

## THE CHANGES IN COMPRESSION STRENGTH OF WOOD ALONG AND ACROSS GRAIN CAUSED BY AN IMPACT OF DAMAGE TO WOOD BY WOOD-DAMAGING FUNGI

**J. Frankl\***

**Summary:** *The contribution is dedicated to monitoring the effect of time of impact of wood-damaging fungi on mechanical characteristics of spruce wood. Results of mechanical tests are presented in the article - compression strength along grain and compression strength across grain in tangential direction. The tests were carried out on standard samples 20x20x30 mm. The testing samples were exposed, in ideal growth conditions for variable times (5-90 days), to impact of wood-damaging fungi. *Serpula lacrymans* (wood-damaging fungi with brown, dry-decay) and *Trametes versicolor* (wood-damaging fungi with white, corrosive decay) were selected for the test.*

### 1. Úvod

V dřevěných konstrukcích se z početné skupiny dřevokazných hub vyskytují častěji pouze některé druhy z deseti různých rodů. Nejčastěji se jedná o druhy z rodů *Coniophora* (koniofora); *Trametes* (outkovka); *Gloeophyllum* (trámovka) a *Serpula* (dřevomorka). Z hlediska typu působené destrukce dřeva převládá (cca 80 – 90 %) hnědá, celulózovorní hniloba nad hnilobou bílou, ligninovorní a korosivní.

V literárních zdrojích je možné získat řadu údajů o změnách fyzikálně - chemických i mechanických veličin dřeva, způsobených vlivem činnosti dřevokazných hub. Většina z těchto výzkumů byla ale zaměřena na dřeviny, jejichž dřevo se ve stavebnictví nepoužívá a dřevokazné houby, které se ve stavebních objektech běžně nevyskytují. Smrku, jako hlavní stavební dřeviny, bylo věnováno překvapivě málo pozornosti.

Při sledování změn konkrétních materiálových vlastností je nutné počítat s „přírodním“ charakterem materiálu – dřeva i škůdce – dřevokazné houby. Změny sledovaných veličin u dřeva mohou podstatně ovlivnit především různé růstové a zpracovatelské vady a u dřevokazných hub pak druh hniloby a rychlost jejich růstu. Na rychlosti a intenzitě rozkladu dřeva se rovněž podílí celá řada vnějších faktorů. Díky kumulaci všech těchto vlivů se setkáváme u terénních měření se značným rozptylem zjištěných hodnot.

Hodnoty měřených veličin při laboratorních experimentech jsou získávány ze standardních, pečlivě vybraných, zkušebních tělísek, u kterých je možné zajistit vzájemnou podobnost v rámci daných tolerancí. Lze předpokládat, že i rozkladný proces probíhá v celém souboru relativně shodně a tudíž i výstupy mají menší rozptyl naměřených hodnot.

---

\* Ing. Jiří Frankl, Ph.D.: Ústav teoretické a aplikované mechaniky, AV ČR, v.v.i.; Prosecká 76; 190 00 Praha 9; e-mail: frankl@itam.cas.cz

## 2. Metodika

Pro zjištění vlivu destrukce působené dřevokaznými houbami na mechanické vlastnosti dřeva byla v rámci experimentu zvolena metoda zkoušení pevnosti dřeva v tlaku podél vláken (dle ČSN 490110) a pevnosti dřeva v tlaku napříč vláken v tangenciálním směru (dle ČSN 490112). Současně byl sledován úbytek hmotnosti a další makroskopické změny na zkušebních vzorcích. Standardní zkušební vzorky (20x20x30 mm) byly vyrobeny ze smrkového konstrukčního dřeva.

Zkušební vzorky byly před zkouškou klimatizovány na vlhkost dřeva 12 %, byl u nich přesně změřen rozměr a zvážena jejich hmotnost. Po změření a zvážení prošli krátkou sterilizací a v sadách (po 30ti vzorcích) byly uloženy do kultivačních boxů s aktivním myceliem dřevokazných hub. Pro experiment byl zvolen jeden druh celulózovorní dřevokazné houby – *Serpula lacrymans* (dřevomorka domácí) a jeden druh ligninovorní dřevokazné houby – *Trametes versicolor* (outkovka pestrá).

Zkušební vzorky byly v uzavřených boxech vloženy do kultivační klimatické komory, nastavené na optimálními hodnoty vlhkosti a teploty pro růst daných dřevokazných hub (teplota 24°C; vlhkost 55%). Jednotlivé sady vzorků byly působení dřevokazných hub vystaveny po dobu 15, respektive 30, 45, 60, 75 a 90 dní (obr.1). Po uplynutí stanovené doby byly vzorky vyjmuty, krátce sterilizovány a opět klimatizovány na vlhkost 12 %. Poté proběhlo jejich zvážení a tlakové zkoušky dle výše zmíněných norem.

Spolu se vzorky vystavenými působení dřevokazných hub prošly stejným procesem (mimo vystavení činnosti dřevokazných hub) také vzorky referenční. Experiment proběhl pro obě dřevokazné houby opakovaně, ve dvou nezávislých sériích, celkem na 360 vzorcích.

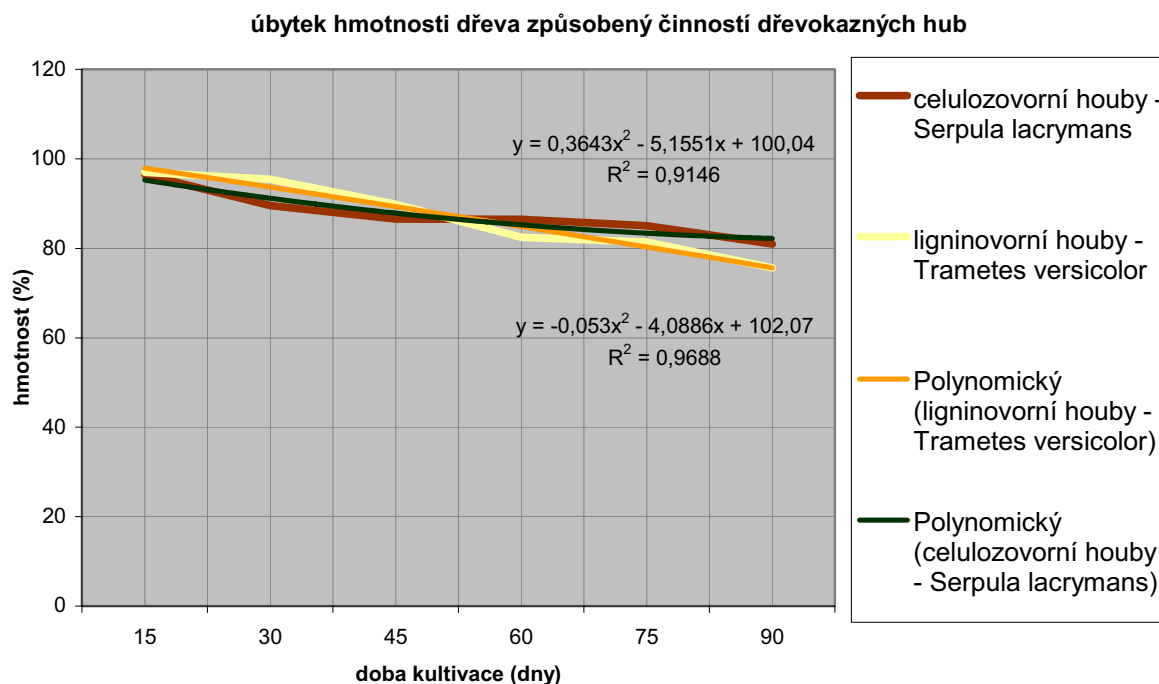


Obr.1 Zkušební vzorky uložené v kultivačním boxu s dřevokaznou houbou a) *Serpula lacrymans* (dřevomorka domácí); b) *Trametes versicolor* (outkovka pestrá), po 60 dnech od počátku kultivace.

### 3. Výsledky a diskuze

#### Úbytek hmotnosti dřeva – dřevní hmoty

Úbytek hmotnosti zkušebních tělísek způsobený celulózožravou dřevokaznou houbou (*Serpula lacrymans* – dřevomorka domácí), a ligninovožravou dřevokaznou houbou (*Trametes versicolor* – outkovka pestrá), v závislosti na době jejich působení, je zobrazen v grafu 1.



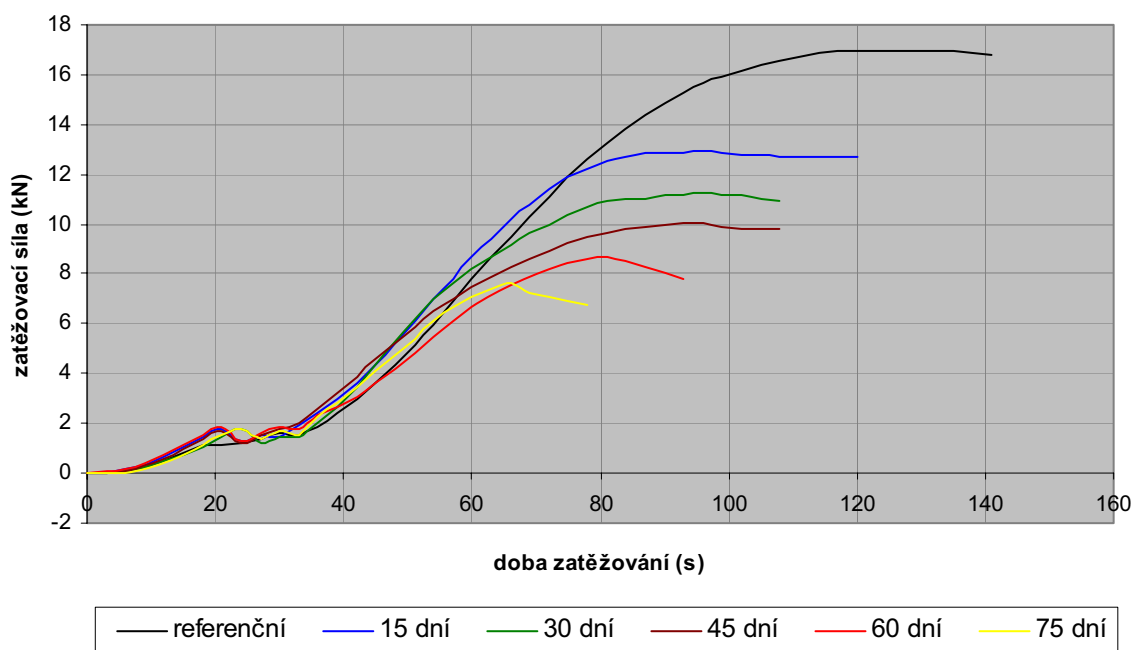
Graf 1 Úbytek dřevní hmoty v závislosti na době působení dřevokazných hub

Ze srovnání získaných poznatků vyplývá, že úbytek hmotnosti dřeva je v první fázi rozkladného procesu mírně vyšší u celulózožravých hub (zastoupených druhem *Serpula lacrymans*), u kterých ale v dalších fázích probíhá již s menší intenzitou. U ligninovožravých dřevokazných hub (zastoupených druhem *Trametes versicolor*) je úbytek dřevní hmoty z počátku mírnější, probíhá s rovnoměrnou intenzitou a při delší době působení dosahuje vyšších hodnot než u celulózožravých dřevokazných hub. Oproti literárním údajům (Rypáček, 1953; Reinprecht, 1997) byl úbytek hmotnosti dřeva v průběhu kultivace při provedeném experimentu celkově nižší a jeho průběh méně intenzivní a pomalejší.

#### Mechanická pevnost v tlaku podél vláken

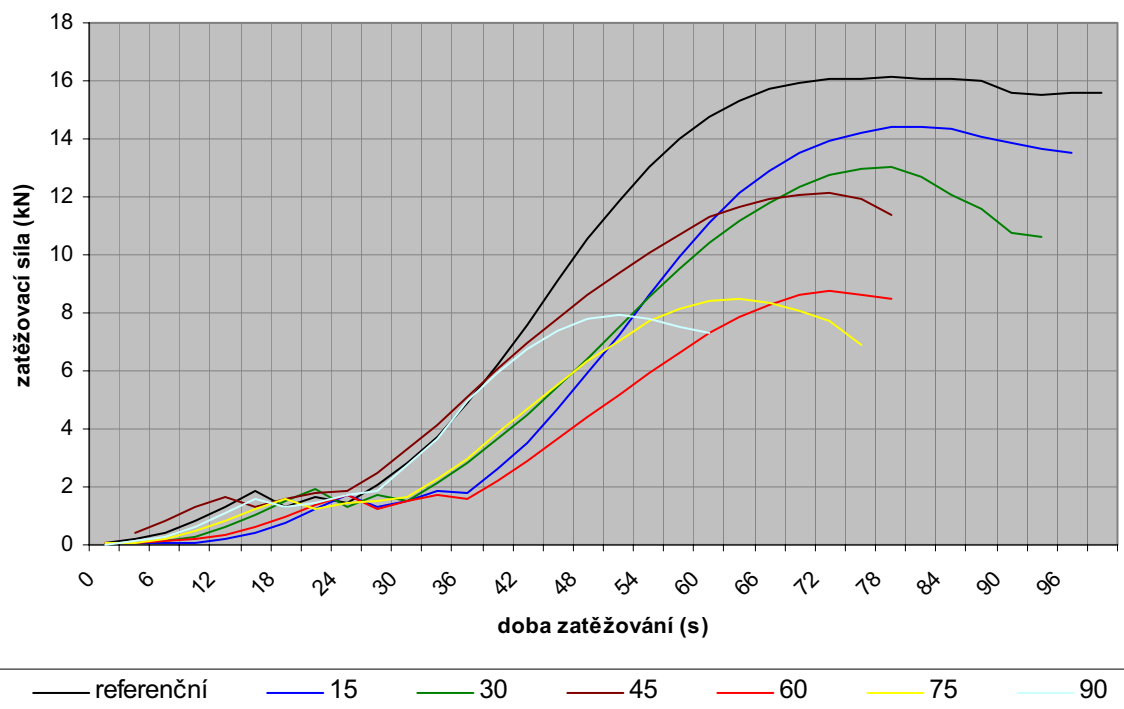
Zkouška proběhla na zkušebním zařízení Testatron na zkušebních tělíscích o velikosti 20x20x30 mm, vystavených působení dvou různých druhů dřevokazných hub po dobu 15, 30, 45, 60, 75 a 90 dní. Příklady zátěžových křivek pro jednotlivé dřevokazné houby a sady vzorků, jsou v grafech 2 a 3, fotografie z průběhu zkoušky jsou na obr 2.

**Serpula lacrymans - dřevomorka domácí**

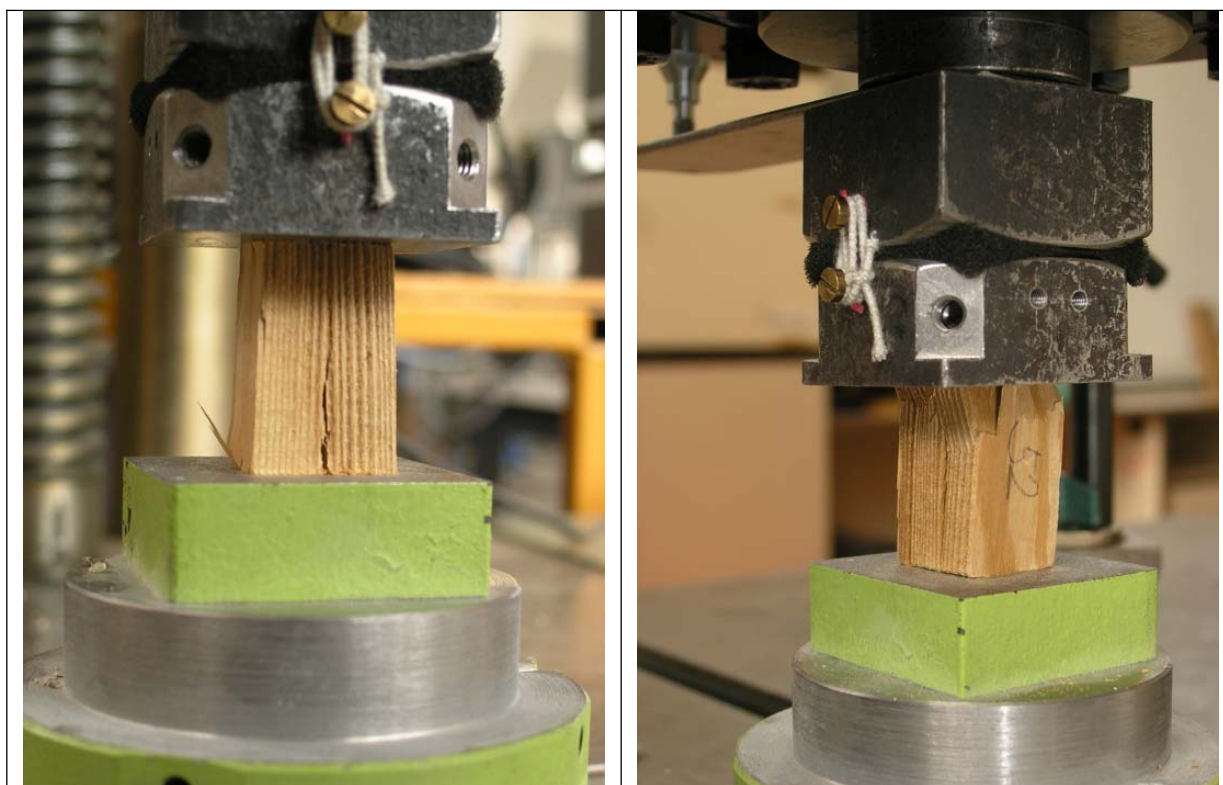


Graf 2 Průměrné zatěžovací křivky jednotlivých sad zkušebních vzorků – *Serpula lacrymans*

**Trametes versicolor - outkovka pestrá**



Graf 3 Průměrné zatěžovací křivky jednotlivých sad zkušebních vzorků – *Trametes versicolor*



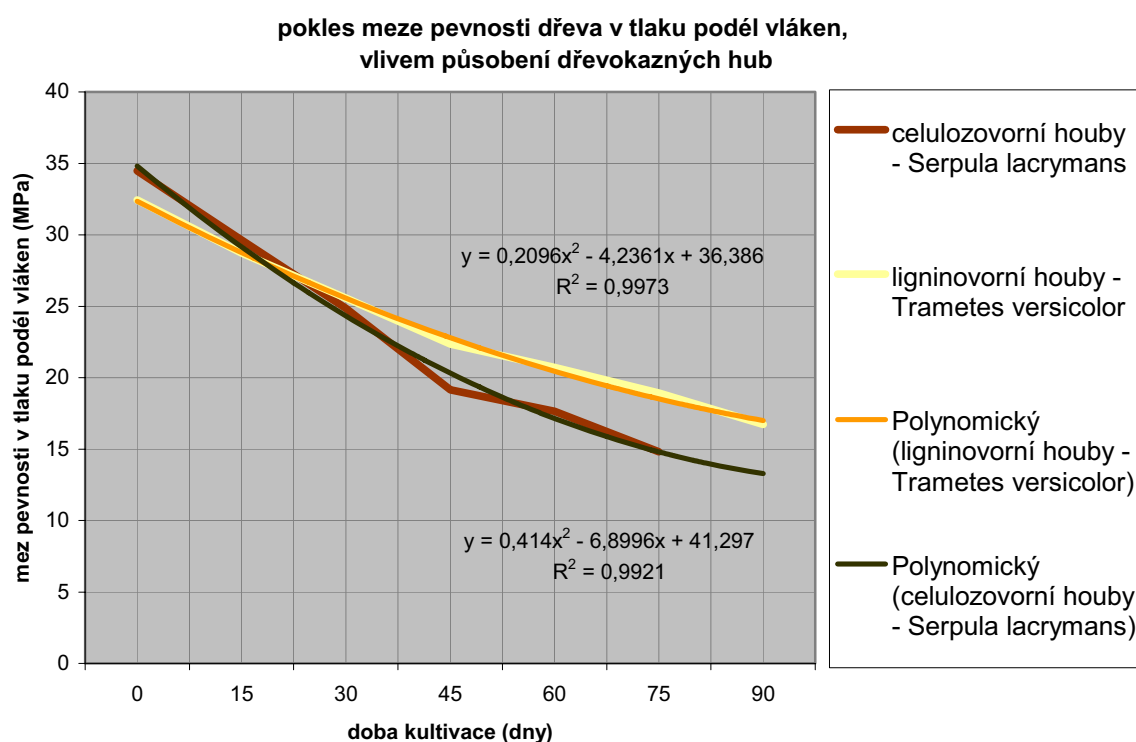
Obr.2 Mechanická zkouška v tlaku podél vláken – zatěžování zkušebních tělísek

Průměrný hmotnostní úbytek a hodnoty meze pevnosti pro jednotlivé skupiny vzorků v závislosti na době působení dřevokazných hub jsou uvedeny v tab.1.

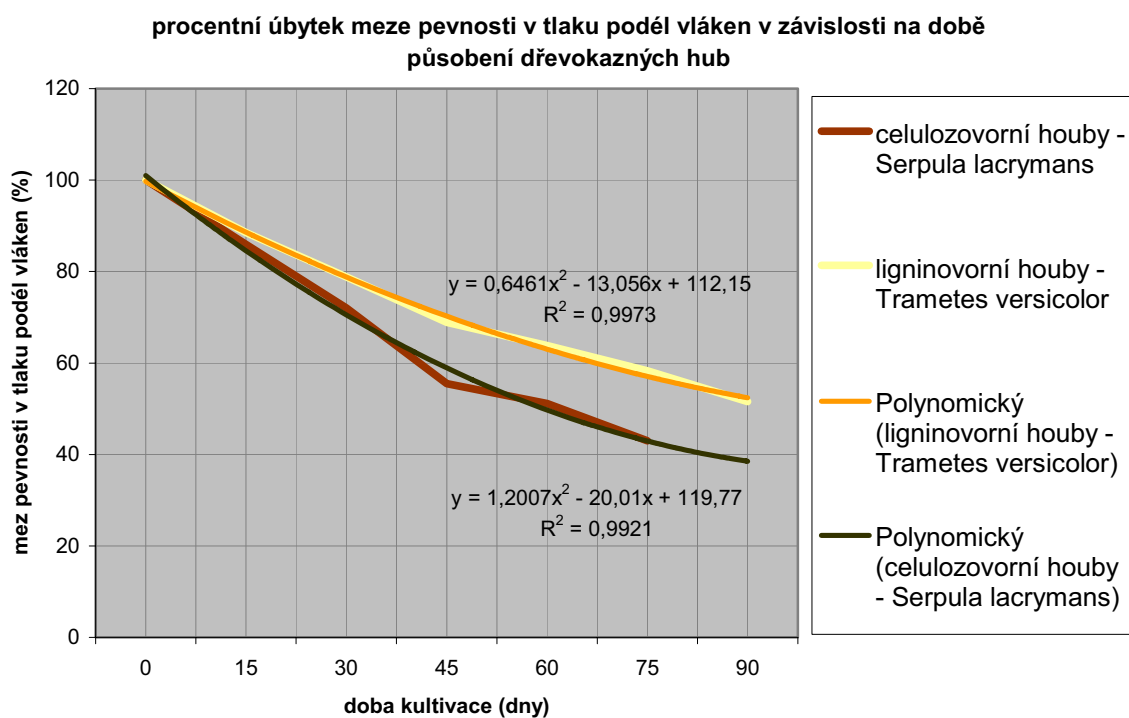
doba kultivace dny	Serpula lacrymans (celulozovorní houba)				Trametes versicolor (ligninovorní houba)			
	1. série vzorků		2. série vzorků		1. série vzorků		2. série vzorků	
	d m	$\sigma$	d m	$\sigma$	d m	$\sigma$	d m	$\sigma$
	%	Mpa	%	Mpa	%	Mpa	%	Mpa
0 (ref.)		34,91		34,05		31,97		32,92
15	3,88	28,9	3,17	30,38	3,64	29,28	2,44	28,18
30	10,14	19,96	10,69	26,75	4,12	27,3	5	23,84
45	14,01	20,27	12,85	18,01	5,57	25,93	14,8	24,18
60	12,39	18,21	14,59	17,08	18,46	17,63	16,6	18,56
75	13,27	12,88	16,69	18,74	18,09	17,59	19,13	20,24
90	19,68		18,34		27,6	12,96	21,12	20,49

Tab.1 Hodnoty úbytku dřevní hmoty a meze pevnosti v tlaku podél vláken v závislosti na době působení jednotlivých druhů dřevokazných hub

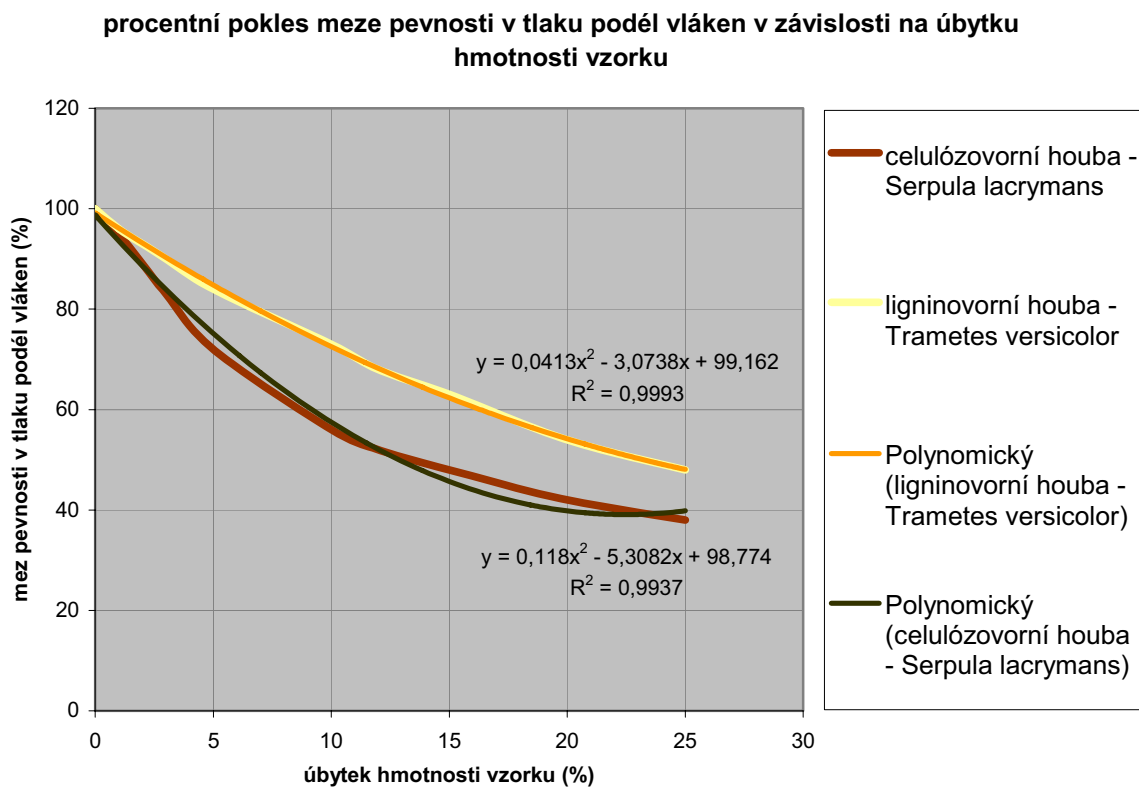
Pevnost dřeva, respektive mez pevnosti v tlaku podél vláken klesala jednoznačně rychleji a strměji u dřeva napadeného celulozovorními dřevokaznými houbami. U vzorků poškozených ligninovorními houbami byl pokles pevnosti pozvolnější a nižší (zhruba o 5 – 15 %). Změny meze pevnosti v tlaku podél vláken, způsobené činností výše uvedených druhů dřevokazných hub, v závislosti na době jejich působení, jsou zobrazeny v grafu 4. Pokles meze pevnosti v tlaku podél vláken v procentním vyjádření k hodnotám zdravého, nepoškozeného dřeva v závislosti na době působení jednotlivých dřevokazných hub je zobrazen v grafu 5 a v závislosti na úbytku dřevní hmoty pak v grafu 6. Zjištěné skutečnosti potvrzují strmější a rychlejší pokles mechanických vlastností (pevnosti v tlaku podél vláken) u hniloby působené celulozovorními dřevokaznými houbami. V pozdějších fázích experimentu rychlost poklesu pevnosti v tlaku podél vláken začala zpomalovat, což mohlo být ovlivněno celkovým „vyčerpáním“ substrátu – živné pudy i dřeva.



Graf 4 Mez pevnosti v tlaku podél vláken v závislosti na době působení dřevokazných hub



Graf 5 Procentní pokles pevnosti v tlaku podél vláken v závislosti na době působení dřevokazných hub

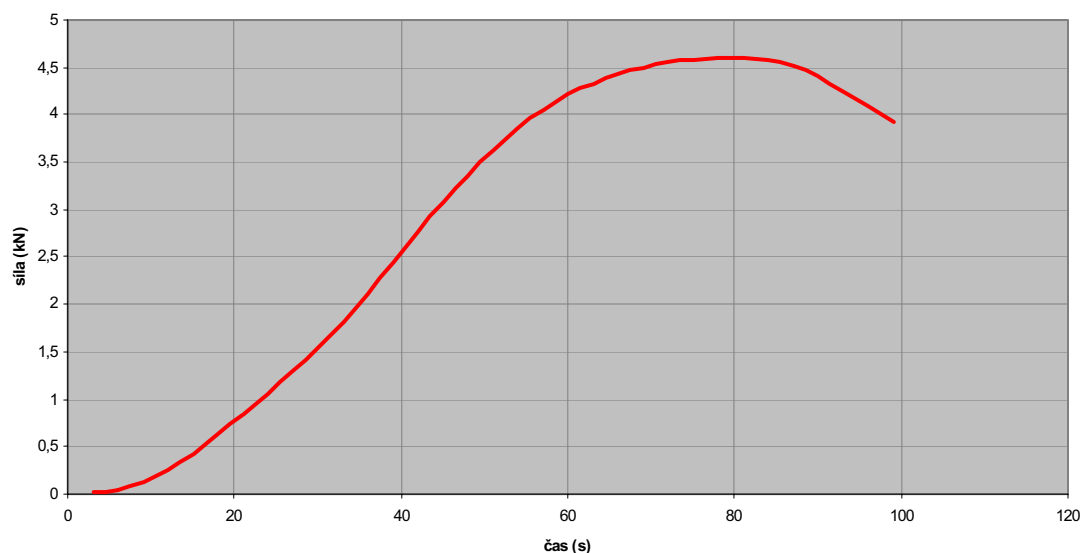


Graf 6 Procentní pokles meze pevnosti v tlaku podél vláken v závislosti na úbytku dřeva

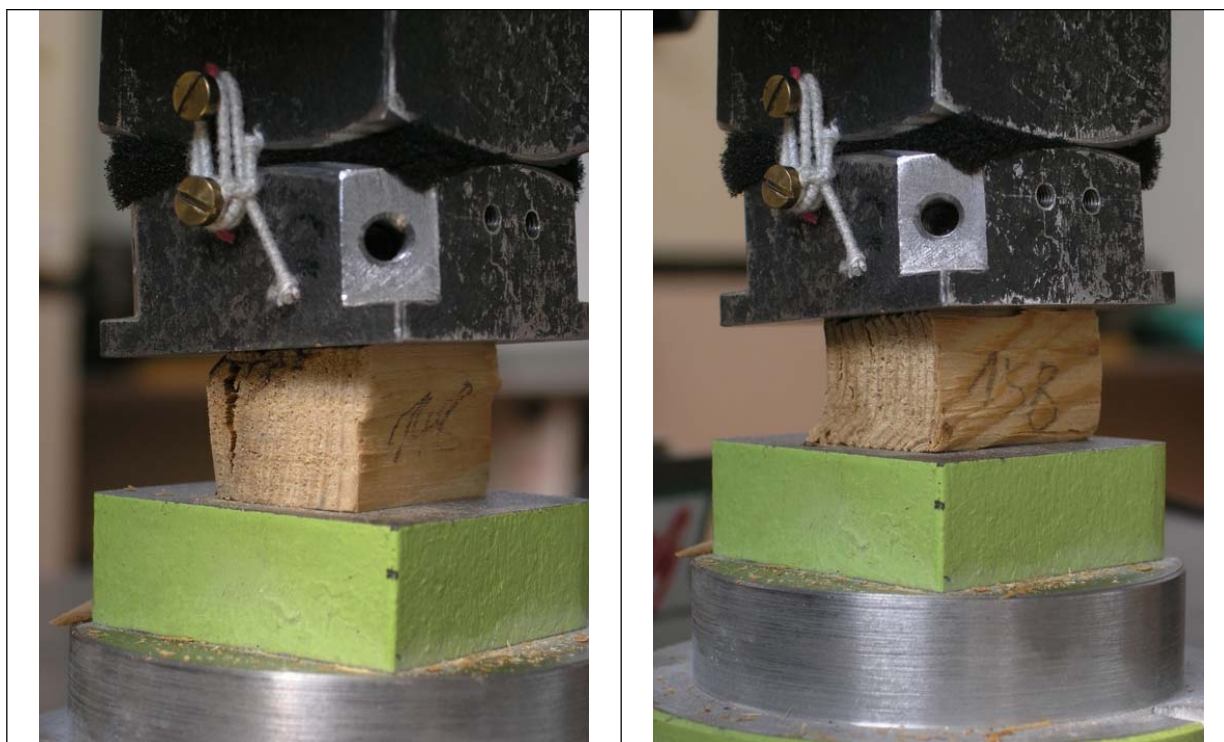
### Mechanická pevnost v tlaku napříč vláken v tangenciálním směru

Zkouška proběhla rovněž na zkušebním zařízení Testatron na zkušebních tělíscích o velikosti 20x20x30 mm, vystavených působení dvou různých druhů dřevokazných hub po dobu 15, 30, 45, 60, 75 a 90 dní. Příklad zátěžové křivky (charakteristický průběh) náhodně vybraného vzorku je zobrazen v grafu 7, fotografie z průběhu zkoušky jsou na obr 3.

Zkouška tlaku napříč vlákny v tangenciálním směru - zatěžovací křivka



Graf 7 Procentní pokles meze pevnosti v tlaku podél vláken v závislosti na úbytku dřeva



Obr.3 Mechanická zkouška v tlaku napříč vláken v tangenciálním směru



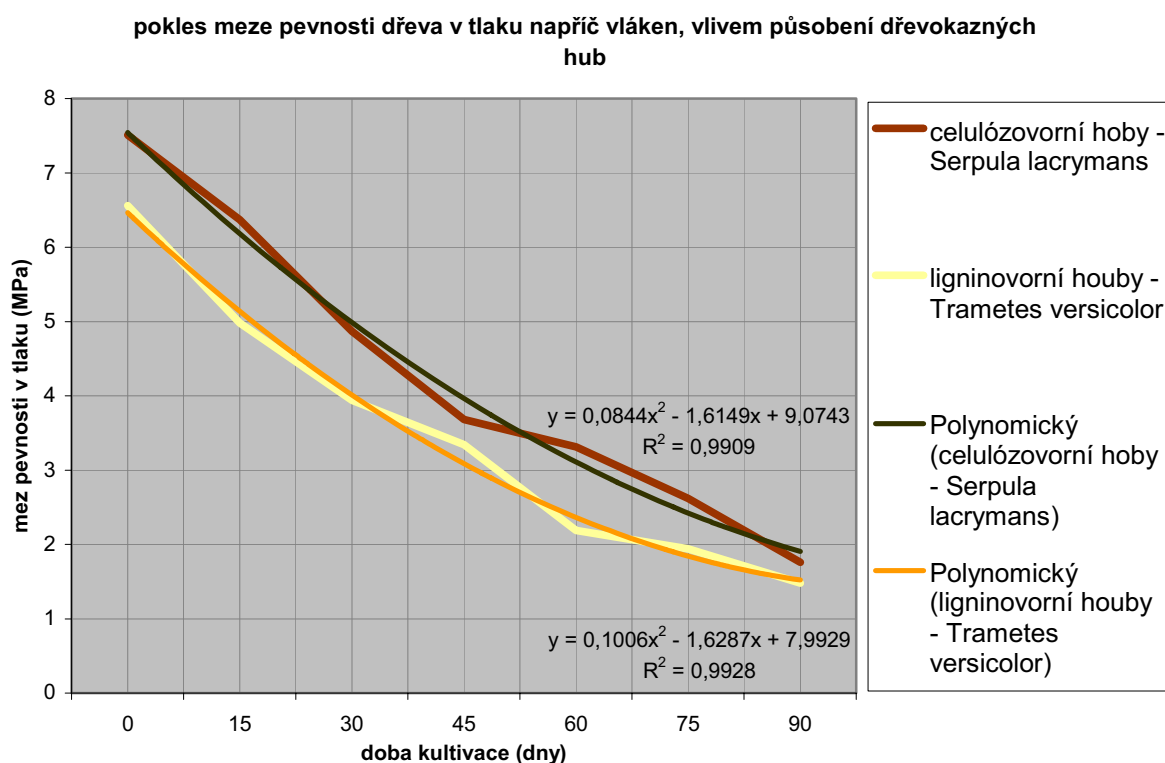
Průměrný hmotnostní úbytek a hodnota meze pevnosti pro jednotlivé skupiny vzorků a doby působení dřevokazných hub jsou uvedeny v tab. 2.

doba kultivace	Serpula lacrymans (celulózovorní houba)		Trametes versicolor (ligninovorní houba)	
	d m	$\sigma$	d m	$\sigma$
dny	%	Mpa	%	Mpa
0 (ref.)		7,51		6,56
15	3,53	6,37	3,04	4,98
30	10,42	4,87	4,56	3,94
45	13,43	3,68	10,185	3,34
60	13,49	3,31	17,53	2,19
75	14,98	2,62	18,61	1,94
90	19,01	1,76	24,36	1,48

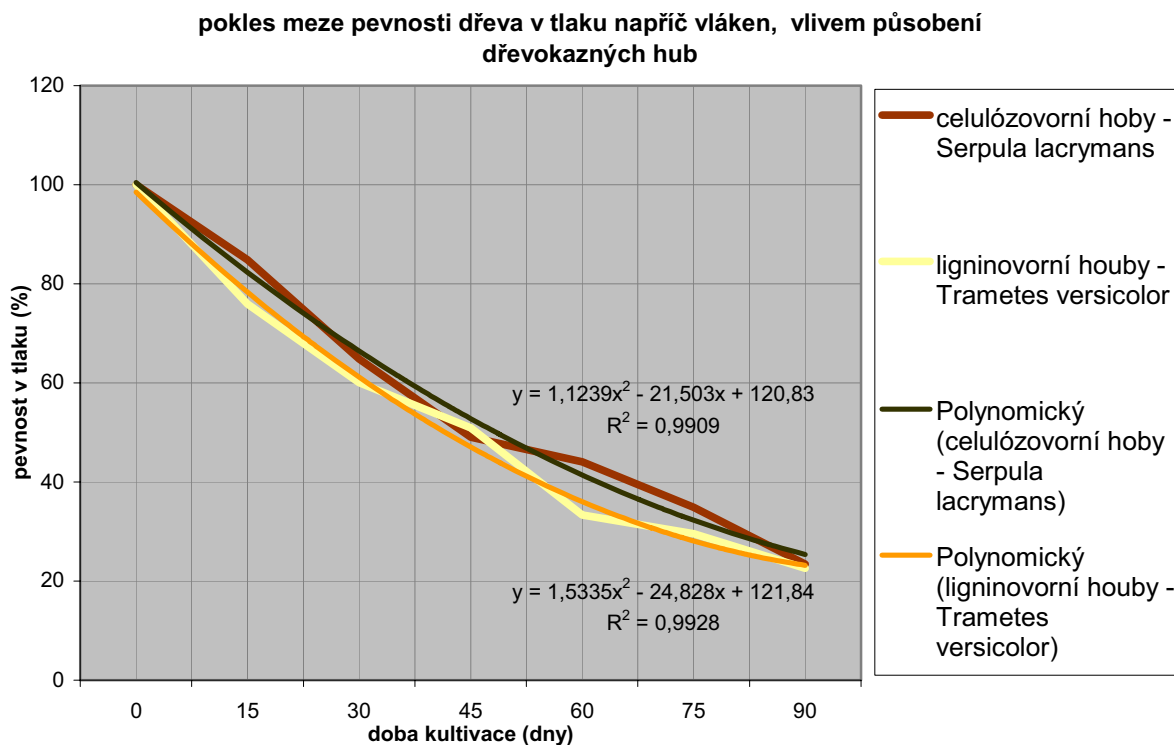
Tab.2 Hodnoty úbytku dřevní hmoty a meze pevnosti v tlaku napříč vláken v tangenciálním směru v závislosti na době působení jednotlivých druhů dřevokazných hub

Závislost změny (poklesu) meze pevnosti v tlaku napříč vláken v tangenciálním směru na době působení jednotlivých dřevokazných hub, *Serpula lacrymans* – dřevomorky domácí, působící hnědou, celulózovorní hnilobu a *Trametes versicolor* – outkovky pestré, působící bílou, ligninovorní hnilobu je vyjádřena v grafu 8. Pokles pevnosti poškozeného dřeva v tlaku napříč vláken v závislosti na době působení dřevokazných hub, vyjádřený v procentech k hodnotě „zdravého“ dřeva je zobrazen v grafu 9 a závislost procentního poklesu meze pevnosti v tlaku napříč vláken na úbytku dřevní hmoty je vynesena v grafu 10.

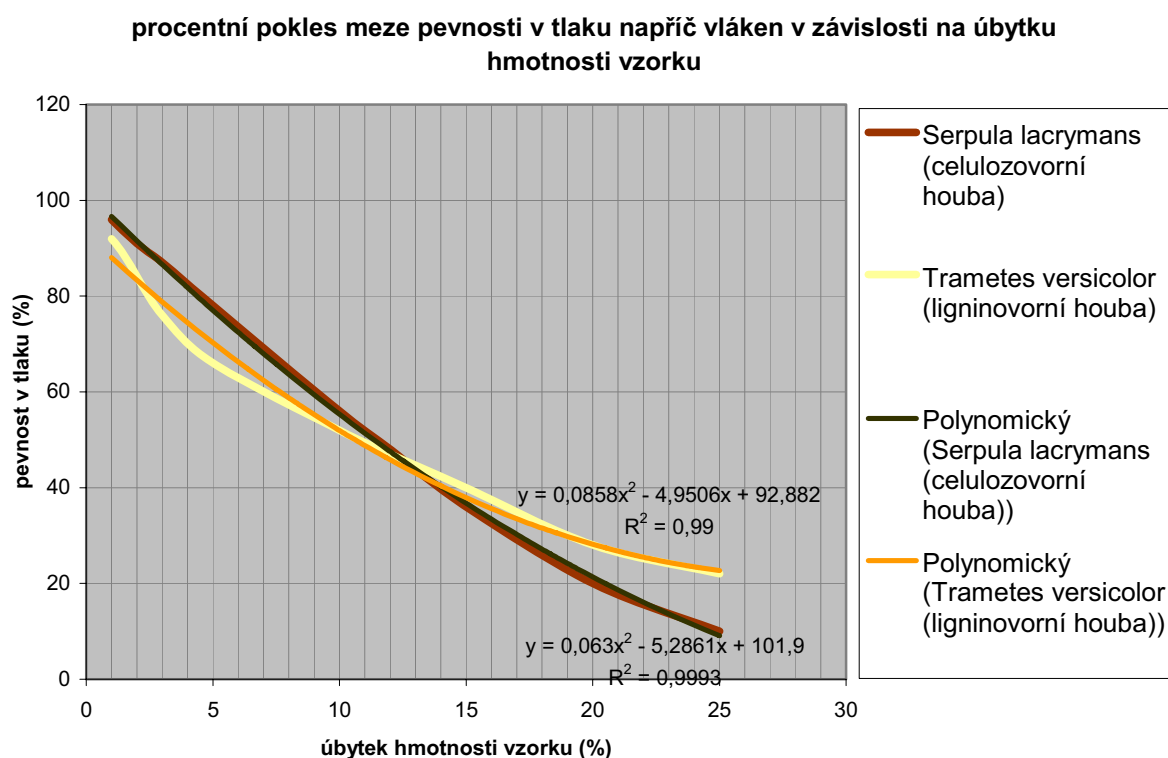
Z grafů je patrné, že pokles meze pevnosti v tlaku napříč vláken má, vzhledem k době působení, u obou druhů hniloby v velmi podobný průběh. Mírně vyšší hodnoty poklesu pevnosti byly zjištěny u ligninovorních dřevokazných hub. Po prvním měsíci destrukční činnosti došlo k poklesu meze pevnosti o 30 – 40 %, po třech měsících rozkladné činnosti až o 75 %. Vzhledem k úbytku dřevní hmoty, je rychlejší a strmější průběh ztráty pevnosti v tlaku napříč vláken (v tg. směru) u celulózovorních dřevokazných hub, oproti z počátku rychlejšímu, ale pozvolnějšímu poklesu pevnosti u hniloby působené ligninovorními houbami. Ligninovorní houby způsobují o málo vyšší pokles mechanické pevnosti v tlaku napříč vláken v prvních týdnech působení, postupně však rychlost změn klesá. Celulózovorní dřevokazné houby mají po celou dobu sledované působnosti téměř stejnou rychlost poklesu pevnosti v tlaku napříč vláken (v tg. směru). Při zkoušce byl zjištěn výrazně vyšší pokles meze pevnosti (cca o 20%), než udávají literární zdroje, ale vzhledem k obecnosti literárních údajů (není uveden způsob zkoušky, dřevina ani dřevokazné houby) nelze tyto výsledky přímo srovnávat.



Graf 8 Pokles meze pevnosti v tlaku napříč vláken v tg směru v závislosti na době kultivace



Graf 9 Procentní pokles meze pevnosti v tlaku napříč vláken v tg směru v závislosti na úbytku dřeva



Graf 10 Pokles meze pevnosti v tlaku napříč vláken v tg směru (%) v závislosti na hmotnostním úbytku dřevní hmoty (%)

#### 4. Závěr

Hmotnostní úbytek smrkového dřeva způsobený činností dřevokazných hub je, v závislosti na době jejich působení, u vybraných zástupců celulózovorních i ligninovorních skupin dřevokazných hub obdobný a dosahuje řádově 5 – 10 % za měsíc působení. Z počátku je mírně vyšší úbytek hmotnosti způsobený činností celulózovorní dřevokazné houby *Serpula lacrymans* (dřevomorky domácí). Po delší době působení ale jeho intenzita klesá a vyššího úbytku hmotnosti byl zaznamenán u ligninovorní houby *Trametes versicolor* (outkovky pestré).

Rychlost a míra poklesu sledovaných mechanických vlastností je u zástupců obou skupin dřevokazných hub rozdílná. K poklesu meze pevnosti v tlaku podél vláken dochází rychleji u celulózovorních hub (*Serpula lacrymans*), kde se pohybuje okolo 20 - 25 % za měsíc působení, u ligninovorních hub (*Trametes versicolor*) je o něco pomalejší, okolo 15 – 20 %. K poklesu meze pevnosti v tlaku napříč vláken v tangenciálním směru dochází u hniloby působené zástupci obou skupin dřevokazných hub s podobnou intenzitou (mírně výraznější je u ligninovorních dřevokazných hub). Pokles pevnosti v tlaku napříč vláken se pohyboval zpočátku okolo 30 % za měsíc působení, ale s dobou působení dřevokazných hub se postupně snižoval.

## 5. Poděkování

Príspevek byl vytvořen za podpory výzkumného záměru AV0Z20710524.

## 6. Literatura

Babiak, M., Dubovský, J. Problemy z mechanických vlastností dřeva, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen 2000

Bodig, J., Jayne, B.A. Mechanics of wood and wood composites. 2<sup>nd</sup>ed Krieger Publishing company, 1993, 712 pp Rypáček, V., Biologie dřevokazných hub, ČSAV, Praha 1953

Ericsson, K.E.L., Blanchette, R.A., Ander, P., Microbial and enzymatic degradation of wood and wood components. Springer – Verlag Berlin 1990

Požgaj, A., Chovanec, D., Kurjatko, S., Babiak, M., Struktura a vlastnosti dřeva, Příroda a.s., Bratislava 1997

Reinprecht, L., Procesy degradácie dřeva, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen 1997

Reinprecht, L., Ochrana dřeva a kompozitov, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen 1997

ČSN 490110

ČSN 490112