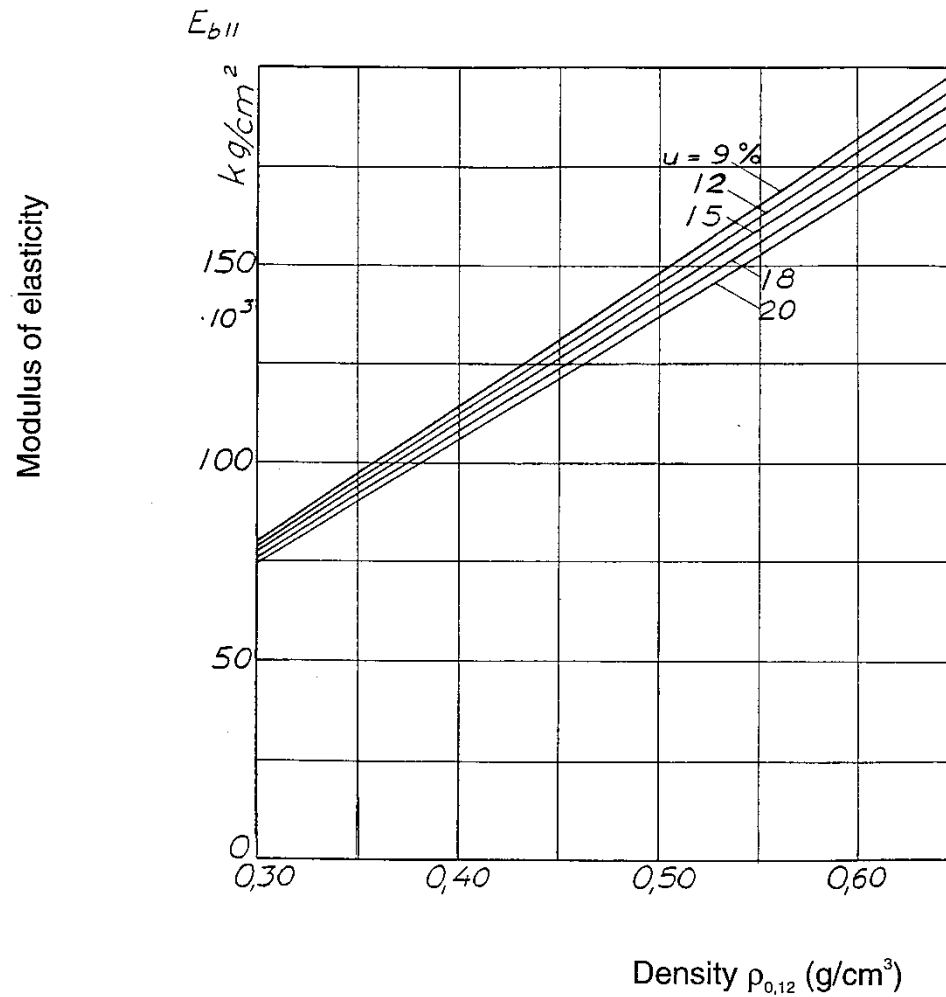
Cyklisk fukt



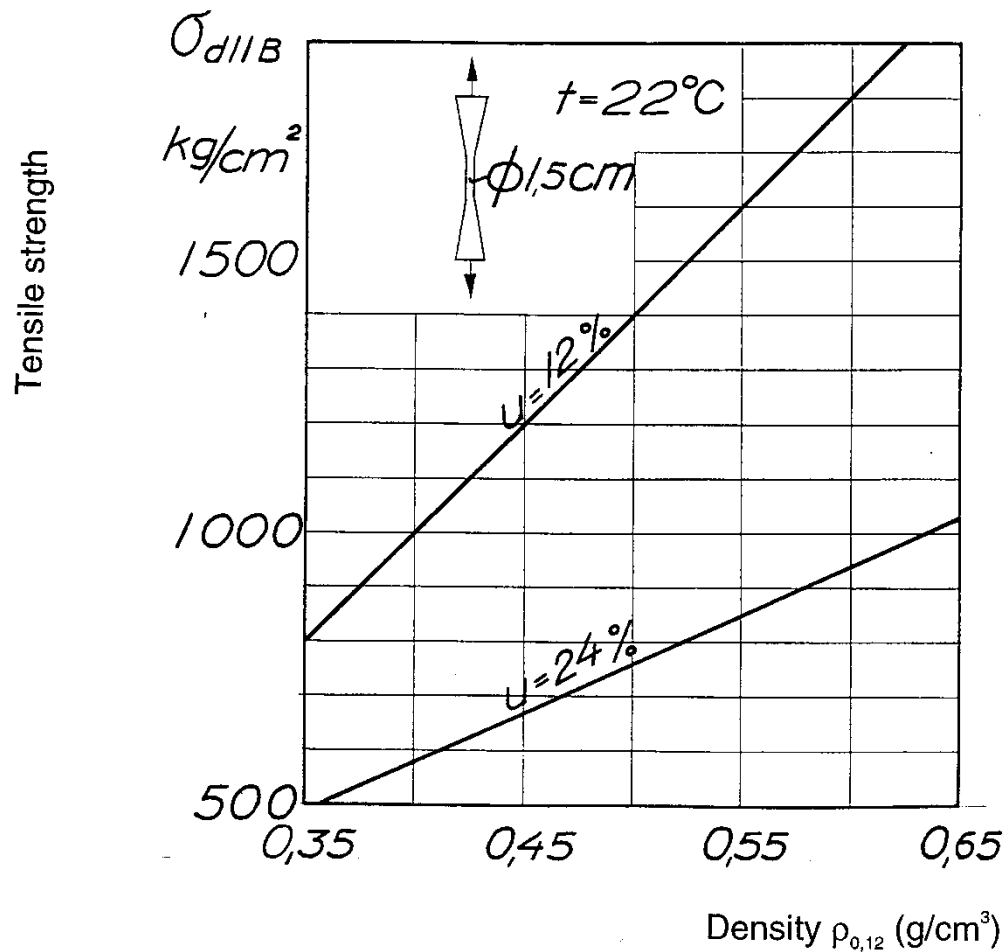
Samband mellan böjhållfasthet och elasticitetsmodul



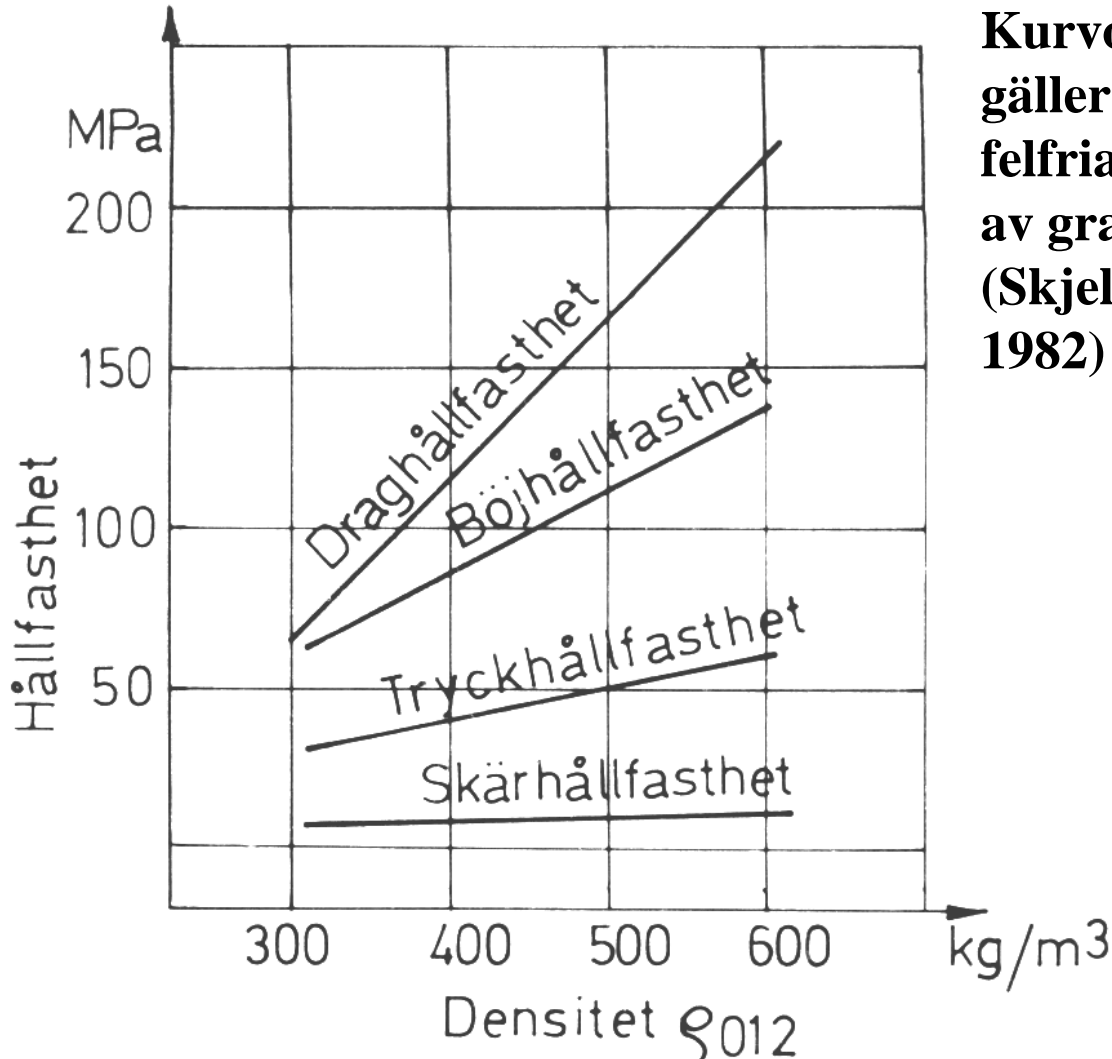
Elasticitetsmodul-densitet



Hållfasthet-densitet



Densitet och hållfasthet

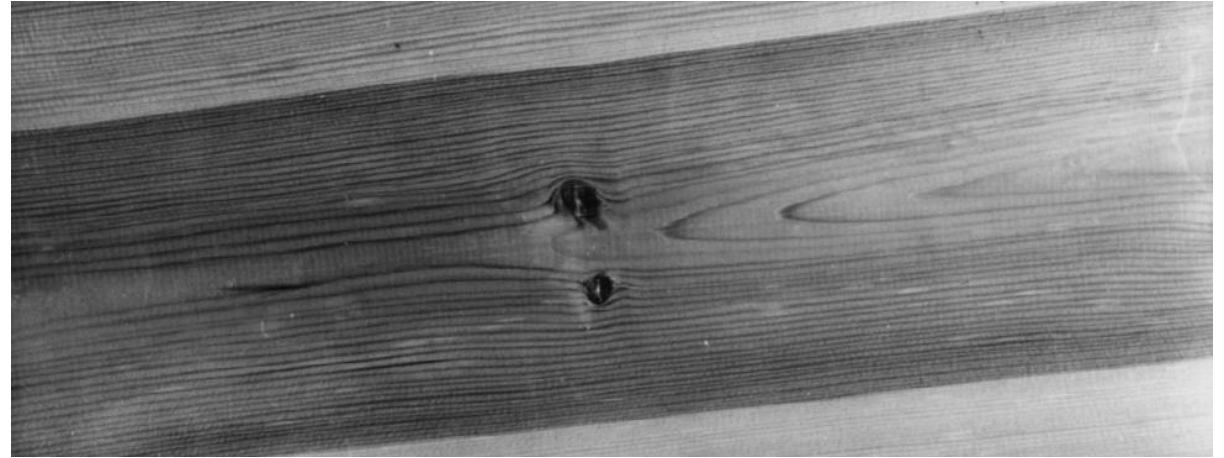
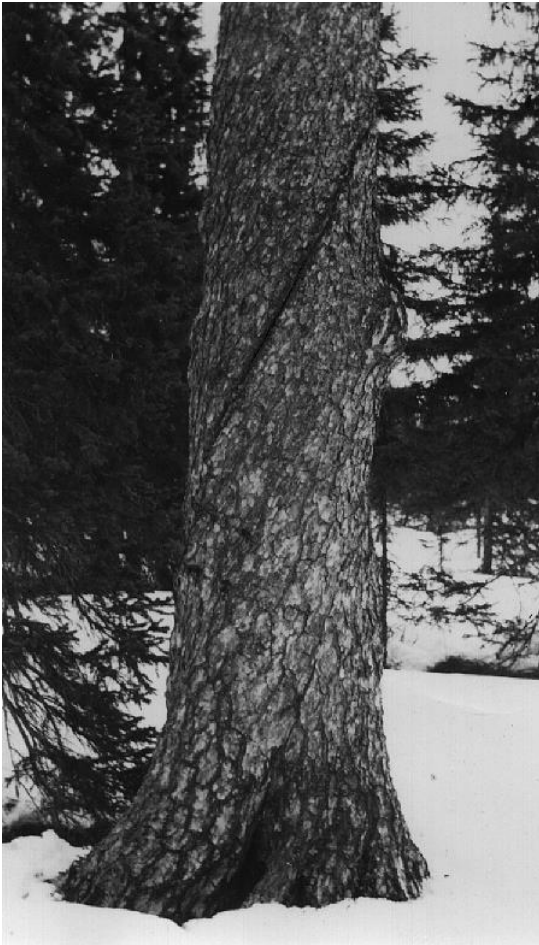


**Kurvorna
gäller små
felfria prover
av gran
(Skjelmerud
1982)**

**Specific
gravity =
densitet i
förhållande till
vattens densitet**



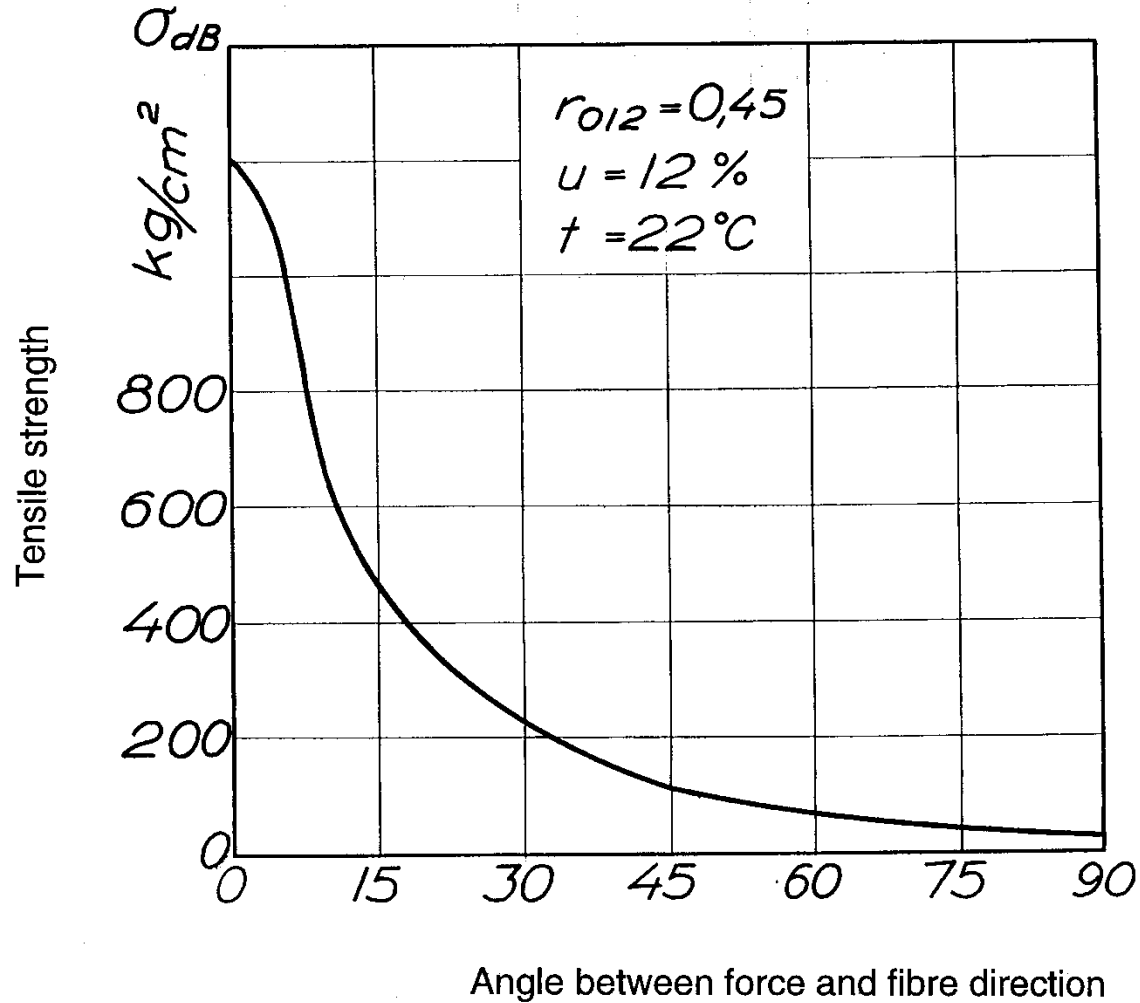
Växtvridenhet - fibervinkeln



*Elasticitetsmodulen
beror av
belastningsriktningen*



Hållfasthet-fiberriktning



Mikrostruktur

Mikrofibrillvinkel

S2

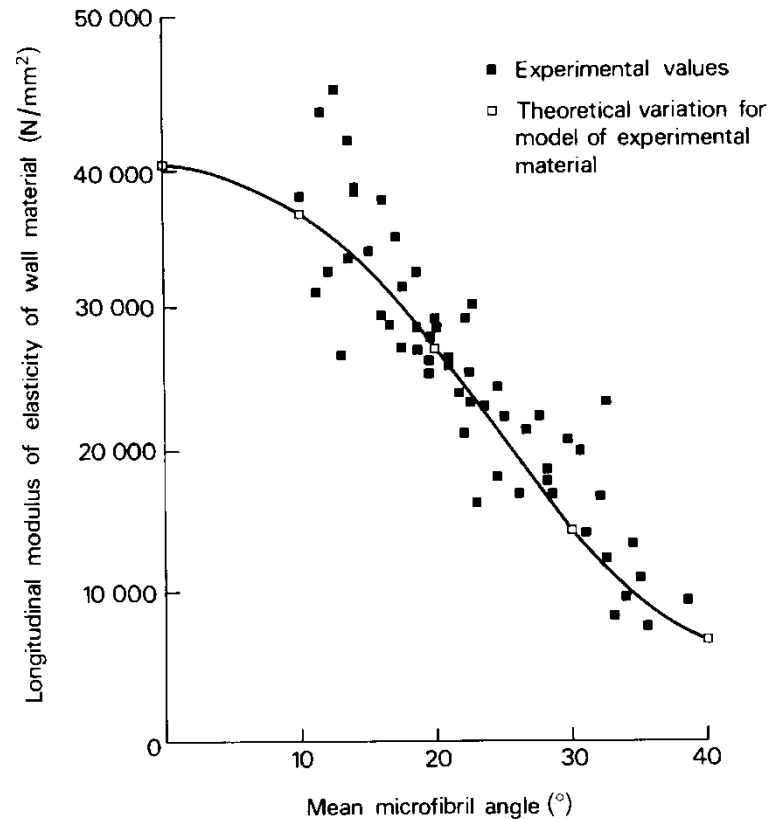
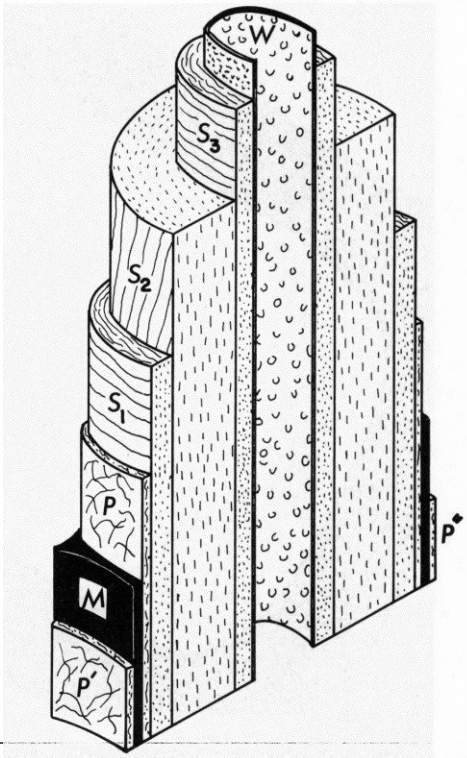
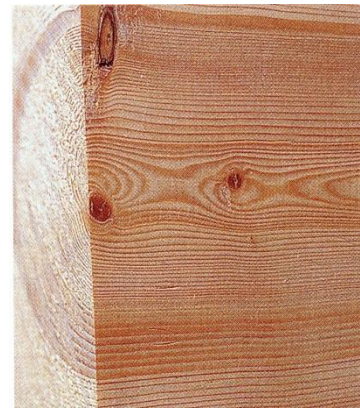


Figure 6.10 Effect of the mean microfibrillar angle of the cell wall on the longitudinal modulus of elasticity of the wall material in *Pinus radiata*. Calculated values from a mathematical model are also included. (From I. D. Cave (1968) *Wood Sci. Technol.*, 2, 268–278, reproduced by permission of Springer-Verlag.)

Reaktionsved

Träd som utsatts för dominerande vindriktning eller har växt på en sluttning. I barrträd kallas detta tryckved

Tryckved är mörkare än normal ved, innehåller mer extraktivämnen och är hårdare än normal ved



Kan påverka positivt såväl som negativt beroende på belastningsriktning



Årsringsbredd

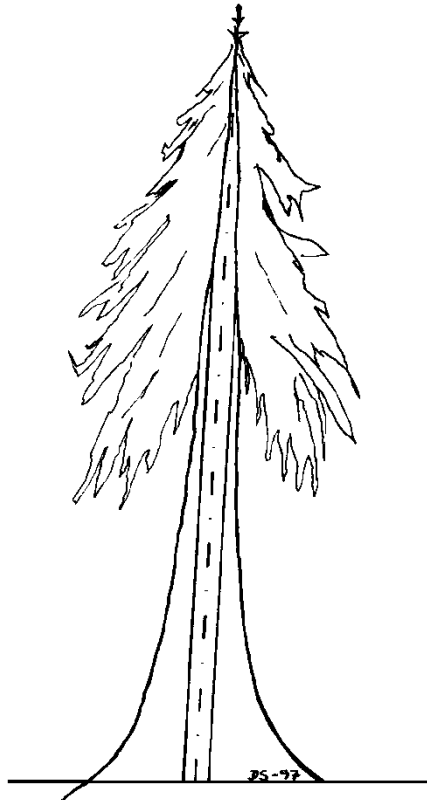
*Påverkar densiteten och därmed hållfastheten
Bestäms av tillväxthastigheten*

Men.....

Gäller dock inte alltid, vissa lövträd



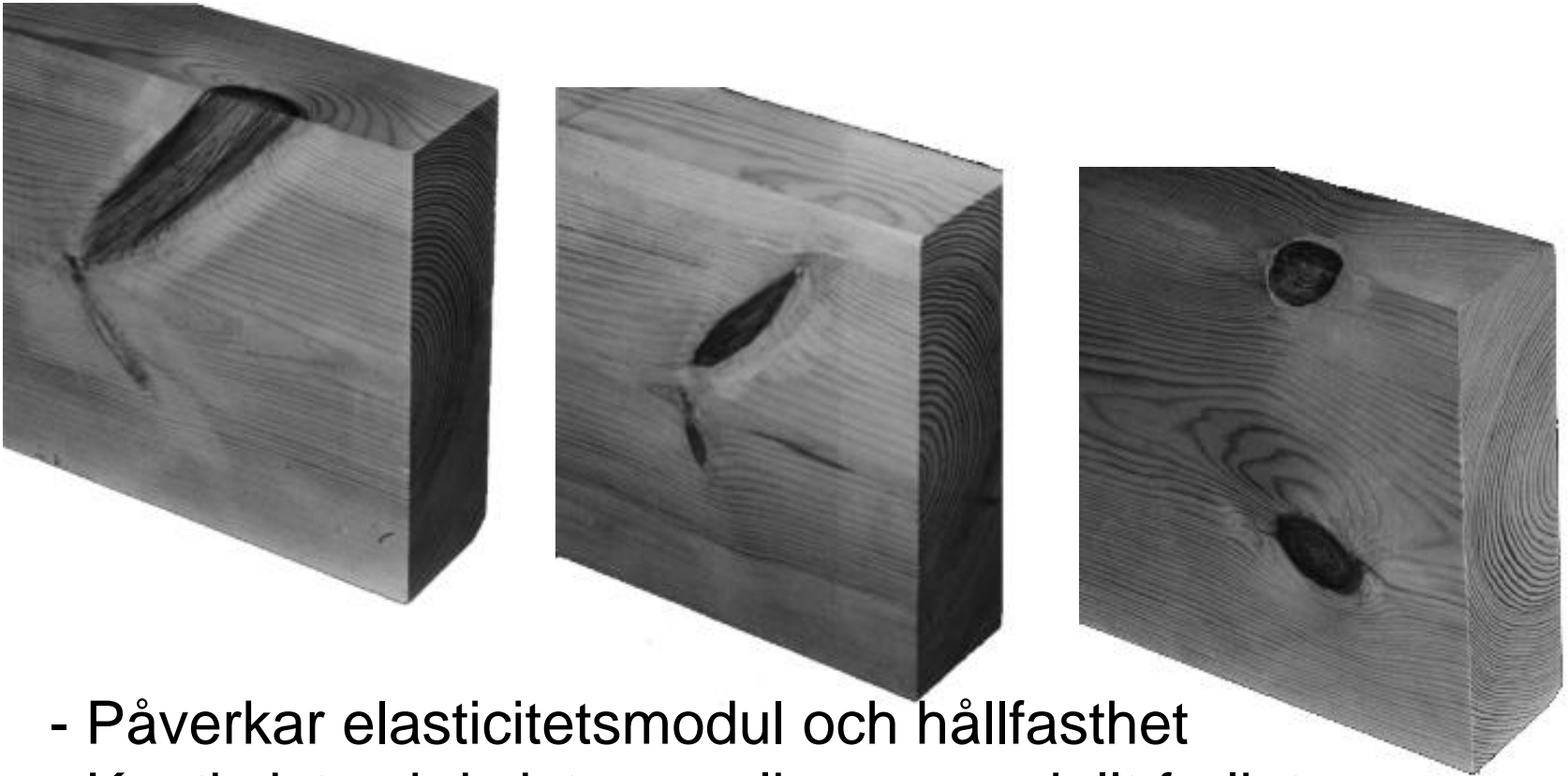
Juvenil ved



Låg densitet
Låg hållfasthet



Kvistar

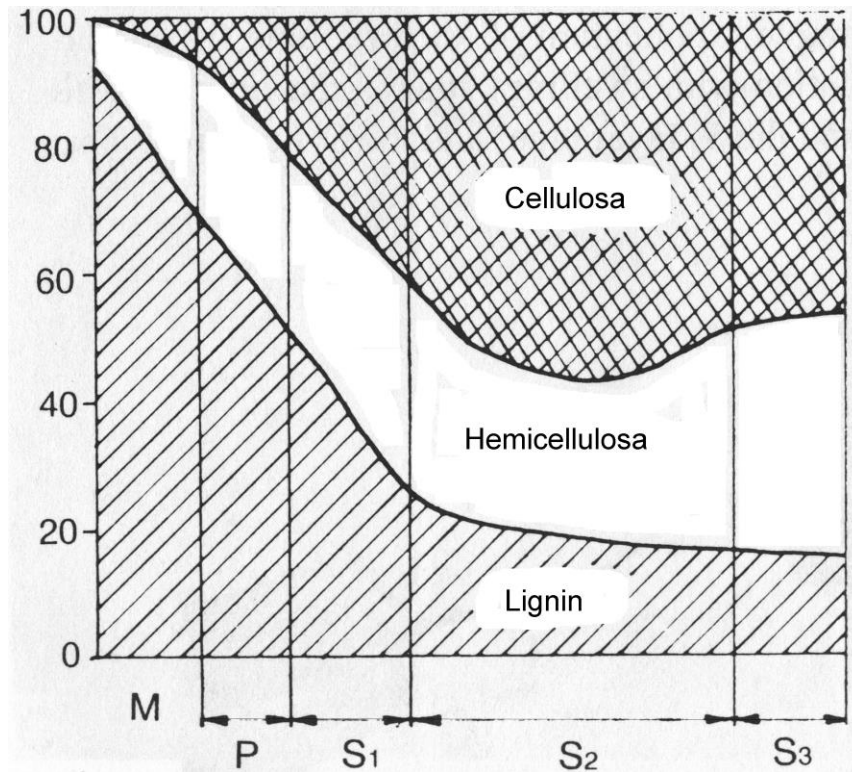


- Påverkar elasticitetsmodul och hållfasthet
- Kantkvist och kvistansamlingar speciellt farligt



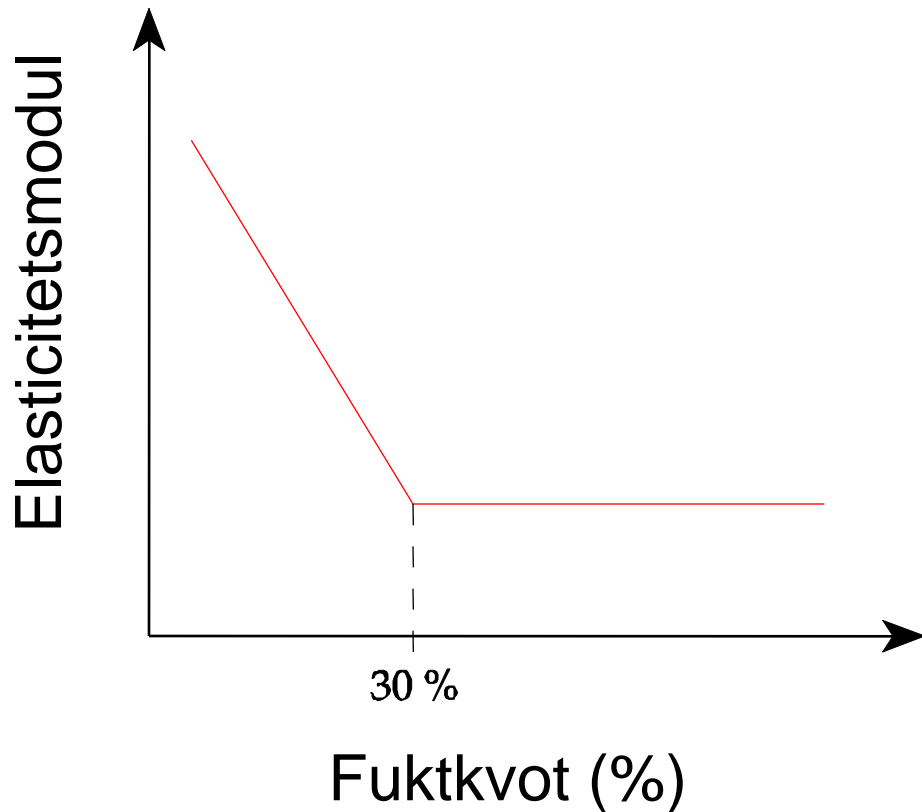
Kemisk struktur

- Hållfastheten i trä beror av samspelet mellan cellulosa, hemicellulosa och lignin.
- Cellulosan ger axiell hållfasthet i drag. Orienteringen på mikrofibrillerna i S2 lagret har stor inverkan.
- Hemicellulosan och ligninet ger elasticitet och hållfasthet i tryck.



Fuktkvot

Uttorkning av cellväggen medför att

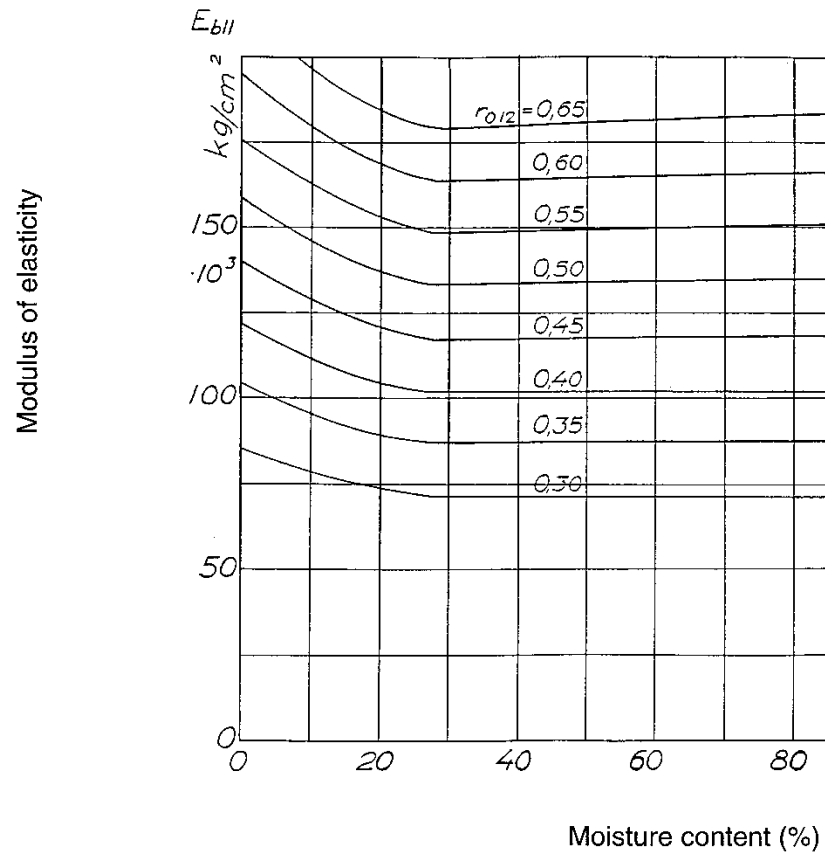


- Mikrofibrillerna kommer närmare varandra

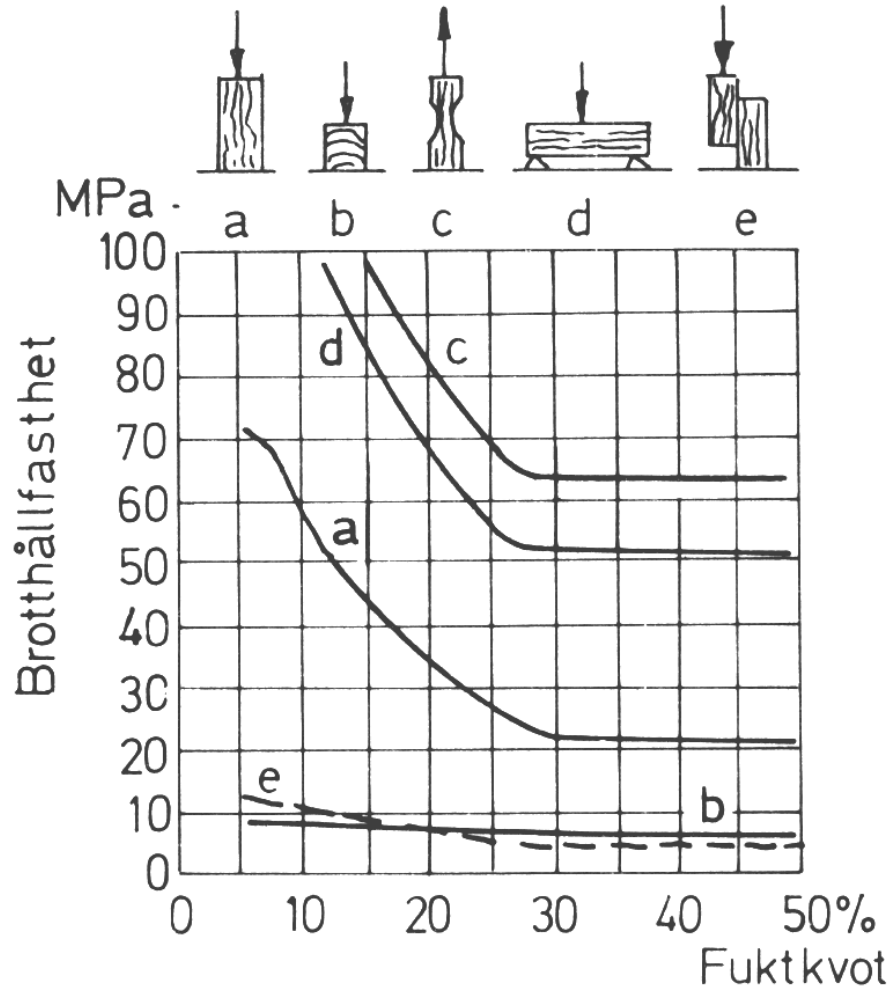
- Sammanhållande krafter ökar mellan molekylerna



Elasticitetsmodulen beror av fuktkvoten



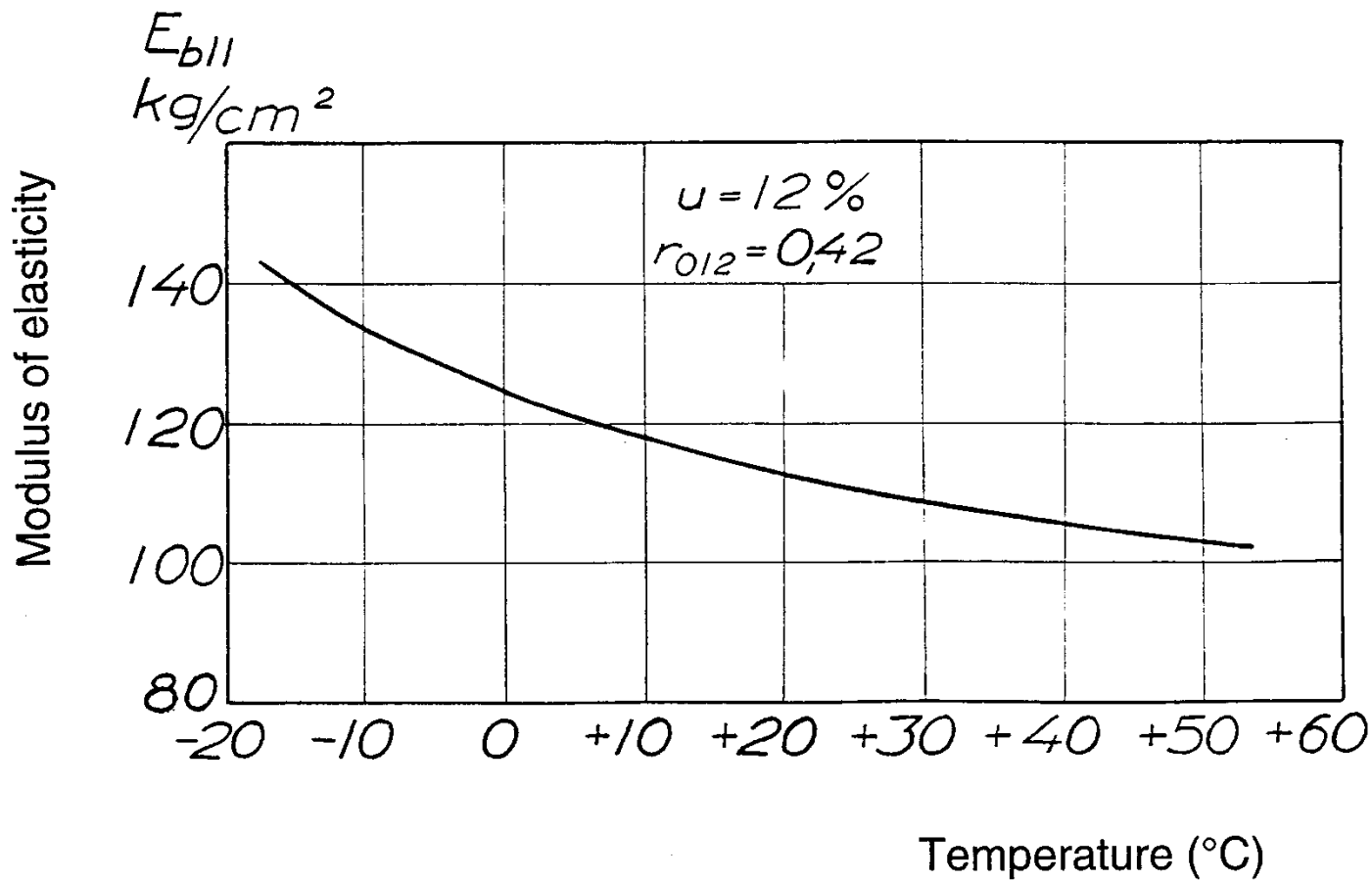
Fuktkvotens inverkan på brotthållfasthet



Kurvorna gäller små felfria prover av gran (Skjelmerud 1982)



Elasticitetsmodulen beror av temperaturen



Temperatur

Höjd temperatur leder till lägre E-modul

VARFÖR?

- *Ökning av molekylnas rörelser*
- *Mindre tät struktur*



Temperatur

Mellan $-200-200^{\circ}\text{C}$ linjärt beteende

- Under 95°C reversibelt beteende*
- Över 95°C (eller lång tid över 65°C) irreversibelt beteende
(*Thermal degradation*)*



Tabell 6.

Visuell sortering av konstruktionsvirke

Hållfasthetsklass	C30/K30	C24/K24	C18/K18	C14/K12
Visuell sortering enligt SS 23 01 20	T3-C30	T2-C24	T1-C18	T0-C14
Visuell sortering enligt SS-EN 1611-1 ("Blå boken")	—	—	—	G4-2 (B)

Tabell 7. Maskinell sortering av konstruktionsvirke

Hållfasthetsklass	C35/K35	C30/K30	C24/K24	C18/K18
SS-EN 338	C35/K35	C30/K30	C24/K24	C18/K18



Hållfasthetsortering

C16, C18, C22, C24, C30

Efter max böjspänning (N/mm^2)

Böjning högkant

Tabell 7.8



Hållfasthetsvärden - konstruktionsvirke

	Hållfasthetsklass				
	C35/K35	C30/K30	C24/K24	C18/K18	C14/K12
Hållfasthetsvärden					
Böjning parallellt fibrerna	35	30	24	18	12
Dragning parallellt fibrerna	21	20	16	11	8
Dragning vinkelrätt fibrerna	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Tryck parallellt fibrerna	30	29	23	17	14
Tryck vinkelrätt fibrerna	7	7	7	7	7
Längsskjuvning	3	3	3	3	3
Styvhetsvärden för bärförmågeberäkningar					
Elasticitetsmodul	9000	8700	6900	5100	4200
Skjuvmodul	610	600	450	350	300
Styvhetsvärden för deformationsberäkningar					
Elasticitetsmodul parallellt fibrerna	13000	12000	10500	9000	8000
Elasticitetsmodul vinkelrätt fibrerna	430	400	350	300	250
Skjuvmodul	810	80	700	600	500



Hållfasthetssortering

Visuell sortering

Maskinell sortering



Maskinell sortering

2 metoder (främst)

-Böja

-Slå

*(Även kombinationer med
optisk mätning)*



Maskinell sortering

Resonansfrekvens



Dynagrade

$$v \sim \sqrt{\frac{E}{\rho L}}$$



Kontakt

Johan Kihlgren
 Telefon 0155 559 68
 johan.kihlgren@remasawco.se

Urban Ståhl
 Telefon 0155 559 68
 urban.stahl@remasawco.se

Användarvänlig

Gränssnittet är skapat med enkelhet och överskådlighet som ledstjärna. För detta ändamål har grafik och animation använts i hög grad och med hjälp av moderna utvecklingsverktyg. Datorerna i systemet kan placeras på flera platser i verksamheten och stödjer visning på flera skärmar vilket ökar användbarheten.

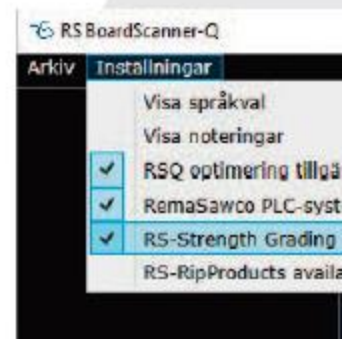
Hållfasthets

Som en helt integrerad del av konstruktionen kan en kompletterande analys och optimering installeras i konstruktionen (se även Tekniska Forskningsinstitutet). Godkända konstruktioner.



The screenshot shows the RemaSawco software interface for a project named "19x100 Furu VI Bygg xmög". The interface is divided into several sections:

- Header:** Project name "19x100 Furu VI Bygg xmög" and a note "För att ändra namn på regelansatser ändra namnet ovan och tryck på 'Spara'".
- Left Sidebar:** A menu with options: "Regelsamling", "Kvistar", "Sprickor", "Övrigt", "Geometrisk", and "Hållfasthet".
- Main Content Area:**
 - Buttons for "Diametersumma" and "Antal och storlek".
 - Section "Kvistar" with sub-sections "Yttersida", "Innersida", "Kant", and "Special".
 - Table "Antal och area" with columns for "Antal" and "area".
 - Table "Kvistbredd [yttre]" with columns for "Antal" and "Storlek [mm²]".
- Right Panel:**
 - Section "Ändrad" with date "2014-07-31 13:17:23".
 - Section "Regler" with a list of rules and their parameters.



The screenshot shows the RS BoardScanner-Q software interface. It features a menu with the following options:

- Arkiv
- Inställningar
- Visa språkval
- Visa noteringar
- RSQ optimering tillgänglig
- RemaSawco PLC-system
- RS-Strength Grading
- RS-RipProducts available

Visuell sortering

Kvistar

mängd

storlek

gruppering

Flatböj

OSV



Degradation

Biological degradation

- fungi
- insects
- bacterial

Mechanical degradation

- moisture
- temperature
- wearing
- mechanical damages

Photochemical degradation

- light



termite