

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.

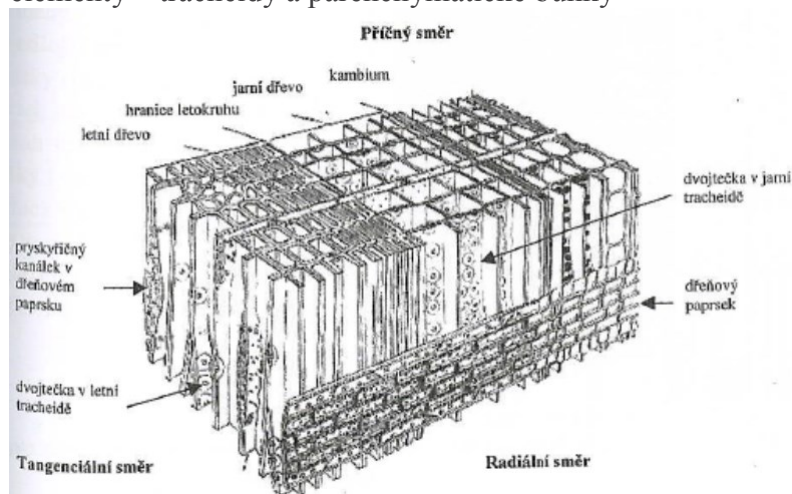
Makroskopická stavba dřeva

Definuje:

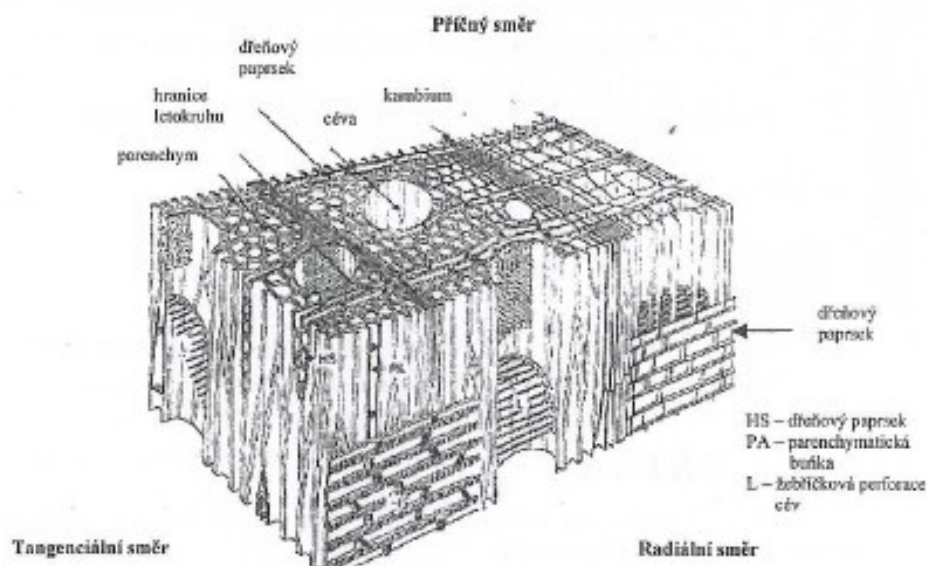
- Vnější vzhled – objem, prostorový tvar, kvalita povrchu, podíl běle a jádra, letního a jarního dřeva apod.
- Přítomnost, množství a stav makroskopických nehomogenit (suky, tlakové a tahové dřevo, živичné kanálky apod.)

Mikroskopická stavba dřeva

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



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



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.

	Objemová hmotnost sušiny $[\text{kg.m}^{-3}]$	Příklad dřevin
Velmi lehké	< 400	vejmutovka, topol
Lehké	400 – 500	Dřeviny
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

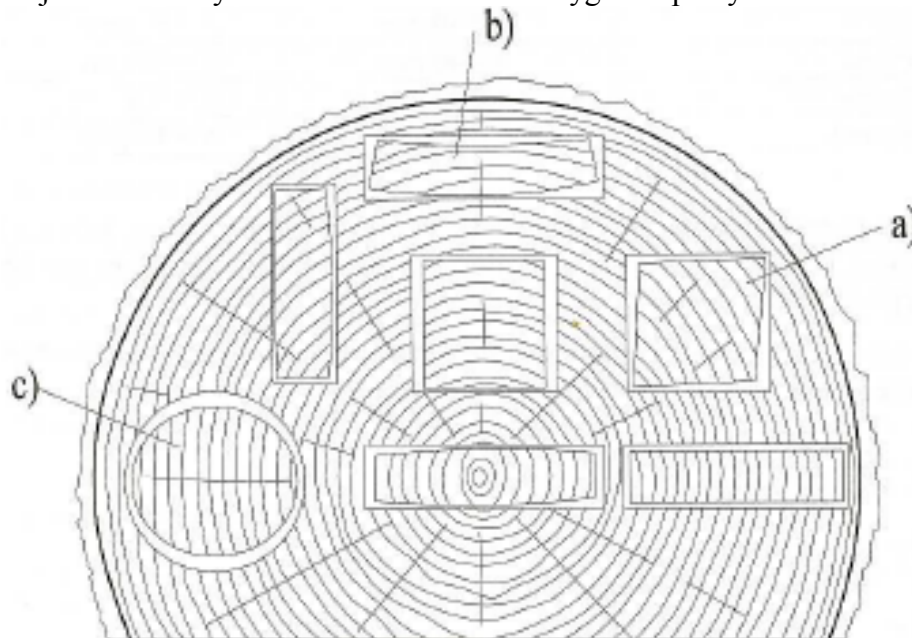
- Vlhkost je definována jako hmotnost vody ve dřevě, vyjádřená v procentech hmotnosti dřeva vysušeného do konstantní hmotnosti při $103 \pm 2^\circ\text{C}$.
- Voda se ve dřevě vyskytuje jako hygroskopicky vázaná (ve stěnách buněk) nebo volná (mimo stěny buněk).
- Bod nasycení vláken dle dřeviny 25 až 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.

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 tělíska 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.
- Směry zkoušení vlastností dřeva:



Zkoušení malých bezvadných tělísek dřeva

Normové podklady

- ČSN 49 0108 Dřevo. Zisťovanie hustoty.
- ČSN 49 0110 Dřevo. Medza pevnosti v tlaku v smeru vláknien.
- ČSN 49 0112 Dřevo. Tlak naprieč vláknien.
- ČSN 49 0115 Dřevo. Zisťovanie medze pevnosti v statickom ohybe.
- ČSN 49 0117 Dřevo. Rázová húževnatosť v 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 nejbližší 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

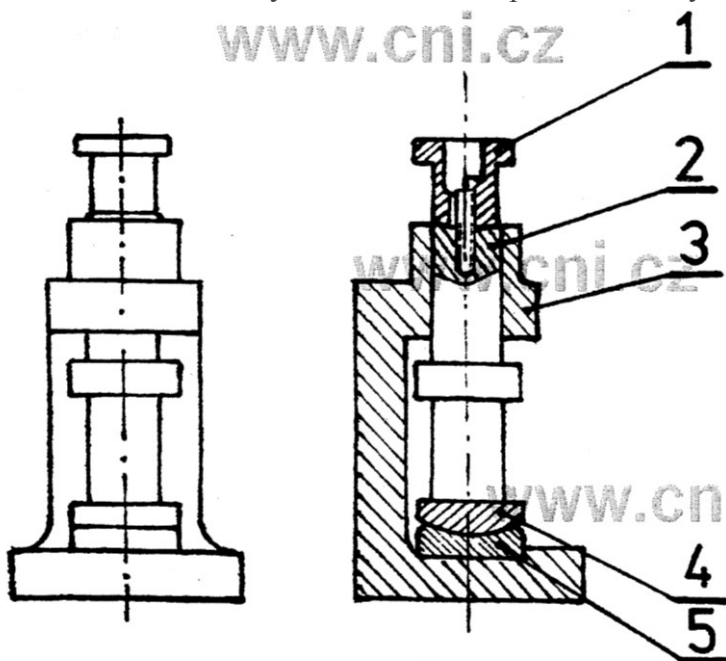


Stanovení hustoty dřeva – Protokol 4a

- 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 :
- 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 vláknou – Protokol 4b

- 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.



- 1 – matice
- 2 – lisovník
- 3 – korpus
- 4 – kulová opora
- 5 – destič

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%.

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

F_{max} největší zatížení [N]

a, b rozměry průřezu vzorku [mm]

W vlhkost dřeva [%]

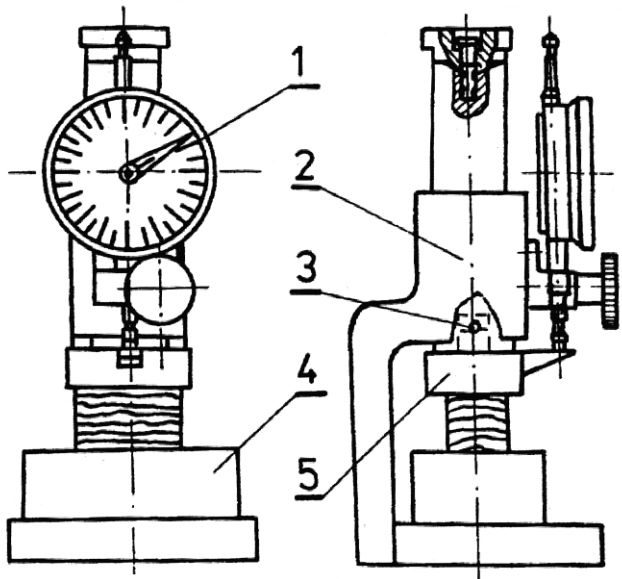
α opravný vlhkostní koeficient – pro všechny dřeviny 0,04

Stanovení pevností v tlaku kolmo k vláknům – Protokol 4c

- 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

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:

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

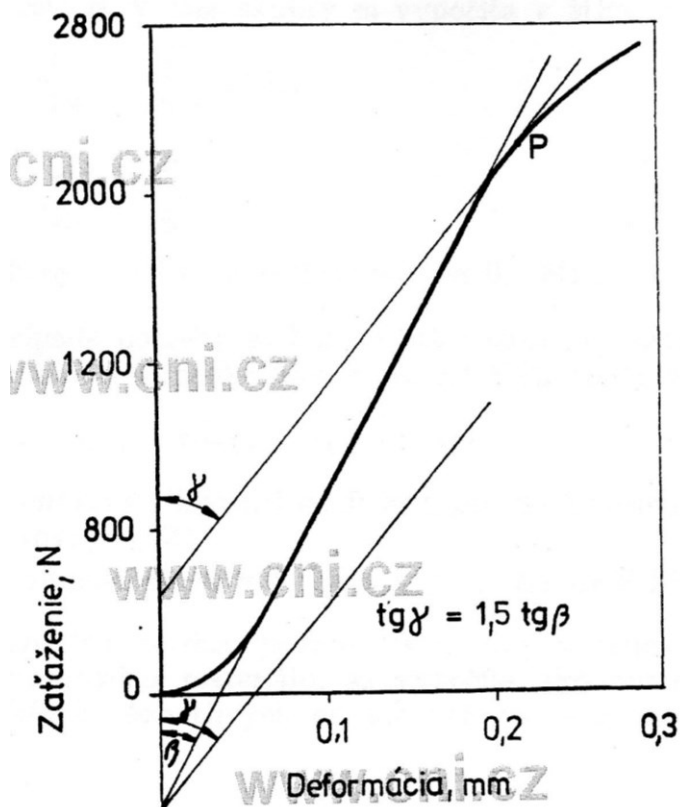
- Výsledné napětí se vypočítá pro zatížení odpovídající uvedenému bodu dle vztahu:

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

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

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

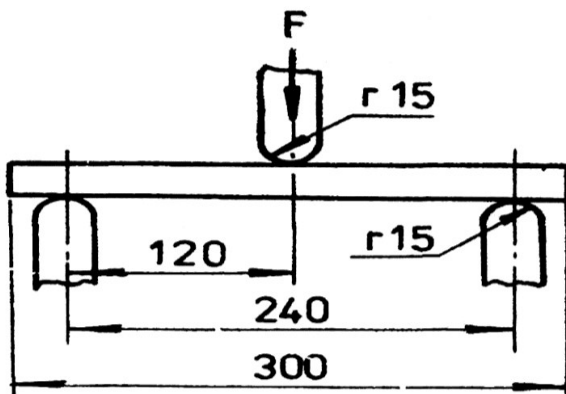
- Pevnost zaokrouhlujeme na 0,1 MPa.



- $F_{c,90,max}$ 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

- 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 [%]

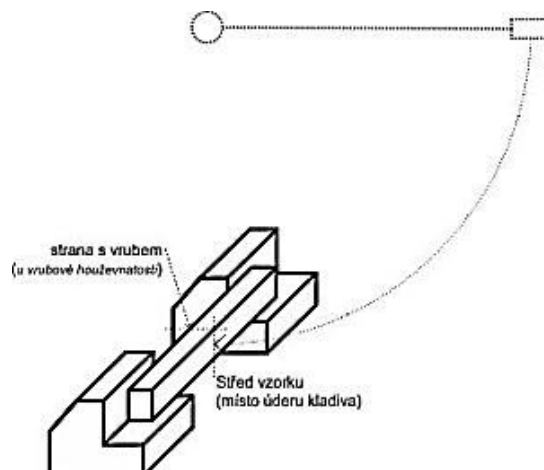
α opravný vlhkostní koeficient – pro všechny dřeviny 0,04

Stanovení dynamické pevnosti– Protokol 4d

- Dynamická pevnost - odpor materiálu proti namáhání, které se často mění nárazem nebo rychlými změnami zatížení.
- Je zkoušena podle ČSN 49 0117 přerážecí zkouškou. Při přerážecí zkoušce naráží na střed zkušební vzorku kyvadlové kladivo z konstantní výšky. Zjistíme energii potřebnou k porušení tělesa při působení dynamického zatížení.
- Houževnatost dřeva je silně ovlivněna vadami dřeva, sušením dřeva při vyšších teplotách, násilnou impregnací, atd.
- Mezi houževnaté dřeviny můžeme zařadit například jasan, dub, buk, tis nebo smrk.

Stanovení dynamické pevnosti

- Charpyho kladivo



- Podle vzhledu lomu můžeme určit jakost dřeva.
 - Jakostní dřevo - lom třískovitý a dlouze vláknitý.
 - Nekvalitní, křehké dřevo - lom hladký.

Průměrně jakostní dřevo - lom zubovitý

Stanovení dynamické pevnosti – Zkušební postup

- Zkušební tělesa mají tvar pravoúhlého hranolu se základnou 20×20 mm, délka podél vláken je 300 mm. Jedna boční hrana zkušebního tělesa musí být v radiální, druhá v tangenciální rovině.
- Ve středu délky zkušebního tělesa změříme šířku v radiálním a výšku v tangenciálním směru s přesností 0,1 mm.
- Vlastní zkoušku provedeme kyvadlovým Charpyho kladivem, které pracuje na principu změny polohové potenciální energie v kinetickou.
- Vzorek umístíme do přístroje umístí tak, aby byl porušen jediným úderem kladiva na radiální povrch. Nastavíme počáteční polohovou energii zafixováním kladiva pod úhlem počátečního vychýlení.
- Kladivo po uvolnění jediným úderem poruší zkoušený vzorek.
- Na kladivu odečteme hodnotu práce Q, která je potřebná ke zlomení vzorku.

Stanovení dynamické pevnosti – výpočet

- Rázovou houževnatost A v [J/cm] při vlhkosti materiálu W v okamžiku zkoušky vypočteme ze vztahu vzorec

$$A_w = \frac{Q}{b \cdot h}$$

- Zjištěná rázová houževnatost AW se přepočítává pro vlhkost 12% na A₁₂ v [J/cm²] dle vztahu vzorec

$$A_{12} = A_w \cdot (1 + \alpha \cdot (w - 12))$$

- Kde:
 - Q je práce potřebná ke zlomení vzorku
 - b, h jsou rozměry zkušebního tělesa v radiálním a tangenciálním směru v [cm]
 - w je vlhkost zkušebního tělesa
 - α je opravný vlhkostní koeficient, pro všechny dřeviny, α = 0,02.
- Vypočtenou hodnotu rázové houževnatosti zaokrouhlete na 0,1 [J/cm²].

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 DŘEVA, 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.
- [9] ČSN 49 0117 Drevo. Rázová húževnatosť v ohybe.