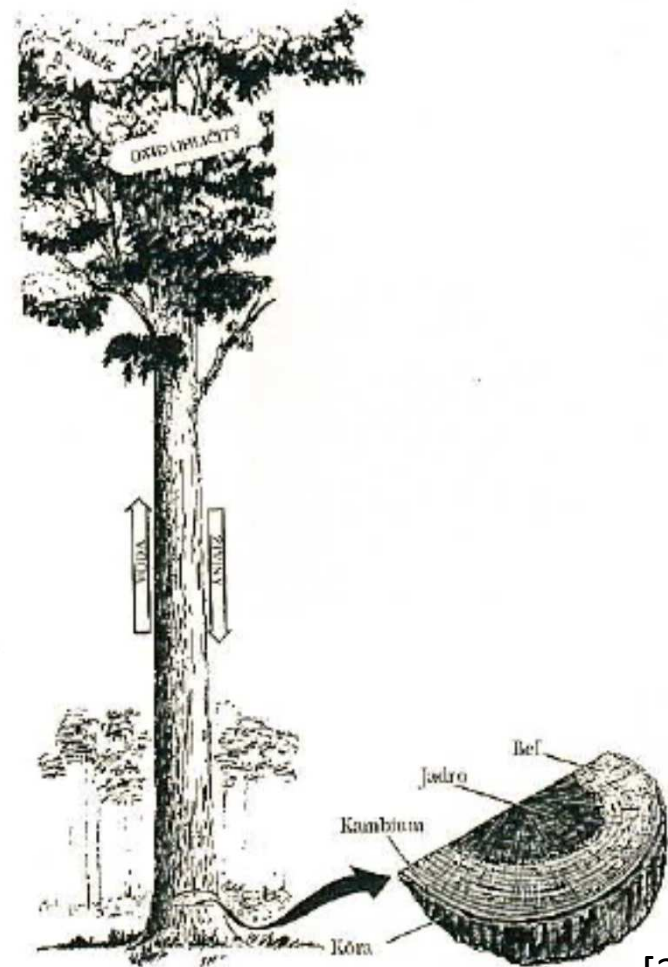


Dřevo – hlavní druhy dřeva, vlastnosti, anizotropie

Dřevo

- Dřevo je vnitřní zdřevnatělá část kmenu, větví a kořenů bez kůry a lýka.
- Strom obsahuje 70 až 90 objemových % dřeva.
- Tvorba dřevní hmoty probíhá fotosyntetickými a biochemickými reakcemi v kambiu.



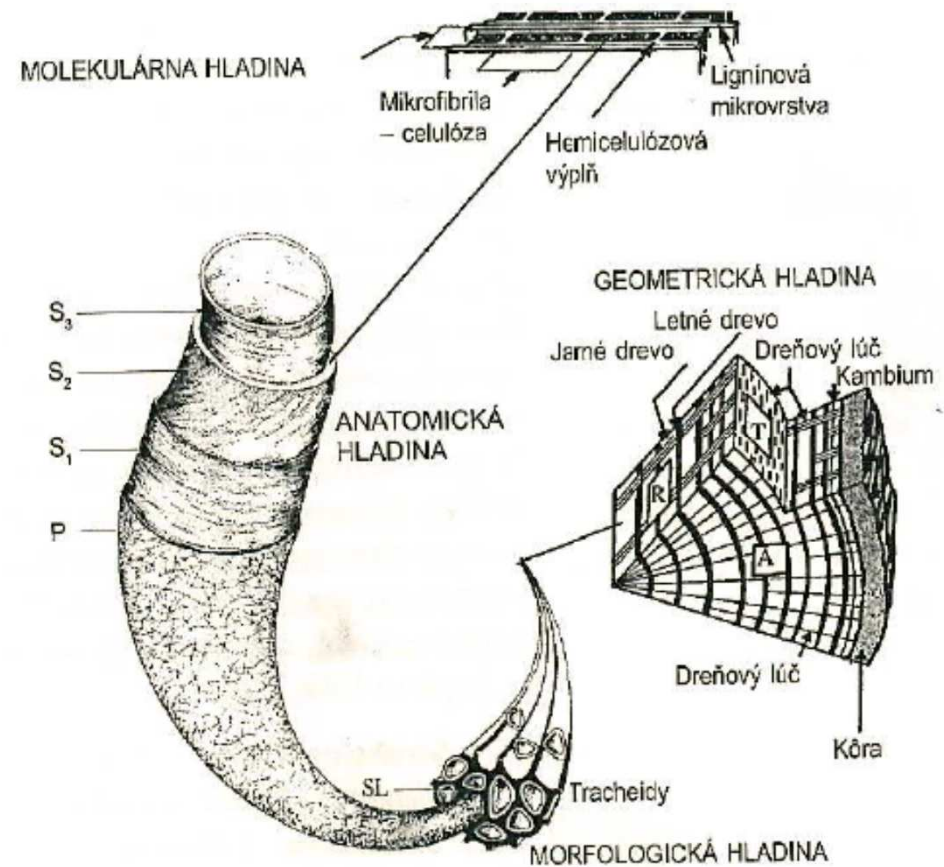
Struktura dřeva

Struktura dřeva se vyznačuje značnou nehomogenitou a anizotropií.

Struktura dřeva zásadně ovlivňuje jeho trvanlivost i fyzikálně – mechanické vlastnosti.

Zkoumání rostlého dřeva a dřevěných kompozitů probíhá ve 4 úrovních:

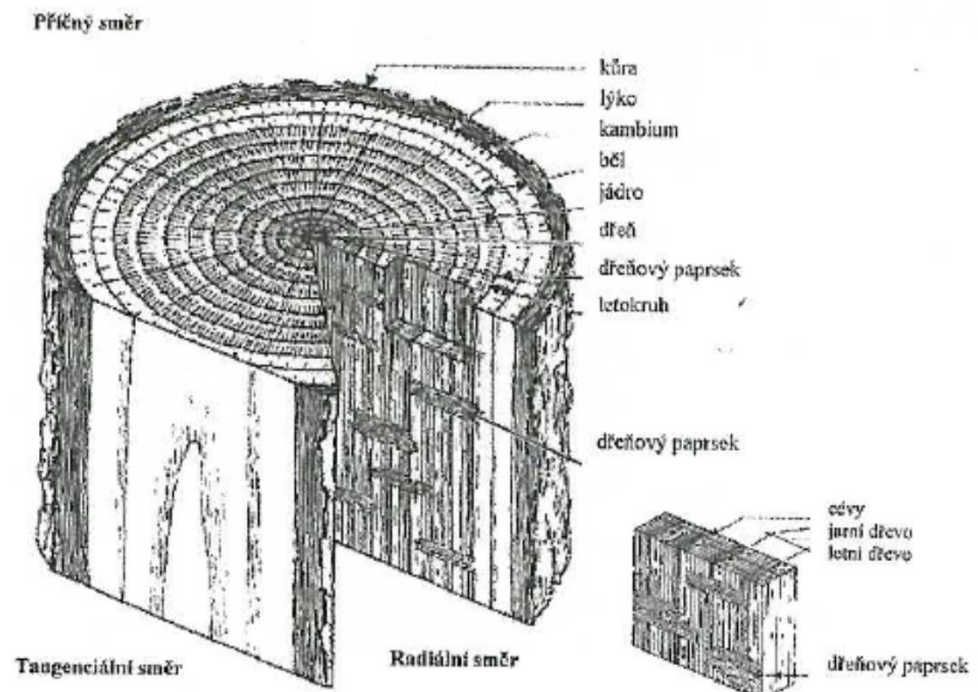
- molekulární;
- anatomické;
- morfologické;
- geometrické.



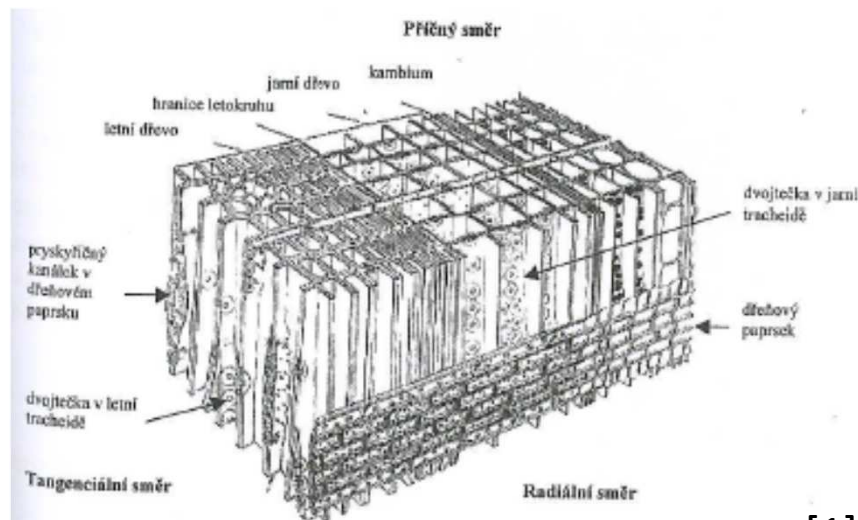
Makroskopická stavba dřeva

Definuje:

- Vnější vzhled – objem, prostorový tvar, kvalita povrchu, podíl běle a jádra, letního a jarního dřeva apod.
- Přítomnost, množství a stav makroskopických nehomogenit (suky, tlakové a tahové dřevo, živičné kanálky apod.)

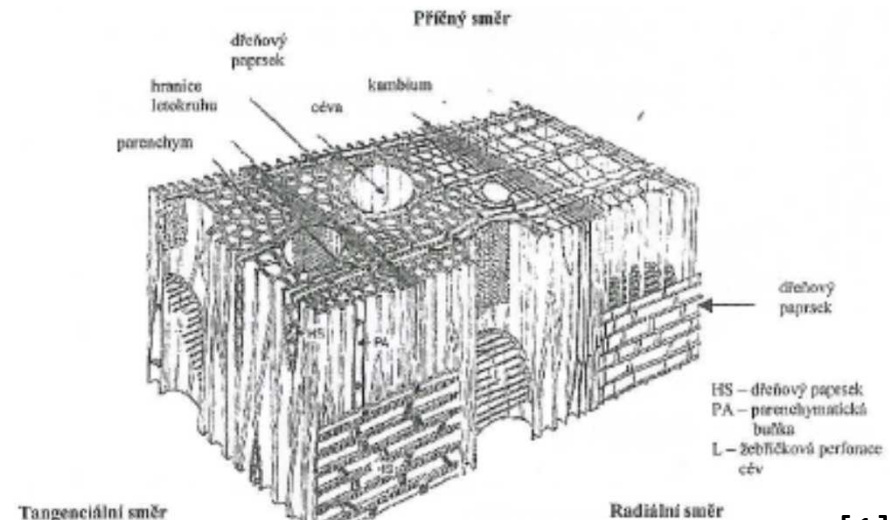


Mikroskopická stavba jehličnatého dřeva – jednodušší stavba, dva základní anatomické elementy – tracheidy a parenchymatické buňky



[1]

Mikroskopická stavba listnatého dřeva – složitější stavba, specializované anatomické elementy – cévy, tracheidy, libriformní vlákna, parenchymatické buňky atd.



[1]

Mikroskopická stavba dřeva

Hustota dřeva a dřevní hmoty

- Hustota dřevní hmoty je stejná pro všechny dřeviny, odpovídá hustotám složek dřeva cca 1500 kg.m^{-3} (celulóza 1580 kg.m^{-3} , lignin 1400 kg.m^{-3}).
- Hustota dřeva (objemová hmotnost) závisí na druhu dřeva a jeho vlhkosti, v suchém stavu se pohybuje mezi 400 až 700 kg.m^{-3} . Hustota degradované dřeva je nižší.

Dřeviny	Objemová hmotnost sušiny [kg.m^{-3}]	Příklad dřevin
Velmi lehké	< 400	vejmutovka, topol
Lehké	$400 - 500$	jedle, smrk, borovice
Mírně těžké	$500 - 600$	vrba, modřín, mahagon
Středně těžké	$600 - 700$	bříza, jasan, buk, dub
Těžké	$700 - 1000$	akát, habr
Velmi těžké	> 1000	eben

Mechanické vlastnosti

- Dřevo je lehký a pružný materiál, který obvykle dobře odolává působícímu zatížení.
- Mechanickými vlastnostmi rozumíme vlastnosti dřeva z hlediska pevnosti a pružnosti.
- Mechanické vlastnosti jsou ovlivněny konstrukčním rozměrem prvku, hustotou, vlhkostí a vadami dřeva, dobou trvání zatížení.
- Charakteristická je především anizotropie (3 směry).
- Nejvýhodnější u dřeva je jeho značná pevnost v tahu ve směru vláken a v ohybu.
- Jako materiál vláknitý je charakteristický lepšími pevnostními vlastnostmi ve směru vláken než ve směru kolmém na vlákna.
- Systém tříd pevnosti dřeva pro stavební konstrukce je uveden v ČSN EN 338.

Třídy pevnosti dle ČSN 73 2824-1 (ČSN 49 1531-1, ČSN EN 338)

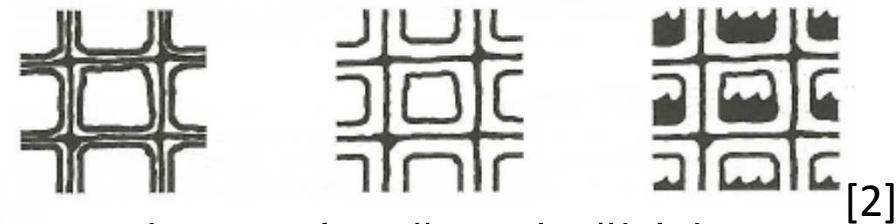
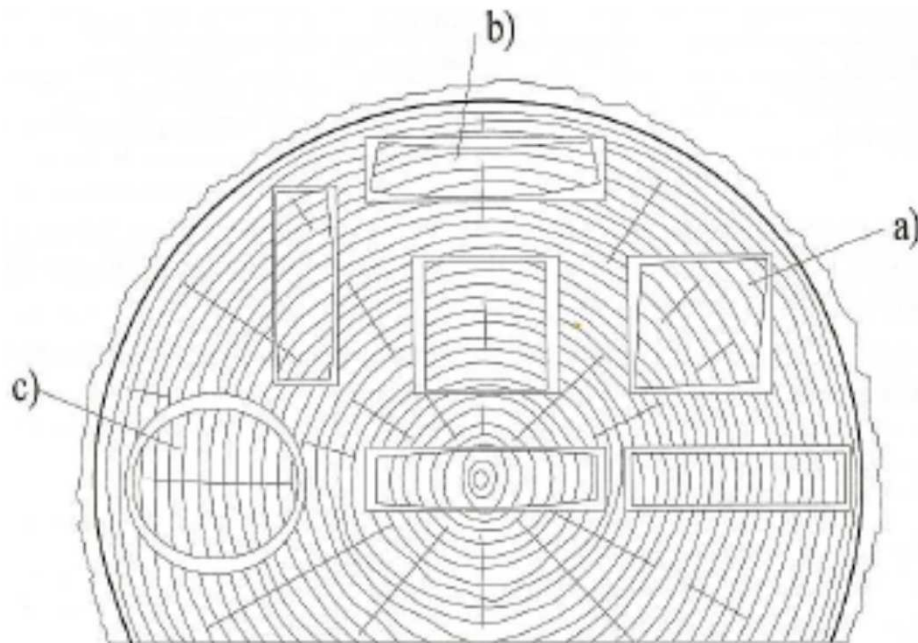
		Jehličnaté dřeviny (smrk, jedle, borovice, modřín)		
		S13 (S0), C30	S10 (SI), C24	S7 (SII), C16
Ohyb	$f_{m,k}$	30	24	16
Tah	$f_{t,0,k}$	18	14	10
	$f_{t,90,k}$	0,6	0,5	0,5
Tlak	$f_{c,0,k}$	23	21	17
	$f_{c,90,k}$	2,7	2,5	2,2
Smyk	$f_{v,k}$	3,0	2,5	1,8
Modul pružnosti E	$E_{0,mean}$	12000	11000	8000
	$E_{0,05}$	8000	7400	5400
	$E_{90,mean}$	400	370	270
Modul pružnosti G	G_{mean}	750	690	500
Hustota	ρ_k	380	350	310
	ρ_{mean}	460	420	370

Vlhkostní vlastnosti dřeva

- Vlhkost je definována jako hmotnost vody ve dřevě, vyjádřená v procentech hmotnosti dřeva vysušeného do konstantní hmotnosti při $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Voda se ve dřevě vyskytuje jako hygroskopicky vázaná (ve stěnách buněk) nebo volná (mimo stěny buněk).
- Bod nasycení vláken dle dřeviny 25 až 30%, odpovídá nasycení buněčných stěn vodou.
- Přirozeně vyschlé dřevo má nenulovou vlhkost (obvykle $< 20\%$), jež závisí na teplotě a vlhkosti prostředí.
- Vlhkost čerstvě pokáceného dřeva je 40 až 170%.

Vlhkostní objemové změny

Mezi objemové deformace doprovázející změny vlhkosti řadíme sesychání (zmenšení rozměrů vlivem poklesu vlhkosti) a bobtnání (zvětšení rozměrů vlivem nárůstu vlhkosti). Jejich hodnoty se liší v jednotlivých směrech.



Objemové změny v buňkách dřeva vlivem hygroskopicky vázané a volné vody.

Tvarové změny řeziva vlivem sesychání dřeva

- a) Kosočtverečná
- b) Konkávní
- c) Eliptická.

[2]

Přirozená trvanlivost dřeva

- Trvanlivost dřeva závisí na prostředí, kde je prvek umístěn, a druhu dřeviny.
- Obecně je trvanlivost dřeva s temnějším jádrem vyšší než u dřevin s jádrem světlým nebo nevýrazným.
- Snížení trvanlivosti zapříčiňuje zejména kolísavá vlhkost a kontakt s půdou. Hodnoty v tabulce uvádí trvanlivost dřeva uloženého na vzduchu bez styku s půdou.

Druh dřeva	Průměrná trvanlivost v letech
buk	5 až 95
borovice	90 až 120
dub	100 až 200
modřín	90 až 120
smrk	50 až 75

Zjišťování vlastností dřeva

- **Malá bezvadná tělíška slouží k určení pevnosti pouze dřevní hmoty listnatých dřevin, pevnost konstrukčního dřeva musí být redukována možnými růstovými vadami.**
- Konstrukční dřevo slouží ke stanovení pevnosti a modulu pružnosti (zkoušky dle ČSN EN 408), zkoumají se také způsoby porušení hmoty.
- Konstrukčním tělesem rozumíme řezivo konstrukčních rozměrů při reálných podmínkách zatěžování.

Mechanické zkoušky - zatěžování

Podle druhu namáhání rozeznáváme pevnost v:

- tahu;
- tlaku;
- smyku;
- ohybu;
- vzpěru.

ZKOUŠENÍ MALÝCH BEZVADNÝCH TĚLÍSEK DŘEVA

Normové podklady

- ČSN 49 0108 Drevo. Zisťovanie hustoty.
- ČSN 49 0110 Drevo. Medza pevnosti v tlaku v smeru vlákien.
- ČSN 49 0112 Drevo. Tlak naprieč vlákien.
- ČSN 49 0115 Drevo. Zisťovanie medze pevnosti v statickom ohybe.

Před zkouškou

- Klimatizování zkušebních těles v laboratoři
- Stanovení rozměrů klimatizovaných zkušebních těles s přesností 1%
- Stanovení vlhkosti zkušebních těles (možné provést i po provedení zkoušky).
- Stanovení hustoty dřeva zkušebních těles

Měření vlhkosti dřeva



- Měření je prováděno, co nejblíže místu porušení tělesa.
- Podle normy ČSN EN 13183-2.
- Založeno na rozdílné elektrické vodivosti dřeva o různé vlhkosti.
- V praxi se často používá hrotový vlhkoměr.

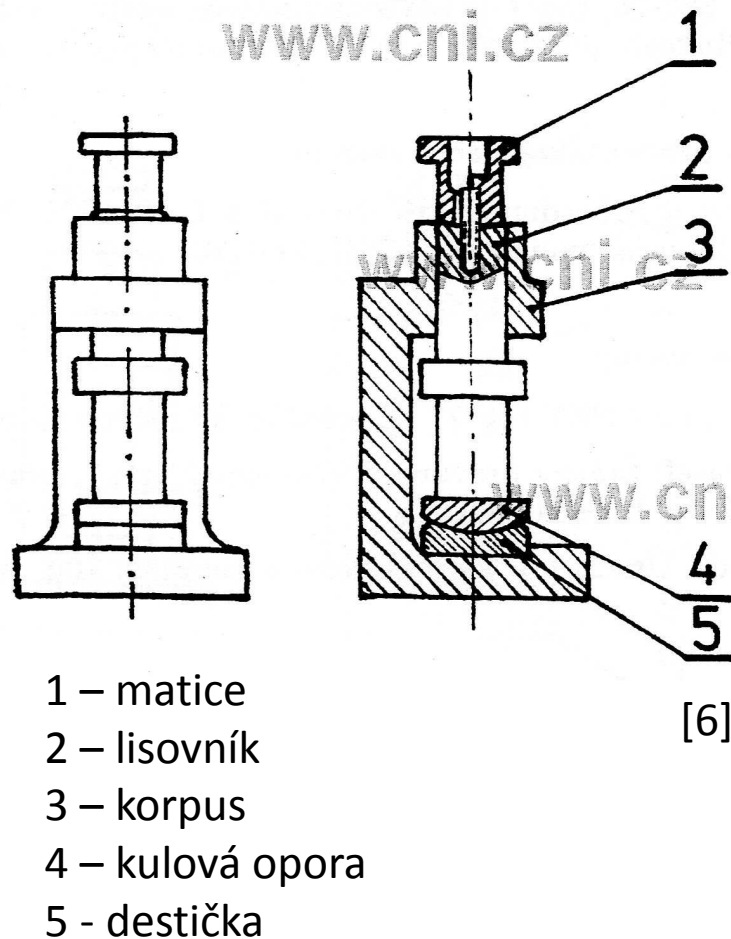
Stanovení hustoty dřeva

- Stanovení hustoty dle ČSN 49 0108
- Provádí se na tělesech s příčnými rozměry 20 x 20 mm a s délkou vláken (25±5) mm – v rámci cvičení bude stanovena na tělesech pro tlakové zkoušky.
- Principem je měření rozměrů a vážení tělesa s přirozenou vlhkostí w , čímž získáme objem V a hmotnost m :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

- Nejčastěji rozlišujeme tři různé hustoty dřeva v závislosti na vlhkosti:
 - Hustota dřeva v suchém stavu – hmotnost objemové jednotky zcela vysušeného dřeva ($w=0\%$)
 - Hustota dřeva při vlhkosti 12%
 - **Hustota dřeva při vlhkosti w – hmotnost objemové jednotky dřeva při vlhkosti $w>0\%$**

Stanovení pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny



- Podstatou metody je zjištění maximálního zatížení, porušujícího zkušební těleso v tlaku podél vláken a výpočet napětí při tomto zatížení.
- Tělesa ve tvaru pravoúhlého hranolu se základnou 20 x 20 mm a délkou ve směru vláken 30 mm.
- Ve středu délky tělesa se stanoví příčné rozměry s přesností na 0,1 mm.

Stanovení pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny

- Zatěžování se provádí konstantní rychlostí bez vyvození ohybu.
- Maximální zatížení F_{\max} nastane v intervalu (60 ± 30) s a je změřeno s přesností na 1%.
- Nezbytný je záznam charakteru poškození a růstových vad v místě porušení.
- Pevnost se zaokrouhlí na 0,5 MPa.
- Pevnost lze přepočítat na vlhkost 12%.

$$\sigma_w = \frac{F_{\max}}{a \cdot b}$$
$$\sigma_{12} = \sigma_w \cdot (1 + \alpha \cdot (w - 12))$$

F_{\max} největší zatížení [N]
 a, b rozměry průřezu vzorku [mm]
 W vlhkost dřeva [%]
 α opravný vlhkostní koeficient –
pro všechny dřeviny 0,04

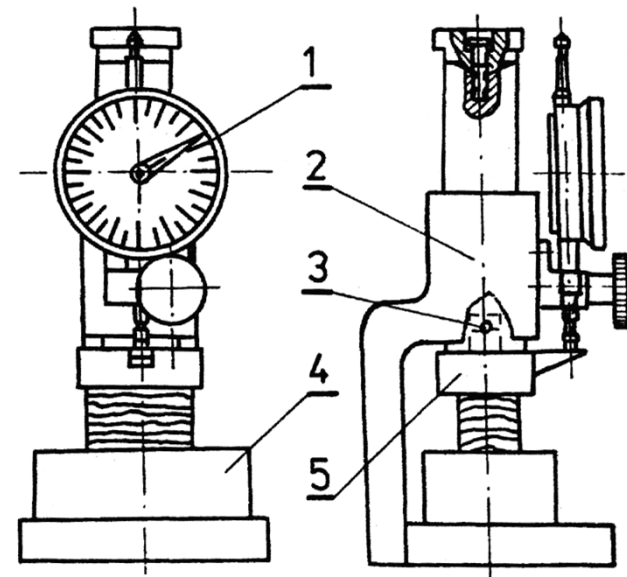
Stanovení pevností v tlaku kolmo k vláknům

- Podstatou metody je zjištění konvenční (smluvní) meze pevnosti (meze úměrnosti), v tlaku napříč vláken v radiálním nebo tangenciálním směru z deformace dřeva způsobené tlakem na celou plochu nebo část tělesa.
- Do smluvní meze pevnosti se dřevo chová pružně, nad tuto mez vznikají trvalé deformace, které jsou považovány již za porušení tělesa. Sílu odpovídající konvenční pevnosti je nutné odečíst předepsaným způsobem z diagramu.
- Zkušební tělesa se vyrábějí se základnou 20 x 20 mm a délkou podél vláken 30 mm nebo 60 mm (těleso by mělo obsahovat alespoň 5 letokruhů).
- Šířku tělesa měříme v ose symetrie s přesností na 0,1 mm. S přesností na 0,1 mm měříme také jeho délku.

Stanovení pevností v tlaku kolmo k vláknům

- Zkušební těleso se vloží do přístroje tangenciálním nebo radiálním směrem (viz. obrázek) vzhůru a zatěžuje se tlakem.
- Zkušební těleso plynule zatěžujeme, přičemž zaznamenáváme ve stejných intervalech deformace s přesností na 0,01 mm.
- Interval musí být alespoň 1/10 konvenční meze (interval přírůstku zatížení pro měkké dřeviny 400 N a pro tvrdé 400 N).
- Pokračujeme do překročení konvenční meze (zvýšení rychlosti deformace), které musíme dosáhnout do (90 ± 30) s.

1 – číselníkový úchylkoměr
2 – stojan
3 – čep
4 – podpěra
5 – tlačný trn



[7]

Stanovení pevností v tlaku kolmo k vláknům

- Zatížení odpovídající konvenční mezi pevnosti zjistí z diagramu „zatížení – deformace“.
- Na křivce se nalezne dotkový bod tečny, která s osou zatížení svírá úhel, pro nějž platí:

$$\operatorname{tg} \gamma = 1,5 \cdot \operatorname{tg} \beta$$

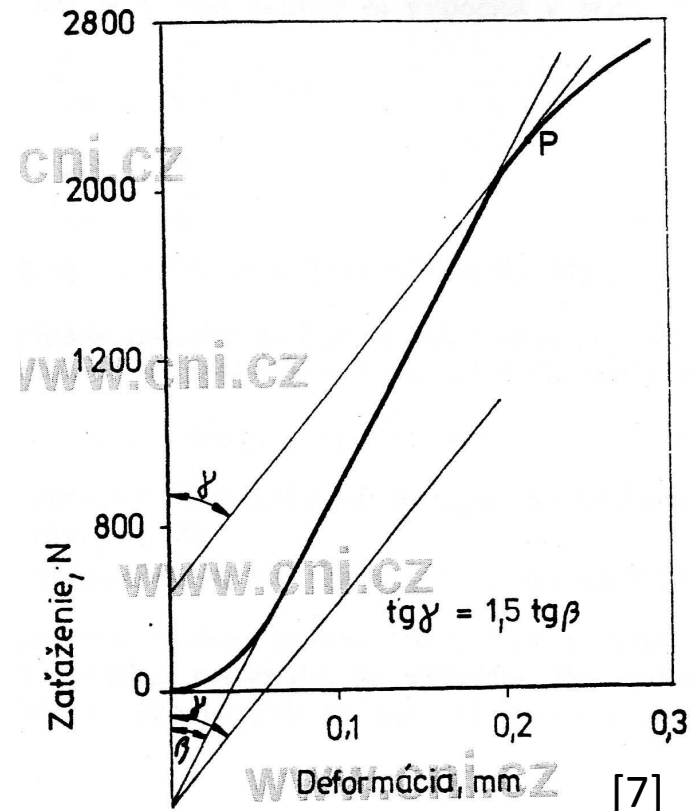
- Výsledné napětí se vypočítá pro zatížení odpovídající uvedenému bodu dle vztahu:

$$\sigma_{kw}^{t(r)} = \frac{F}{a \cdot l}$$

- Konvenčně stanovenou mez pevnosti lze přepočíst i na 12% vlhkost:

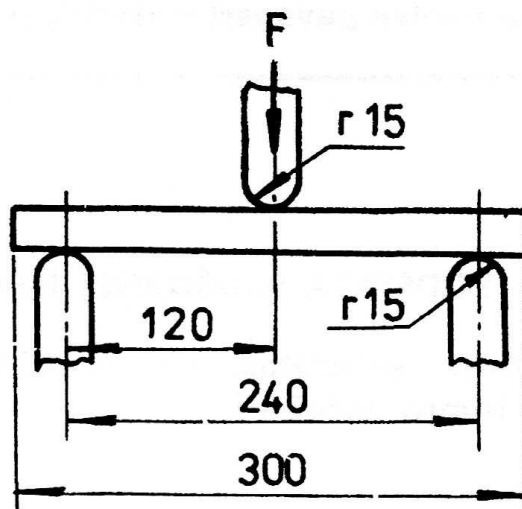
$$\sigma_{k12} = \sigma_{kw} \cdot (1 + \alpha \cdot (w - 12))$$

- Pevnost zaokrouhlujeme na 0,1 MPa.



$F_{c,90,max}$ největší tlakové zatížení odpovídající konvenční mezi pevnosti [N]
 a šířka zkušebního tělesa [mm]
 l délka zkušebního tělesa [mm]
 W vlhkost dřeva [%]
 α opravný vlhkostní koeficient – pro všechny dřeviny 0,035

Stanovení pevnosti ve statickém ohybu



[8]

- Podstatou metody je zjištění maximálního zatížení, porušujícího zkušební těleso ve statickém ohybu a výpočet napětí při tomto zatížení.
- Tělesa ve tvaru pravoúhlého hranolu se základnou 20 x 20 mm a délkou ve směru vláken 300 mm.
- Ve středu délky tělesa se stanoví příčné rozměry s přesností na 0,1 mm.

Stanovení pevnosti ve statickém ohybu

- Zatěžování se provádí konstantní rychlostí.
- Maximální zatížení F_{\max} nastane v intervalu (90 ± 30) s a je změřeno s přesností na 1%.
- Nezbytný je záznam charakteru poškození a růstových vad v místě porušení.
- Pevnost se zaokrouhlí na 1 MPa.
- Pevnost lze přepočítat na vlhkost 12%.

$$\sigma_w = \frac{3 \cdot F_{\max} \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

$$\sigma_{12} = \sigma_w \cdot (1 + \alpha \cdot (w - 12))$$

F_{\max} největší zatížení [N]

L vzdálenost mezi středy podpor [mm]

h výška zkušebního tělesa [mm]

b šířka zkušebního tělesa [mm]

W vlhkost dřeva [%]

α opravný vlhkostní koeficient – pro všechny dřeviny 0,04

Použité zdroje

- [1] [1] KOLEKTIV AUTORŮ – VYBRANÉ KAPITOLY K TÉMATU PÉČE O STAVEBNÍ A UMĚLECKÉ PAMÁTKY II. DÍL, PRAHA : IDEA SERVIS, 2008, ISBN 978-80-85970-62-3
- [2] KUKLÍK, P. DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE, PRAHA: ČKAIT, 2005, ISBN 80-86769-72-0
- [3] REINPRECHT, L. OCHRANA DREVA, ZVOLEN: TU ZVOLEN, 2004, ISBN 978-80-228-1863-6
- [4] SVOBODA, L. A KOL. STAVEBNÍ HMOTY, BRATISLAVA: JAGA, 2008, ISBN 80-8076-007-1
- [5] ČSN 49 0108 Drevo. Zisťovanie hustoty.
- [6] ČSN 49 0110 Drevo. Medza pevnosti v tlaku v smeru vlákien.
- [7] ČSN 49 0112 Drevo. Tlak naprieč vlákien.
- [8] ČSN 49 0115 Drevo. Zisťovanie medze pevnosti v statickom ohybe.