

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav nauky o dřevě

**Vliv mechanického poškození povrchové vrstvy materiálů určených pro ložné
plochy nákladních aut na odolnost vůči dřevokazným houbám**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2015

Bc. Vanda Debnáriková

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci: Vliv mechanického poškození povrchové vrstvy materiálů určených pro ložné plochy nákladních aut na odolnost vůči dřevokazným houbám zpracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury.

Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací. Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:..... podpis studenta

Abstrakt v štátnom jazyku

Závěrečná práce poukazuje na biologickú odolnosť dopravných preglejok. Preglejky sú vhodné pre použitie v exteriéri bez kontaktu so zemou, zaradené do triedy 3. trvanlivosti. Bukové a brezové preglejky sme vystavili pôsobeniu drevokaznej huby *Trametes versicolor* po dobu 14 týždňov. Cieľom práce bolo zistenie odolnosti týchto preglejovaných materiálov voči bielej hnilobe a zmenu ich mechanických vlastností, teda medzi pevnosť a modul pružnosti v ohybe (MOR a MOE) po degradácii pri rôznom poškodení povrchovej fólie preglejok. Závěrečná práce tiež poukazuje na dynamiku vlhkosti bukovej a brezovej preglejky v prostredí o zvýšenej vlhkosti pri danom poškodení fólie.

Kľúčové slová: preglejované materiály, mechanické a fyzikálne vlastnosti, biela hniloba

Abstract

Final thesis refers to biological resistance of transporting plywood. Plywood is suitable for use in exterior without contact with ground, which is classified in third class of endurance. Beech and birch plywood, were exposed to wood-destroying fungi *Trametes versicolor* for 14 weeks. The goal of this thesis was to determine the resistance of plywood against white rot and change of mechanical properties, hence among strength and bending flexural modulus (MOR and MOE) after different degradation of damaged surface sheet plywood. This final thesis also refers to moisture dynamics of beech and birch plywood in the environment of increased moisture with damaged plywood surface.

Keywords: plywood materials, mechanical and physical properties, white rot

Pod'akovanie

Rada by som na tomto mieste pod'akovala vedúcemu diplomovej práce Ing. Jánovi Baarovi, Ph.D. za ochotu, cenné rady pri vypracovaní tejto práce a odbornú pomoc pri prevádzaní laboratórných skúšok.

Obsah

Úvod	8
1 Ciel' práce	9
2 Literárny prehľad	10
2.1 Trvanlivosť a ochrana dreva vo vzťahu k štruktúre dreva	10
2.2 Štruktúra dreva	11
2.2.1 Chemické zloženie dreva	11
2.3 Vlastnosti dreva	14
2.3.1 Vlhkosť dreva	14
2.3.2 Vplyv vlhkosti na rast drevokazných húb	16
2.4 Charakteristika a použitie preglejovaných materiálov	16
2.4.1 Charakteristika preglejovaných materiálov	16
2.4.2 Použitie preglejovaných materiálov	17
2.5 Dopravné preglejované materiály	17
2.6 Kritéria, znaky a vplyvy na kvalitu preglejovaných materiálov	17
2.7 Faktory ovplyvňujúce kvalitu lepeného spoja	19
2.8 Vplyv vstupných surovín na preglejované materiály	20
2.8.1 Používané lepidlá a ich vlastnosti	20
2.8.2 Vplyv náteru na vlastnosti preglejky	21
2.9 Drevo a preglejované materiály poškodené hnilobou	21
2.9.1 Biela hniloba	22
2.9.2 Outkovka pestrá (<i>Trametes versicolor</i>)	23
2.9.3 Vlastnosti degradovaného dreva	24
3 Materiál a metodika práce	27
3.1 Materiál	27
3.2 Metodika práce	29
3.2.1 Navíhavosť a nasiakavosť	29
3.2.2 Mykologický test	34
3.2.3 Meranie medze pevnosti a modulu pružnosti pri statickom ohybe podľa normy ČSN EN 310	38
4 Výsledky	39
4.1 Vlhkosť skúšobných telies	39
4.1.1 Nasiakavosť	39
4.1.2 Navíhavosť	43
4.1.3 Navíhavosť - úbytok vlhkosti	46
4.1.4 Nasiakavosť – úbytok vlhkosti	48
4.2 Mykologický test – úbytok hmotnosti	51

4.3	Medz pevnosti a modul pružnosti v statickom ohybe.....	54
4.3.1	Pevnosť v ohybe a modul pružnosti po degradácii.....	59
5	Diskusia	64
5.1	Zmena fyzikálnych vlastností dreva	64
5.1.1	Nasiakavosť a navlhavosť.....	64
5.1.2	Nasiakavosť a navlhavosť – úbytok vlhkosti	64
5.2	Hmotnostné úbytky	65
5.3	Zmeny vlhkosti	65
5.4	Zmeny mechanických vlastností	66
	Záver	68
	Summary.....	69
	Literatúra	70
	Zoznam použitých tabuliek.....	79
	Zoznam použitých obrázkov.....	81
	Prílohy.....	83

Úvod

Oficiálne, viac než tri miliardy m³ dreva sa ťaží každoročne z lesov celého sveta. Pre nedostatok kvalitného dreva je nutné používať menej odolné a menej známe druhy drevín, pre použitie navrhovaných výrobkov z dreva. Okrem toho, ide o úsilie posunúť sa k viac nízkoenergetickým stavebným materiálom šetrných k životnému prostrediu a o minimalizáciu nákladov. Rozvoj stavebníctva vyžaduje vývoj zlepšených vlastností rôznych materiálov. Inovácie vlastností materiálov prinášajú nákladové výhody oproti konvenčným riešeniam a môžu priniesť i väčšiu flexibilitu pri realizácii výstavby. V stavebníctve sa uplatňuje celá rada tradičných materiálov, medzi ktoré patria i preglejované dosky. Používajú sa ako konštrukčný i ako pomocný stavebný materiály. Ich spotreba v stavebníctve a v iných odvetviach neklesá, práve naopak - rastie. Preto je zlepšovanie vlastností preglejovaných dosiek a stabilizácie vlastností v celej vyrobenej sérii preglejovaných dosiek v záujme ako výrobcov, tak i odberateľov.

Výhodou preglejovaných materiálov je, že môžu byť vyrábané so širokým rozsahom vlastností pre širokú škálu účelov. Všeobecne trvanlivosť kompozitných materiálov sa vzťahuje k postupu rozpadu, ktorý je za normálnych okolností hodnotený na základe úbytku hmotnosti alebo vizuálneho posúdenia. Medzi upravené výrobky z dreva, preglejovaný panel na báze dreva ukazuje jednu z najlepších fyzikálnych a mechanických vlastností pre použitie, zaradený do triedy ohrozenia 3, teda vonkajšie expozície bez kontaktu so zemou. Mechanické a fyzikálne kritériá, ktoré musia byť splnené pre stavebné účely vo všeobecnosti a konkrétne pre vonkajšie použitie sú dobre definované. Avšak, pretože niekoľko typov preglejovaných materiálov založených na menej odolných druhov dreva vykazujúcich dobrý výkon vo vonkajších podmienkach, sú potrebné presnejšie poznatky o biologickej trvanlivosti. V tejto súvislosti je rozhodujúce štúdium dynamiky vlhkosti, a to tým skôr, že je všeobecne známe, že vlhkosť má významný vplyv na mechanické a fyzikálne vlastnosti dreva, preglejok a ďalších materiálov na báze dreva.

1 Cieľ práce

Cieľom tejto diplomovej práce je posúdenie vplyvu poškodenia povrchovej fólie na odolnosť voči pôsobeniu drevokazným hubám. Na výskum sa použili preglejované dosky používané do ložných plôch nákladných automobilov, vyrobené z bukových a brezových dýh, ktorých povrch je upravený hladkou fenolickou fóliou. Takto vyrobené preglejované dosky, by mali značne odolávať povrchovému poškodeniu a pôsobeniu poveternostných vplyvov.

Na základe hlavného cieľu sme sledovali zmenu medze pevnosti a modulu pružnosti v ohybe preglejovaných dosák pri rôznom povrchovom poškodení fólie a bez jej poškodenia po degradácii drevokaznými hubami.

Zvýšenie vlhkosti preglejovaných dosák môže mať za následok napadnutie drevokaznými hubami. Na základe tohto poznatku bolo našim cieľom sledovať dynamiku vlhkosti týchto materiálov v prostredí s nasýtenou vodnou parou a pri kontakte s vodou, aby sme zistili za aký čas je materiál schopný prijať dostatočnú vlhkosť pre rast huby pri rôznom poškodení povrchu. V tomto prípade nie je dôležitý len prírastok vlhkosti preglejovaných dosák, ale rovnako aj jej úbytok.

2 Literárny prehľad

2.1 Trvanlivosť a ochrana dreva vo vzťahu k štruktúre dreva

Prirodzenou vlastnosťou dreva je jeho degradovateľnosť pod vplyvom biotických a abiotických činiteľov (Tab.1). K rôznym defektom v štruktúre dreva dochádza nezriedka už počas rastu stromov, pri ťažbe, preprave a skladovaní guľatiny. Zámerné zmeny v štruktúre dreva sú vyvolané v rámci mechanických, chemických alebo biologických technológií, pri spracovaní drevnej suroviny na medziprodukty a výrobky. Odolnosť reziva a výrobkov z dreva voči poškodeniam je predurčená nielen štruktúrou dreva, ale významne aj jeho expozičným zaťažením ako aj spôsobmi jeho chemickej a modifikačnej ochrany (Reinprecht 1994).

Tab. 1 Zatriedenie drevoznehodnocujúcich činiteľov podľa pôvodu

Drevoznehodnocujúci činiteľ	biotický	mikroorganizmus	Baktérie
		z ríše rastlinnej	Drevokazné huby Drevosfarbujúce huby Plesne Parazitické semenné rastliny
	z ríše živočíšnej	Drevokazný hmyz Morské mäkkýše Morské raky Vtáky a cicavce Človek	
	abiotický	atmosférický	Voda Kolísanie vlhkosti Kolísanie teploty Slnéčné žiarenie a iné Prúdenie kvapalných a Plynných médií Mechanické vplyvy
		termický	Plameň Sálavé teplo
chemický		Kyseliny Zásady Oxidovadlá	

Prirodzená trvanlivosť dreva – sa v praxi nedá presne definovať, keďže je ovplyvnená množstvom rôznych faktorov:

- štruktúra dreva a odlišnosti v štruktúre, dané najmä druhom dreva, ale často aj klimatickými, pôdnymi a inými podmienkami rastu stromu
- expozičné zaťaženie dreva, dané najmä lokalizáciou v interiéroch a exteriéroch

Dôležité je zdôrazniť, že odolnosť dreva voči biologickým škodcom nezávisí v žiadnom prípade od jeho hustoty, keďže aj druhy dreva s vysokou hustotou bez obsahu jadrových látok typu trieslovín, terpenoidov a pod., ako je buk alebo hrab, patria k najmenej trvanlivým druhom.

Avšak aj triesloviny a iné látky so schopnosťou zvýšiť trvanlivosť dreva sa môžu postupne z neho vymývať, čím sa jeho prirodzená trvanlivosť v čase znižuje (Hillis1985).

2.2 Štruktúra dreva

2.2.1 Chemické zloženie dreva

Drevo ako prírodný rastlinný materiál je zmes chemických v podstatnej miere organických látok (Tab. 2). Bunkové steny sú tvorené hlavne celulórou a lignínom. Celulóza tvorí cca 45-50% hmotnosti úplne suchého dreva a lignín asi 20-30%. Ďalšia zložka hemicelulóza, činí 20 až 25%. V dreve sa nachádzajú extraktívne látky najčastejšie vo forme prírodných živíc, olejov, tanínu a alkaloidov (Stalnaker 1997).

Vysokopolymérny sacharid celulóza je z hľadiska využitia dreva najdôležitejšia chemická látka, ktorú človek už v dávnej minulosti dokázal izolovať z dreva a využívať na rôzne výrobky (papier, dynamit, chemické vlákna a pod). Aj z toho dôvodu, že celulóza sa nachádza v prírode aj v čistom stave (bavlna) je celulóza najlepšie preskúmaná chemická látka dreva (Požgaj, 1997). Celulóza dáva drevu jeho silu: je nosnou zložkou materiálu (Stalnaker 1997).

Približne jednu štvrtinu absolútne suchého dreva tvoria heteropolymérne polysacharidické látky nazývané hemicelulózy. Hemicelulózy sú tvorené zmesou päť a šesť uhlikatých sacharidov a uronových kyselín. Polysacharidický podiel dreva tvorený celulórou a hemicelulózami nazývame holocelulóza (Požgaj, 1997).

Tretia základná zložka dreva je aromatická látka nazývaná lignín. Má výrazne iné chemické zloženie a aj vlastnosti v porovnaní s celulórou a hemicelulózami (Požgaj, 1997). Lignín predstavuje 23% až 33% z drevnej hmoty u mäkkého dreva a 16% až 25%

v tvrdých drevinách. Hoci lignín sa vyskytuje v dreve po celej bunkovej stene, je sústredený smerom von z buniek a medzi bunkami (Youngqist 1999). Lignín je "lepidlo", ktoré tmelí celulózové vlákna dohromady, vyplňa priestory medzi vláknami a vystužuje ich.

Chemické zložky v dreve môžeme rozdeliť tak ako je uvedené v Tab. 2:

Tab. 2 Rozdelenie chemických látok v dreve (Reinprecht 2008)

DREVO			
Hlavné zložky 90 - 97 % (polyméry)		Sprievodné zložky 3 - 10 %	
Sacharidický podiel holocelulóza (70 - 80 %)	Aromatický podiel (15 - 28 %)	Organické	Anorganické
celulóza (46 - 56 %) hemicelulózy (23 - 35 %)	lignín (15 - 28 %)	polyméry monoméry	

Celulóza

Celulóza je hlavnou zložkou dreva a predstavuje približne 50% drevnej hmoty. Čistá celulóza je nerozvetvený homopolymér opakujúcich sa zložiek celobiózy (Požgaj, 1997). Jedná sa o lineárny polymér s vysokou molekulovou hmotnosťou, pritom celobióza pozostáva z dvoch β – D glukopyranózových lineárnych jednotiek spojených v polohách 1 – 4. Počas rastu stromu, makromolekuly celulózy sú usporiadané do kryštálovej mriežky (Youngqist 1999).

Reťazce celulózy v mriežke navzájom postranne držia sekundárne vodíkové väzby. Tieto sekundárne spojenia sú príčinou anizotropie pružnostných a pevnostných vlastností celulózy a majú vplyv aj na anizotropiu fyzikálnych a mechanických vlastností dreva ako celku. Postranné sily spájajúce kryštalinity celulózy sú príčinou toho, že sú odolne voči vplyvom vody a rozpúšťadiel. Všeobecne sa predpokladá, že na začiatku vnikania molekúl vody do bunkových stien sa voda viaže na voľné hydroxilové skupiny predovšetkým v amorfných oblastiach celulózy pomocou vodíkových väzieb. Potom sa ďalšie molekuly vody viažu aj na molekuly vody, ktoré sú už viazané na celulózu. Tieto väzby sú vodíkové (Požgaj, 1997).

Hemicelulózy

Druhou sacharidickou zložkou holocelulózy sú hemicelulózy. V porovnaní s celulózou sú to polysacharidy s menšou relatívnou molekulovou hmotnosťou a kratšími reťazcami. Ľahko ich možno hydrolizovať zriedenými kyselinami alebo extrahovať

zriedenými alkáliami. Väčšinou sú amorfné. Hemicelulózy ovplyvňujú chemické a fyzikálne vlastnosti dreva. Osobitne sa to prejavuje pri technologických procesoch sušenia, varenia, prania a lisovania dreva. Drevo obsahuje 20 – 35% hemicelulóz a ich obsah je vyšší v listnatých drevinách. Hemicelulózy sa rozdeľujú podľa hrubej štruktúry a hlavných komponentov takto:

- a) xylány
- b) manány
- c) galaktány

Xylány sú najdôležitejšie hemicelulózy listnatého dreva. Ihličnany obsahujú ako hlavnú hemicelulózovú zložku glukomanán, ktoré má pravdepodobne dobré chemické spojenia s celulózu (Požgaj, 1997).

Lignín

Dôležitou zložkou zabezpečujúcou drevnatenie bunkových stien dreva je lignín, ktorého obsah predstavuje z hmotnosti dreva prevažne 20 – 30 %. V ihličnatých drevinách je obsah lignínu vyšší než v listnatých drevinách (Požgaj 1997). Lignín je trojrozmerný reťazovo rozvetvený amorfný polymér a jeho štruktúra a rozdelenie v dreve sú stále neúplne objasnené (Youngquist 1999). Podľa Požgaja (1997) má najvyššie percento zastúpenia v zloženej strednej lamele, a to 60 – 90%. Naprieč bunkovou stenou je rozložený medzi celulóзовými fibrilami. Lignín má v bunkových stenách hydrofóbnú funkciu. Drevu dodáva pevnosť najmä v tlaku. Smerom k luménu lignínu ubúda, pribúda celulózy a hemicelulóz.

Extraktívne látky

Na rozdiel od hlavných zložiek dreva, sprievodné zložky nie sú štruktúrnymi komponentmi. V dreve sa nachádzajú organické a anorganické zlúčeniny. Organické zlúčeniny sú prítomné vo forme extraktívnych látok a prispievajú k vlastnostiam ako je farba, vôňa, chuť, odolnosť voči hnilobám, hustota, hydrokopicita či horľavosť. Medzi extraktívne látky patria mastné kyseliny, terpenoidy a živicové kyseliny, lignany, kyseliny trieslové a flavonoidy. Tieto látky možno z dreva odstrániť pomocou rozpúšťadiel akými sú napr. voda, lieh, acetón, benzén či etér. Extrakty tvoria nanajvýš 5 – 10 % hmoty, v závislosti od druhu dreveniny a rastových podmienok. Anorganické látky tvoria 0,2 % až 1 % dreva. Ca, K a Mg sú najzastúpenejšími elementárnymi

komponentmi. V stopových množstvách sú ešte prítomné P, Na, Fe, Si, Mn, Cu, Zn a iné (Youngquist, 1999).

2.3 Vlastnosti dreva

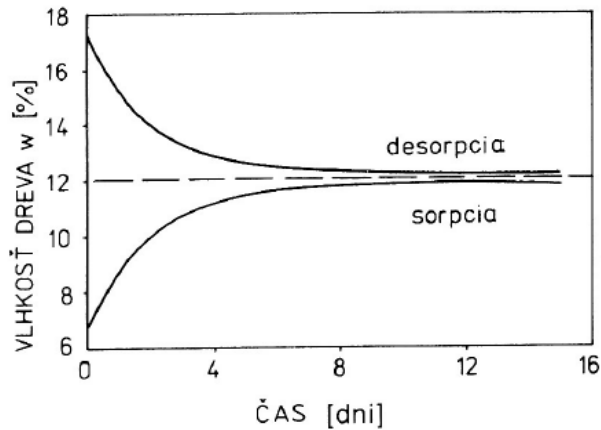
Z hľadiska použiteľnosti dreva je vlhkosť jeho rozhodujúcou vlastnosťou. Na obsahu vody závisí, či rozmery a tvar materiálu ostanú nezmenené, alebo dôjde k zväčšeniu alebo zmenšeniu. Je pre nás teda podstatné tento vzťah objasniť. Z tohto pohľadu je pojednanie o vzťahu dreva a vody za najdôležitejšiu časť náuky o dreve. Zanedbaním týchto vzťahov by mohlo byť následkom narušenia vzhľadu i funkčného použitia výrobkov z dreva a vedie k znehodnoteniu tohto materiálu (Brumovský, Rada 1991).

2.3.1 Vlhkosť dreva

Drevo je pórovitý hydroskopický materiál, ktorý je schopný prijímať vlhkosť z atmosféry alebo priamo z tekutín. Rozoznávame vodu chemicky viazanú a vodu voľnú. Obsah vlhkosti ovplyvňuje fyzikálne vlastnosti, ako je zosychanie a napúčanie dreva, hustota, vodivosť, tepelné a akustické vlastnosti, zvetrávanie, mechanické vlastnosti, reakcie na biologické činitele – degradácia dreva hmyzom, hubami, baktériami, morskými škodcami a technologické vlastnosti a spracovanie ako obrábanie, sušenie, impregnovanie, lepenie a povrchová úprava (Anderson a kol. 1991).

2.3.1.1 Stav vlhkostnej rovnováhy

Drevo je hydroskopický materiál, ktorý má schopnosť meniť svoju vlhkosť podľa vlhkosti okolitého vzduchu. Ak vzorku dreva umiestnime v prostredí s konštantnými parametrami a necháme ju tam dostatočne dlho, dosiahne stav vlhkostnej rovnováhy. Vlhkosť dreva zodpovedajúcu tomuto stavu nazývame rovnovážnou vlhkosťou (Obr.1). Pojmom sorpcia označujeme proces dosahovania rovnovážnej vlhkosti zdola (navlhčím), pričom opačným pojmom bude desorpcia (vysušenie).



Obr. 1 Rovnovážna vlhkosť dreva

Závislosť rovnovážnej vlhkosti dreva od relatívnej vlhkosti vzduchu pri konštantnej teplote nazývame sorpčnou izotermou (Požgaj a kol, 1997).

2.3.1.2 Bod nasýtenia vlákien

Bod nasýtenia vlákien (BNV) je vlhkosť, pri ktorej sa mechanické vlastnosti prudko menia. Je to vlhkosť dreva, pri ktorej sú bunkové steny nasýtené vodou, ale v lúmenoch voda nie je. BNV sa chápe ako ostré rozhranie medzi viazanou a voľnou vodou (Smith, 1987), ktorého priemerná hodnota vlhkosti sa pre naše dreviny udáva vo výške 30%.

V dreve sa voda nachádza ako voľná a viazaná. Voľná voda, nazývaná aj ako kapilárna, vyplňa v dreve najmä lúmeny, príp. medzibunkové priestory, čo dovoľujú kapilárne sily (Križan a Matúš, 2008). Rozumieme ňou vodu, ktorá je uložená v hrubej kapilárnej štruktúre dreva, teda v póroch, ktorých priečny rozmer je väčší ako 10^{-7} m (Požgaj a kol, 1997). V dreve je prítomná len vtedy, keď sú bunkové steny zaplnené viazanou vodou. Množstvo voľnej vody v dreve sa pohybuje od BNV po úplné nasýtenie dreva vodou. Jej maximálne množstvo môže byť vyššie ako 100% (Križan a Matúš, 2008). Rozoznávame dva druhy pohybu takejto vody v dreve. Prvý z nich je spôsobený skutočnosťou, že voda zmáča steny kapilár dreva, a teda po nich vzlína. Druhý je hydrodynamickým pohybom vody cez drevo vyvolaný gradientom vonkajšieho tlaku. Vlastnosť dreva, ktorá umožňuje tento pohyb nazývame priepustnosťou (Požgaj a kol, 1997).

Viazaná voda nazývaná aj hygroskopická, sa nachádza v bunkových stenách a je viazaná vodíkovými silami. Voda viazaná v dreve má rozmedzie 0% až do BNV (Križan a Matúš, 2008).

Ak skúmame faktory ovplyvňujúce priepustnosť, môžeme ich rozdeliť na vnútorné a vonkajšie. Vnútorné faktory priamo súvisia so štruktúrou dreva, t. j. s počtom a veľkosťou vodivých elementov, ktoré drevo obsahuje. Vonkajšie faktory ovplyvňovania priepustnosti súvisia s odchýlkami od podmienok platnosti pohybových rovníc.

Rozdiel voľnej a viazanej vody v dreve umožňuje súčasné sledovanie kinetiky nasiakavosti a napúčania dreva. Táto metóda poskytuje informácie o viazanej vode v dreve (Požgaj a kol, 1997).

2.3.2 Vplyv vlhkosti na rast drevokazných húb

Drevoznehodnocujúce huby výraznejšie napádajú a poškodzujú drevo až pri jeho zvýšenej vlhkosti na hranici alebo nad hranicou bodu nasýtenia vlákien $w \geq \text{BNV}$, t. j. v oblasti nad 30%. Miernejšie poškodenia však nemožno úplne vylúčiť ani pri nižšej vlhkosti dreva v oblasti $w = 20\%$ (Rainprecht, 2003).

2.4 Charakteristika a použitie preglejovaných materiálov

Stále zmenšujúca sa surovinová základňa a nedostatky prírodného dreva sú príčinou toho, že sa rozširuje využívanie nových materiálov, s celkovo lepšími technologickými vlastnosťami, vhodnejšími pre priemyselnú výrobu. Tieto materiály sa vyznačujú veľkoplošnými rozmermi, rovnomernosťou mechanických vlastností a väčšej odolnosti proti vonkajším vplyvom. Navrhované výrobky z dreva sú široko používané v stavebníctve a doprave. Preglejka má jeden z najlepších fyzikálnych a mechanických vlastností pre použitie vo vlhkom prostredí zaradená do triedy ohrozenia 3, teda používaná pre vonkajšie expozície, bez kontaktu so zemou. Napriek tomu hlboké znalosti o ich dynamike vlhkosti a hubovej citlivosti je predpokladom pre správne použitie (Van den Bulcke 2011).

2.4.1 Charakteristika preglejovaných materiálov

Základné pojmy a rozdelenie preglejovaných materiálov (Réh a kol. 1997):

Preglejovaná doska – vrstvená doska vytvorená lepením niekoľkých vrstiev s určitým smerom drevných vlákien susedných vrstiev.

Preglejka – doska vyrobená zlepením troch alebo viac dyhových listov, pričom smer vlákien susedných vrstiev je z pravidla na seba kolmý.

Tvarovaná preglejka – preglejka lisovaná do určitého tvaru v špeciálnej forme.

Veľkoplošné materiály sa vyrábajú lisovaním, obvykle za tepla, z elementov dreva, získaných mechanickým delením.

2.4.2 Použitie preglejovaných materiálov

Preglejované dosky nachádzali a stále nachádzajú široké možnosti svojho uplatnenia v rôznych oblastiach. Koncom 70-tych rokov bol hlavným odberateľom preglejok nábytkársky priemysel. Vodovzdorné preglejky sa používajú v stavebníctve na bývanie v rôznom prevedení. V stavebníctve sa spracovávajú aj pre iné oblasti napr. ako konštrukčný materiál na podlahy, nosné steny, dvere, lamelové konštrukcie a pod.. V stavebníctve sa používajú pre možnosť povrchovej úpravy, pre značnú hrúbku a pre ich prijateľnú cenu. Nároky na kvalitu stavebných preglejok sú podstatne menšie než pre výrobu nábytku. Ďalšie široké uplatnenie preglejky u výrobcov obalov a v doprave – električky, autobusy, nákladné automobily, vagóny a pod.. Vodovzdorné preglejky je možné využívať i v poľnohospodárstve – pojazdné kurníky, včelíny a i. (Král 1993)

2.5 Dopravné preglejované materiály

Preglejované dosky vyrobené z dýh tvrdých listnatých drevín, napr. buk, prevažne však breza, lepené vodovzdorným lepidlom so špeciálnymi konštrukciami a povrchmi. Sú obojstranne fóliované. Jedna zo strán môže mať protišmykovú úpravu povrchu. Tieto listnaté preglejky tvoria konštrukcie podláh dopravných prostriedkov, napr. autobusov, železničných vagónov, nadstavieb nákladných automobilov (Král a Hrázský 2004).

2.6 Kritéria, znaky a vplyvy na kvalitu preglejovaných materiálov

Stúpajúce nároky na výrobky na báze dreva vyžadujú kvalitný výber materiálov a polotovarov. Výber sa prevádza pomocou skúšobných metód, ktoré sú vopred určené a prispôbené vlastnostiam skúšobného materiálu. Medzu pevnosti v ohybe a modul pružnosti preglejovaných materiálov ovplyvňuje niekoľko faktorov – druh a kvalita dreviny, vlhkosť, hustota, štruktúra dreva, teplota, počet vrstiev, použité lepidlo a iné (Réh a kol. 1997)

1. Vplyv hustoty

So stúpajúcou hustotou sa modul pružnosti v ohybe a pevnosť v ohybe zvyšujú. Tento vzťah sa vyjadruje lineárne. Závislosť medzi hustotou a mechanickými vlastnosťami je zložitejšia, pretože pevnosť preglejovaných materiálov nezávisí len na hustote dreva, ale tiež na anatomickej stavbe. Vplyv hustoty sa najviac prejavuje v suchom stave preglejovaných materiálov, pri vlhkosti nad medzou hydroskopicity je nevýrazný (Šteller 1967).

2. Vplyv vlhkosti

Podľa Dinwoodie (2000) niekoľko typov preglejky je založených na menej odolných druhov dreva, ktoré nevykazujú dobrý výkon vo vonkajších podmienkach, sú potrebné presnejšie poznatky o biologickej trvanlivosti, aby ich bolo možné klasifikovať podľa výkonnosti trvanlivosti. V tejto súvislosti je rozhodujúce štúdium ich dynamiky vlhkosti, a to tým skôr, že je všeobecne známe, že vlhkosť má významný vplyv na mechanické a fyzikálne vlastnosti dreva, preglejky a ďalších materiálov na báze dreva. Sledovanie vlhkosti patrí k dôležitým operáciám vo výrobe a prevádza sa z dôvodu zaistenia potrebnej akosti výrobku.

Preglejky podobne ako masívne drevo reagujú na zmenu vlhkosti zmenou rozmerov. Avšak vzhľadom ku krížovému zlepeniu jednotlivých vrstiev sú zmeny rozmerov v rovine dosky podstatne redukované. K zmenám rozmerov produktov dochádza v rozsahu vlhkosti 0 – 30 %, resp. pri vlhkosti dreva pod bodom nasýtenia vlákien dreva. Pri vyššej vlhkosti nedochádza k významnejším zmenám.

Obsah vlhkosti sa pri relatívnej vlhkosti vzduchu 65 ± 2 % a teplote 20 °C pre rôzne druhy preglejok s objemovou hmotnosťou 430 až 794 kg/ m³ pohybuje medzi 7,3 až 12,7 % (Kráľ a Hrázský 2004).

Vlhkosť dýh používaných pre výrobu preglejovaných dosák sa pohybuje v rozmedzí 4 - 10 %. Pevnostné a elastické vlastnosti dreva a materiálov na báze dreva sú závislé na vlhkosti do BNV. Nad týmto bodom sa nemenia. V rozsahu vlhkosti 8 – 18 % je zmena vlastností preglejok najintenzívnejšia a je lineárna. Pri zmene vlhkosti o 1 % sa zmení pevnosť v ohybe o 4% a modul pružnosti o 1 %.

Navlhavosť preglejok je nižšia než u rastlého dreva, hlavne z dôvodu vyššej objemovej hmotnosti a obsahu lepidla. Navlhavosť preglejok ovplyvňuje aj lisovacia teplota. Nasiakavosť je ovplyvnená lisovacím časom a teplotou lisovania. Čím vyššia je

teplota lisovania , tým vyššia je nasiakavosť alebo navlhavosť preglejok. Vplyv teploty je značný do 147 °C a nad touto hranicou je zanedbateľný (Šteller, 1978).

3. Vplyv teploty

So zvyšujúcou sa teplotou modul pružnosti v ohybe a pevnosť v ohybe klesá. Účinky teploty na mechanické vlastnosti sa menia s obsahom vlhkosti. Interakcia teploty a vlhkosti dreva sa výrazne prejavujú pri 60 – 90 °C. S rastúcou teplotou a vlhkosťou pevnosť dreva výrazne klesá (Matovic 1993).

4. Vplyv počtu vrstiev

Pri zaťažení v ohybe, rozhodujúcu úlohu hrá geometrické usporiadanie jednotlivých vrstiev. Vlastnosti jednotlivých vrstiev a ich podiel na celkovej hrúbke je základným parametrom. V prvkoch podliehajúcich zaťaženiu na ohyb, je možné za použitia voštiny alebo peny získať pomerne ľahké kombinované dosky s vysokým modulom pružnosti a pevnosti v ohybe. Zníženie centrálnych vrstiev však môže spôsobiť problémy pri uplatňovaní dosiek, napríklad pre montážne kovanie (Baldwing 1973).

5. Účinky štruktúry

Uhol smeru vlákien medzi jednotlivými vrstvami, druh lepidla a podiel lepidla vrátane impregnácie vrstiev ukazujú, dominantný vplyv na vlastnosti preglejok v module pružnosti a medze pevnosti v ohybe. V porovnaní s masívnym drevom, je dosiahnutá homogenizácia, pretože miesta obsahujúce vady (hrč, trhliny) sa rovnomerne rozložia. Možnosť prispôbiť anizotropiu preglejovaných materiálov určitej konštrukčnej funkcii voľbou hrúbkového profilu je veľkou prednosťou preglejovaných materiálov (Požgaj a kol. 1993) .

2.7 Faktory ovplyvňujúce kvalitu lepeného spoja

1. Vplyv tepelnej úpravy dýh – podľa Northcotta (1959) sa u ihličnatých drevín znižuje pevnosť lepenia so zvyšujúcou teplotou (180 °F a 375 °F). Chow a Mukai (1972) zistili, že smrekové dýhy pri teplote 180 °C so vzrastom tepelného odbúrania celulózy zhoršili akostné vlastnosti PF lepidlami.

2. Vlhkosť materiálu - PF lepidlá sú príliš citlivé na množstve vlhkosti obsiahnuté v dyhe. Zvýšená vlhkosť predlžuje lisovací čas preglejok, znižuje viskozitu naneseného lepidla, čo má za následok hĺbkovú penetráciu do dyhy a nekvalitný spoj (Katovic, 1971). Vlhkosť hotovej preglejky lepenej za studena je vyššia a jej dodatočné sušenie vyvoláva vznik vnútorných napätí v preglejke (Réh, 1997)
3. Pevnosť dreva a veľkosť napúčania – Na smrekové preglejky nepôsobia vodné kúpele pred šmykovou skúškou v takej miere ako na bukové preglejky. Vysvetlenie možno nájsť v nižšej pevnosti dreva a menším tangenciálnym napúčaním smrekového dreva (Suchsland, 1987).
4. Vplyv obsahu prírodnej živice - Ihličnany obsahujú živice skladajúcich sa zo živičných kyselín polárneho charakteru, preto vykazujú dobrú afinitu ako k drevu, tak i k lepidlu (Eisner, 1966).
5. Hustota – so vzrastajúcou hustotou rovnakého druhu dreva rastú aj pevnostné vlastnosti lepeného spoja (Eisner, 1966).

2.8 Vplyv vstupných surovín na preglejované materiály

2.8.1 Používané lepidlá a ich vlastnosti

Hakki Alma (1999) prišiel k záveru, že laboratórne pripravený materiál na báze dreva lepený živicom čisto prírodnej povahy je omnoho viac degradovateľný ako klasická veľkoplošná doska lepená syntetickou živicom. Vyššiu odolnosť je možné predpokladať u lepidiel s obsahom fenolitických látok, ktoré sú pre hubu nevhodné.

Drevokazné huby výrazne znižujú ohybové vlastnosti, a to jednoznačne vplyvom pôsobenia vlhkosti, kedy dochádza k narušovaniu éterovej väzby močovinoformaldehydovou živicom lepených materiálov spolu s obecným znižujúcim vplyvom vlhkosti na pevnosť dreva.

U materiálov používaných v suchom prostredí, ktoré sú v nábytkárskej praxi, a tiež v niektorých častiach stavebných konštrukcií s využitím dreva najčastejšie, je spojivom močovinoformaldehydové lepidlo, ktoré je však málo odolné proti pôsobeniu vlhkosti.

Použitie fenolformaldehydových lepidiel (založených na fenolitickej báze), môže výrazne znížiť aktivitu drevokaznej huby vplyvom prítomnosti fenolu, ktorý na drevokazné huby pôsobí toxicky (Sedliačik a Dudas, 1998).

Organické lepidlá sa vplyvom degradačných činiteľov rozkladajú vo väčšej miere. Živice typu aminoplastov a fenolplastov, prípadne izokyanáty nie sú degradačnými činiteľmi prednostne napádané, pretože nepredstavujú z hľadiska pomerného zastúpenia uspokojivý zdroj a hlavne pre enzymatický aparát by rozklad chemicky vytvorených zložiek predstavoval značný problém. Opačná situácia je u parafínov a hlavne lepidiel na glutinových a škrobových bázach, pretože predstavujú ľahko rozložiteľný zdroj výživy huby (Holan a kol., 2006).

2.8.2 Vplyv náteru na vlastnosti preglejky

Král a Hrázský (2004) skúmali vplyv použitého náterového systému na rýchlosť navlhčenia preglejok a zmeny rozmerov v závislosti na zmene relatívnej vlhkosti vzduchu. Skúšky boli prevedené na fóliovaných vodovzdorných preglejovaných doskách s protišmykovou úpravou na dvoch typoch konštrukcie. U oboch typov výrobcovia udávajú gramáž povrchovej fólie 167 g/m², triedu lepenia 3 podľa ČSN EN 314-2, to je vyhovujúce testu AW 100, a triedu úniku formaldehydu A podľa ČSN EN 1084.

Na hrany vzoriek boli nanesené nátery – akrylátový náter AQUACOL V2080 a polyuretánový dvojzložkový náter U 2070.

Výsledkom práce bolo zistenie, že polyuretánový náterový systém síce chráni hranu ďaleko lepšie ako akrylátový náterový systém, ale po dobe 30 – 40 dní dôjde k vyrovnaniu rozdielu medzi týmito dvomi náterovými systémami. Behom skúšky došlo u akrylátového náteru k popraskaniu povrchu pri rozdieli vlhkosti 15 %, avšak u polyuretánovom nátere došlo k drobnému popraskaniu až pri rozdieli vlhkosti 20 %, a to len u kombinovaných preglejok (Král a Hrázský, 2004).

2.9 Drevo a preglejované materiály poškodené hnilobou

Veľkou nevýhodou dreva je jeho náchylnosť k degradácii abiotickými a biotickými činiteľmi. Jeho poškodenie môže byť spojené pôsobením drevokaznými hubami, hmyzom, ohňom, vetrom a i. (Reinprecht, 2007).

Huby sú chemoheterotrofné organizmy. Nemajú fotosyntetické pigmenty, a teda nevedia premeniť oxid uhličitý z ovzdušia na organické látky (Gáper 2005).

Drevokazné huby sú najčastejšie biodegradační činitelia guľatiny, dreva a výrobkov z dreva. Degradované drevo má nižšiu hustotu, horšie mechanické vlastnosti a jeho fyzikálne vlastnosti sú zmenené individuálne podľa druhu hniloby (Reinprecht, 2007):

- Hnedá hniloba – spôsobená celulózoformnými bazídiomycétami
- Biela hniloba – spôsobená lignoformnými bazídiomycétami a niektorými askomycétami
- Mäkká hniloba – spôsobená pôdnymi askomycétami a niektorými deuteromycétami

Metódy na detekciu alebo identifikáciu hniloby dreva (Reinprecht 1996, Unger a kol. 2001):

- Priame metódy sú založené na analýze štrukturálnych zmien v dreve, ku ktorým dôjde počas procesu degradácie - mikroskopická a chemická analýza.
- Nepriame "deštruktívne a semi-deštruktívne" metódy sú samozrejme založené na Existencii niektorých vzťahov medzi štruktúrou degradovaného dreva a mechanických vlastnosti.
- Nepriame "nedeštruktívne" metódy sú stále dôležitejšie v súčasnej dobe, a to najmä v prípadoch, keď cieľom sú minimálneho vady na drevených prvkoch v priebehu testu. Vo výskumných prácach a tiež v praxi sa v súčasnej dobe používajú akustické, elektrické, kolorimetrické a röntgenové metódy.

Morfológia a princípy drevokazných húb a ich deštruktívna činnosť, sú podrobne popísané v odbornej literatúre (Schmidt, 2006 a Reinprecht, 1996).

2.9.1 Biela hniloba

Pre drevokazné huby bielej hniloby sú typické biele farby degradovaného dreva. Tieto huby dokážu svojím pôsobením rozkladať celulózu, hemicelulózy a lignín (Rypáček 1957). Lignoformné huby odbúravajú polysacharidy i lignín, a to buď súbežne (erózna forma bielej hniloby), resp. postupne, keď sa drevo najskôr delignifikuje a potom sa z neho odbúravajú aj polysacharidy (delignifikačná forma bielej hniloby). V sumáre platí, že pokles polymerizačného stupňa celulózy vplyvom lignoformných húb je postupne miernejší ako vplyvom celulózoformných húb, nakoľko kryštalická celulóza sa

pri čisto iba enzymatických formách rozkladu depolymerizuje pomalšie (Reinprecht 2008).

2.9.2 Outkovka pestrá (*Trametes versicolor*)

Tab. 3 Optimálne podmienky (Svatoň 2000)

Teplota prostredia	Vlhkosť	Svetlo	Hodnoty pH	Vzduch
-rast 5°C – 38°C	-20% a viac	- malý význam na vývoj huby	-vývoj od 2,5 - 7,5	-minimálny objem v rozmedzí 5 – 20%
-optimum 26°C – 29°C	-optimum 40 - 50%		-optimum 4 – 5,5 pH	

Obecný popis

Jedná sa o saprofytickú hubu, vyskytuje sa predovšetkým na dreve listnatých drevín. Veľmi ojedinele sa môžeme stretnúť s napadnutím rastúcich poranených alebo oslabených jedincov. Dokáže prežiť i dlhšiu dobu, kedy nemá drevo dostatočnú vlhkosť, ktorá je jednou zo špecifik vývoja huby. Huba predovšetkým napáda drevo v nevetraných priestoroch a zabudované drevo so zvýšenou vlhkosťou. Veľmi často sa vyskytuje na drevených konštrukciách, ktoré sú vo styku so zemou. Jediným účinným riešením ošetrenia dreva je použiť vhodné chemické prostriedky (Baier a Týn 2001).

Plodnice vyrastajú v tesnej blízkosti a často k sebe prirastajú. Typickou vlastnosťou je rast klobúku z drevnej hmoty bez hlúbiku. Plodnice bývajú široké 2 až 10 cm, na povrchu veľmi často prúžkované. Sfarbenie klobúku je veľmi premenlivé v závislosti na vlhkosti, ročnom období a druhu dreveného substrátu. Povrch je v mladosti jemne chlpatý, zamatový až hodvábné lesklý na okrajoch plodnice nepravidelne zvlnený. Rúrky sú krátke 2 mm s drobnými pórmí. Dužina je belavá, tenká a kožovitá. Výtrusný prach je bielej farby a výtrusy sú o veľkosti 6 x 2 µm (Belán a Kotlaba 1970).



Obr. 2 Outkovka pestrá (www.burle.blog.cz)

Outkovka pestrá patrí medzi drevokazné huby, ktorá dokáže svojimi enzýmami rozkladať všetky zložky dreva (celulózu, hemicelulózy a lignín). Tieto hlavné komponenty dreva degraduje súbežne a vytvára tzv. erozívnu hnilobu dreva (Reinprecht 2008). Pri erozívnej degradácii dochádza k rýchlemu rozrastaniu hýf. Primárne hýfy napádajú parenchymatické bunky, ktoré v dreve zastávajú vodivú a zásobnú funkciu. Tieto bunky sú veľmi vhodné pre ďalší rozvoj huby. Následne dochádza k napadnutiu a poškodeniu ostatných stavebných elementov dreva. V prvej fáze aktivity outkovky dochádza vďaka jej enzýmom k vytváraniu prehĺbenia a pri ďalšom pôsobení dôjde k vytvoreniu dier. Rozklad je často nerovnomerný, keď niektoré bunky zostávajú nepoškodené a iné celkom zmiznú (Reinprecht 1997).

2.9.3 Vlastnosti degradovaného dreva

Názorným príkladom transformácie štrukturálnych zmien poškodeného dreva do jeho vlastností je hnilé drevo. Hnilobné defekty možno pozorovať aj voľným okom. Fyzikálne vlastnosti hnilého dreva sa menia špecificky podľa typu i štádia hniloby a z mechanických vlastností sa zhoršujú viac – menej všetky. (Reinprecht 2008)

Štruktúrne zmeny hnilého dreva vzniknuté na molekulárnej hladine sa premietajú do hladiny anatomickej (napr. nerovnomerné poškodenie jednotlivých vrstiev bunkových stien dreva), nezriedka do hladiny morfolologickej z hľadiska nerovnakého poškodenia jednotlivých bunkových elementov alebo pletív dreva a obvykle aj do hladiny geometrickej. Dôsledkom štruktúrnych zmien hnilého dreva sú zmeny jeho fyzikálnych a mechanických vlastností. (Reinprecht 1994)

Fyzikálne vlastnosti hnilého dreva

Hustota - vďaka hmotnostným úbytkom a zachovaniu objemu dreva klesá. V prvej fáze degradácie klesá hmotnosť dreva minimálne (1 - 3 %), ale v ďalšom časovom horizonte môže dôjsť až k 97% poklesu drevnej hmoty a tým tiež k výrazne zníženej hustote (Zabel a Morrell, 1992).

Vlhkosť dreva – sa naopak zvyšuje vďaka aktivite drevokaznej huby, ktorá si takto vytvára optimálne životné podmienky pre svoj ďalší rozvoj (Zabel a Morrell, 1992).

Nasiakavosť – narastá. Nárast sa týka ako kinetiky v dôsledku lepšieho prepojenia narušených buniek dreva, tak aj kapacity v dôsledku zvýšenej pórovitosti dreva.

Navlhavosť – hnilého dreva sa mení v závislosti od typu hniloby. Pri hnedej hnilobe, ktorá je spojená s odbúraním polysacharidov, sa vo väčšine prípadov pozoruje jej pokles. Pri bielej hnilobe erózneho typu, spojenej s rovnomerným odbúraním polysacharidov i lignínu, sa navlhavosť dreva zvyčajne nemení (Reinprecht 2008).

Mechanické vlastnosti hnilého dreva

Rázová húževnatosť v ohybe – klesá u hnilého dreva veľmi výrazne. Táto vlastnosť najcitlivejšie odráža štruktúrne zmeny v dreve, a to nie len v hnilom, ale aj v dreve poškodenom inými spôsobmi. Zjavnejší pokles húževnatosti nastáva v dreve s hnedou hnilobou vzhľadom k drevu s bielou hnilobou, čo súvisí s výraznejšou depolymerizáciou celulózy vplyvom celulózo-vorných húb.

Statické mechanické vlastnosti – hnilého dreva (ťah, ohyb, tlak, tvrdosť, a iné), hodnotené prostredníctvom medze pevnosti, medze úmernosti, modulu pružnosti a iných parametrov sa zhoršujú, ale miernejšie ako rázová húževnatosť v ohybe. Pomerne najvýraznejšie sa znižujú ťahové a ohybové charakteristiky hnilého dreva. Ich pokles je obvykle najintenzívnejší pri hnedej hnilobe dreva.

Pokles mechanických vlastností hnilého dreva významne závisí aj na jeho vlhkosti. Drevo stráca svoju pevnosť hlavne v mokrom stave pri vlhkosti nad bodom nasýtenia vlákien $w > 30\%$. (Reinprecht 2008)

3 Materiál a metodika práce

Nasledujúca kapitola je zameraná na popis materiálu a výrobu vzoriek, ktoré sme použili pri výskume. Ďalej je podrobne popísaný postup práce.

Degradácia dreva drevokaznými hubami patrí medzi nežiaduci proces, pri ktorom drevo stráca svoje pôvodné vlastnosti (fyzikálne a mechanické). Medzinárodná norma ČSN EN 113 popisuje prirodzenú odolnosť dreva voči tomuto pôsobeniu a popisuje skúšobné metódy pre zisťovanie prirodzenej ochranej účinnosti dreva proti drevokazným hubám (*Basidiomycetes*), podľa ktorej sme v testovaní postupovali. V práci sme sa zamerali na experimentálne stanovenie závislosti mechanických vlastností na veľkosti hmotnostného úbytku a stanovenie zmeny pevnosti dopravnej bukovej preglejky (*Fagus sylvatica*) jednostranne fóliovanej a brezovej preglejky (*Betula pendula*) obojstranne fóliovanej.

3.1 Materiál

Buková preglejka

Na výskum bola použitá dopravná bukovaná preglejka (*Fagus sylvatica*). Preglejka je vyrobená z lúpanej dyhy lepená fenol - formaldehydovým lepidlom ako 11 vrstvomá vo formáte o rozmeroch 1250 x 2500 x 155 mm. Preglejka určená pre exteriérové použitie a zaradená do triedy ohrozenia 3. Jednostranne je chránená proti pôsobeniu vody fenolickou fóliou o gramáži 150g/m², hrany a povrchová vrstva z jednej strany je opatrená ochranným vodovzdorným náterom (vodouriediteľnou akrylátovou farbou). Sú zdravotne nezávadné a vyhovujú triede úniku formaldehydu A (EI) podľa ČSN EN 1084 Preglejované dosky. Triedy úniku formaldehydu podľa metódy plynovej analýzy.

Brezová preglejka

Celobrezová preglejka (*Betula pendula*) používaná v stavebníctve, transporte a doprave, vyrobená z lúpanej dyhy lepená fenol – formaldehydovým lepidlom ako 9 vrstvomá vo formáte o rozmeroch 1250 x 2500 x 145 mm. Ide o vodovzdornú preglejku z oboch strán chránenú proti pôsobeniu vody hladkou fenolickou fóliou o gramáži 120 g/m² a hrany sú opatrené ochranným vodovzdorným náterom (vodouriediteľnou akrylátovou farbou). Sú zdravotne nezávadné a vyhovujú triede úniku formaldehydu A

(E1) podľa ČSN EN 1084 Preglejované dosky. Triedy úniku formaldehydu podľa metódy plynovej analýzy.

Vyrobené vzorky sa napíli z veľkoformátových bukových a brezových preglejovaných dosiek. Na testovanie bolo potrebné napíliť vzorky o rozmeroch 50 x 50 mm a 50 x 280,5 mm. U ohybových vzoriek boli vlákna vrchnej dyhy rovnobežné s dlhšou stranou vzorky.

Bukové a brezové vzorky o rozmeroch 50 x 50 mm sme rozdelili do troch skupín:

1. skupina – nepoškodené 20 ks
2. skupina – čiastočné odstránenie povrchovej vrstvy (obrúsenie) 20 ks
3. skupina – poškodenie vrypom 20 ks

Bukové a brezové vzorky o rozmeroch 50 x 280,5 mm sme rozdelili do troch skupín:

1. skupina – nepoškodené 15 ks
2. skupina – čiastočné odstránenie povrchovej vrstvy (obrúsenie) 10 ks
3. skupina – poškodenie vrypom 15 ks

3.2 Metodika práce

3.2.1 Navlhavosť a nasiakavosť

Príprava vzoriek na meranie vlhkosti

Veľkoformátové bukové a brezové preglejované dosky sme napílili na formátovacej pile na vzorky o rozmeroch 50 x 50 mm. Vzorky sme použili na zisťovanie prijímania vlhkosti dvomi spôsobmi:

1. Vloženie do exikátorov s nasýtenou vodnou parou
2. Vloženie do nádob s destilovanou vodou

Na vzorkách sme spravili rôzne poškodenia, ktoré simulovali reálne opotrebenie preglejovaných dosák používaných ako ložné plochy v nákladných automobiloch pri prevážaní tovaru a manipulovaní s ním.

Vzorky sme rozdelili do troch skupín:

1. skupina – referenčná
2. skupina – čiastočné odstránenie povrchovej vrstvy
3. skupina – poškodenie vrypom



Obr. 3 Rozdelenie BR vzoriek podľa poškodenia



Obr. 4 Rozdelenie BK vzoriek podľa poškodenia

Každá skupina obsahuje tieto vzorky:

- buková preglejka 50 x 50 mm 60 ks – jednostranne fóliované a ochranná farba
- brezová preglejka 50 x 50 mm 60 ks – obojstranne fóliované

3.2.1.1 Meranie vlhkosti

Hrany vzoriek sme natreli vodovzdorným lakom Epolex (Epoxidový lak dvojzložkový, tužidlo) zmiešaný v pomere 100:40. Naniesli sme ho v dvoch vrstvách aby sme zabránili vnikaniu vlhkosti cez hrany vzoriek. Náter sme nechali dva dni schnúť, vzorky sme nechali vysušiť pri teplote 103 ± 2 °C. Po vysušení sme vzorky zvážili a dali klimatizovať. Po klimatizácii sme ich opäť zvážili s presnosťou 0,001g.

Prvú skupinu sme vložili do exikátorov s vodou a sledovali sme príjem vlhkosti v nasýtenej vodnej pare.



Obr. 5 Bukové a brezové vzorky v nasýtenej vodnej pare

Vzorky sme vážili po dobu 62 dní nasledovne:

- 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 15, 19, 23, 27, 30, 34, 37, 41, 44, 48, 51, 54, 58, 62 dní

Druhú skupinu vzoriek bukovej a brezovej preglejky sme naukladali do nádoby s destilovanou vodou. Tieto vzorky boli tiež poškodené dvomi spôsobmi a nepoškodené:

1. BK referenčné – 10 ks
2. BK čiastočné odstránenie povrchovej vrstvy – 10 ks
3. BK poškodenie vrypom – 10 ks

1. BR referenčné – 10 ks
2. BR čiastočné odstránenie povrchovej vrstvy – 10 ks
3. BR poškodenie vrypom – 10 ks

Do nádob určených na sledovanie nasiakavosti vzoriek sme na dno vložili sieťku a naliali vodu s výškou hladiny 3 mm. Do nádob sme naukladali vzorky, ktorých poškodená plocha bola položená na túto sieťku a ponorená vo vode.

Hladinu destilovanej vody, v ktorej boli preglejky ponorené, sme chodili kontrolovať každý deň. Po túto dobu bolo potrebné dolievať destilovanú vodu do nádob, aby nedošlo k vysychaniu vzoriek.

Vzorky sme vážili po dobu 62 dní v rovnakých intervaloch ako u predchádzajúcej skupiny.



Obr. 6 Bukové a brezové vzorky vložené do nádoby s vodou

Vzorky sme testovali podľa predpisov normy ČSN EN 322 Desky ze dřeva. Zjišťování vlhkosti. Výsledky z váženia sme zapísali do tabuliek a hmotnosti prepočítali na vlhkosť. Na výpočet vlhkosti sme použili vzorec:

$$w = (m_w - m_0)/m_0 * 100 \quad (1)$$

Kde: w – vlhkosť vzorku (%)

m_w – hmotnosť pri vlhkosti w (g)

m_0 – hmotnosť pri vlhkosti $w = 0\%$ (g)

Obsah vlhkosti v dreve w_a je definované ako hmotnosť vody v dreve, ktorá je vyjadrená podielom hmotnosti vody k hmotnosti dreva v absolútne suchom stave. Udáva sa v percentách.

V našom záujme bolo nie len zistenie prijímania vlhkosti, ale taktiež desorpcia vlhkosti preglejovaných materiálov. Po uplynutí 30 dní sme vzorky opäť zvážili a zapísali do tabuliek. Aby sme zistili úbytok vlhkosti, z každej skupiny (poškodených a nepoškodených) sme vybrali po 7 ks, ktoré sme vložili do klimatizovanej komory. Ostatné vzorky sme vrátili späť do nádoby s vodou a exikátoru, aby sme naďalej sledovali prijímanie vlhkosti. Úbytok vlhkosti klimatizovaných vzoriek sme merali v nasledovných intervaloch:

- 1, 3, 5, 7, 9, 11, 14, 18, 21, 25, 28, 32 dní

Príprava vzoriek na meranie mechanických vlastností

Pre posúdenie degradácie preglejok v závislosti na čase boli použité dopravné bukové a brezové preglejky. Vzorky boli vyrobené tak, aby odpovedali skúškam pre zisťovanie modulu pružnosti a medze pevnosti v ohybe.

Veľkoformátové bukové a brezové preglejované dosky sme napílili na formátovacej píle na vzorky o rozmeroch 50 x 280,5 mm.

Každá skupina obsahuje tieto vzorky:

- buková preglejka 50 x 280,5 mm 40 ks – jednostranne fóliované a ochranná farba
- brezová preglejka 50 x 280,5 mm 40 ks – obojstranne fóliované

Na vzorkách sme spravili rôzne poškodenia, ktoré by simulovali reálne opotrebenie preglejovaných dosák používaných ako ložné plochy v nákladných automobiloch pri prevážaní tovaru a manipulovaní s ním. Skúšobné vzorky sme očíslovali, aby sme ich počas skúšky vedeli identifikovať.

Pred vysušením sme hrany vzoriek natreli vodovzdorným náterom (vodouriediteľnou akrylátovou farbou) a náter nechali vyschnúť. Jednotlivé vzorky sme zvažili v absolútne suchom stave s presnosťou na 0,001 g. Absolútne suchý stav sme dosiahli vysušením vzoriek v komorovej teplovzdušnej sušiarňi pri teplote 103 ± 2 °C. Takto vysušené vzorky sme dali klimatizovať pri teplote 20 ± 2 °C na 3 týždne.

Rozdelenie bukových a brezových preglejok podľa poškodenia:

1. skupina – nepoškodené 30 ks
2. skupina – čiastočné odstránenie povrchovej vrstvy 20 ks
3. skupina – poškodenie vrypom 30 ks

3.2.2 Mykologický test

Proces degradácie preglejovaných materiálov bol prevedený podľa modifikovanej ČSN EN 113. Pre zvolený druh preglejok sme vybrali drevokaznú hubu *Trametes versicolor*, ktorá spôsobuje bielu hnilobu dreva. Doba pôsobenia drevokaznej huby bola 14 týždňov, referenčná skupina vzoriek nebola vystavená pôsobeniu drevokaznej huby a slúžili ako kontrolné vzorky.

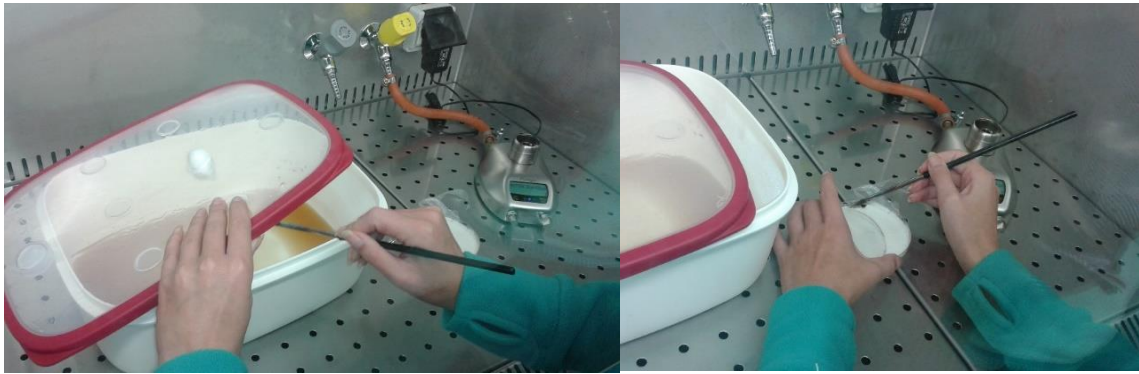
1. Príprav živnej pôdy

Zmiešali sme agar (Malt Extract Agar Base) s destilovanou vodou (50 g agar, 1000 ml destilovaná voda). Po zmiešaní sa roztok nechal odstáť. Banku s roztokom sme vložili do autoklávu, kde sa roztok varil 30 minút pri zvýšenom tlaku a teplote, a to $t = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $p = 140\text{ kPa}$. Do veka, ktorým sa nádoby uzavreli sme vyvrtali otvor a utesnili ho vatou z dôvodu zabezpečenia cirkulácie vzduchu vo vnútri nádoby. Po varení sme 3 dcl horúcej živnej pôdy naliali do kultivačných nádob (plastových boxov). Pripravené kultivačné nádoby sme dali sterilizovať v autokláve pri teplote $t = 121\text{ }^{\circ}\text{C}$ a tlaku $p = 170\text{ kPa}$ nasýtenou vodnou parou po dobu 20 minút. Po sterilizácii sme nádoby zo živnou pôdou nechali vychladnúť pri teplote $20 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ vo vodorovnej polohe. Po dosiahnutí tuhosti živnej pôdy sme nádoby vložili do inkubátoru s laminárnym prúdením vzduchu so sterilným prostredím.

2. Očkovanie kultúrami húb

V inkubátore s laminárnym prúdením vzduchu v sterilnom prostredí sme živnú pôdu naočkovali kultúrou daného kmeňa drevokaznej huby (*Trametes versicolor*). Použili sme radvanovú ihlu sterilizovanú nad plameňom.

Takto pripravenú hubovú kultúru v kultivačných nádobách so živou pôdou, sme umiestnili v prostredí pri teplote $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 4 týždňov, aby kultúra pokryla celý povrch živnej pôdy.



Obr. 7 Očkovanie kultur húb

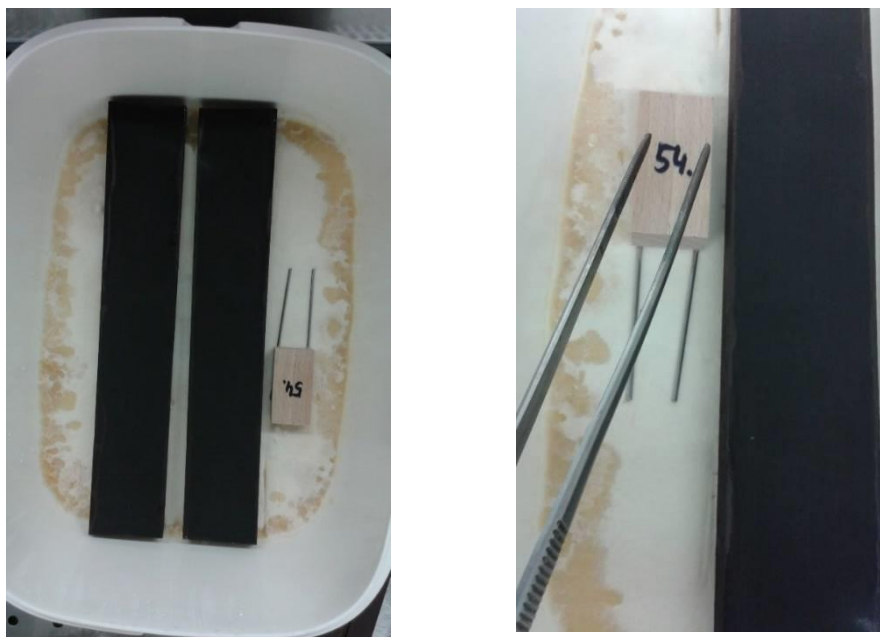
3. Vkladanie vzoriek

Skúšobné telesá sme vysterilizovali dva krát:

1. Sterilizácia pri teplote 110° na dobu 20 minút
2. Sterilizácia pri teplote 110° na dobu 10 minút

Vzorky počas sterilizácii boli zabalené do alobalovej fólie. Sterilné vzorky sme vybalili z fólie a vložili sme ich do kultivačných nádob v inkubátore s laminárnym prúdením. Aby sa zabránilo priamemu kontaktu skúšobných vzoriek s myceliom drevokaznej huby, vzorky sme uložili na sterilné kovové podložky v tvare U. Jednotlivé vzorky, boli uložené tak, aby sa nedotýkali stien kultivačnej nádoby ani navzájom medzi sebou.

Kontrolné vzorky (15 x 25 x 50 mm) umiestnené v kultivačných nádobách boli vyhotovené z bukového dreva vyrobené podľa požiadaviek normy ČSN EN 113. Všetky telieska boli vyrobené bez nepravého jadra, hŕč a s rovnobežným prírastkom letokruhov. Telieska z bukového dreva sme použili, aby sme zistili, či degradačná aktivita drevokaznej huby je dostatočná. Do každej kultivačnej nádoby bolo umiestnené jedno teliesko tejto dreviny.



Obr. 8 Vkladanie preglejovaných a referenčných vzoriek do kultivačných nádob

Takto naukladané vzorky sme v nádobe uzavreli vekom a hubu nechali pôsobiť v prostredí pri teplote $t = 20^{\circ}\text{C}$ a relatívnej vlhkosti $\varphi = 65\%$ po dobu 14 týždňov. Po ukončení mykologického testu sme zisťovali zmenu mechanických vlastností po a pred degradáciou drevokaznými hubami, a to konkrétne medzi pevnosti a modul pružnosti v ohybe.

Po uplynutí doby 14 týždňov po rozraste húb, nasledovalo starostlivé očistenie povrchu vzoriek od mycelia a kládol sa dôraz, aby nedošlo k poškodeniu povrchu vzoriek.



Obr. 9 Napadnutie hubou

Meranie úbytku hmotnosti

Takto očistené vzorky sme zvážili s presnosťou 0,001g a dali sme ich sušiť pri teplote 80 °C po dobu 10 dní. Po vysušení na 0% vlhkosť sme vzorky zvážili a vypočítali % úbytok hmotnosti po degradácii preglejkových materiálov. Strata hmotnosti každej vzorky vzhľadom k hnilobe bola vypočítaná na základe hmotnosti pri w 0% pred skúškou a po nej.

Úbytok hmotnosti sa vypočíta podľa vzorca:

$$\Delta m = (m_1 - m_2)/m_1 * 100 \quad (2)$$

Kde: Δm - zmena hmotnosti (%)

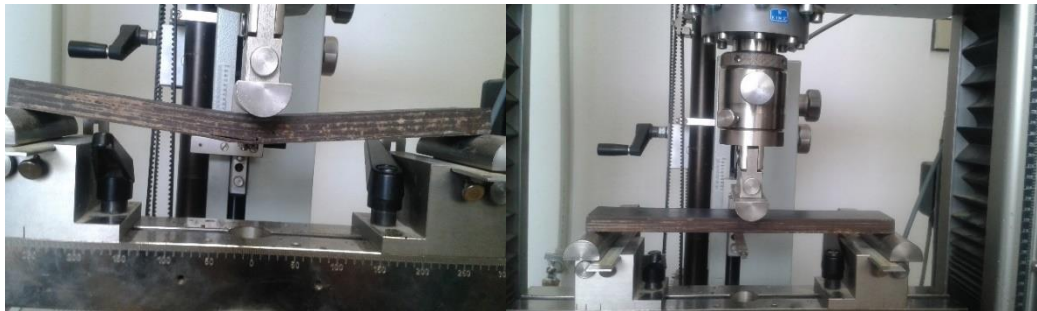
m_1 – pôvodná hmotnosť pri vlhkosti 0% (g)

m_2 – konečná hmotnosť pri vlhkosti 0% (g)

3.2.3 Meranie medze pevnosti a modulu pružnosti pri statickom ohybe podľa normy ČSN EN 310

Pre stanovenie mechanických vlastností boli použité postupy odpovedajúce požiadavkám noriem ČSN EN 310 Desky ze dřeva. Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu. Zisťovanie pevnosti v ohybe a modulu pružnosti v ohybe boli prevádzané na univerzálnom testovacom stroji ZWICK/Z050/TH 3A.

Podstata skúšky spočíva v meraní priehybu pod stredným zaťažovacím tŕňom v závislosti na pôsobiacom zaťažení, v priebehu skúšky trojbodovým ohybom prevádzané konštantnou rýchlosťou posuvu, až do okamžiku porušenia skúšaného telesa.



Obr. 10 Trojbodový ohyb

1. Ohybovou skúškou sa zisťovali ohybové vlastnosti a charakteristiky preglejovaných materiálov. Pred začatím ohybovej skúšky sme si najskôr namerali hodnoty hrúbky a šírky skúšobných vzoriek pomocou posuvného meradla:
 - hrúbku v priesečníku uhlopriečok
 - šírku v polovici dĺžky
2. Skúšobné teleso sa vložilo symetricky na podpery skúšobného prípravku tak, aby jeho pozdĺžna osa bola v pravom uhle k podperám a stred pod zaťažovacím tŕňom. Rozpätie medzi stredmi podpier bol nastavený na vzdialenosť 280,5 mm, teda rovnajúce sa dĺžke vzoriek.
3. Zaťažovanie telesa sa prevádzalo konštantnou rýchlosťou posuvu zaťažovacieho tŕňa. Rýchlosť zaťažovania sa upravila tak, aby maximálne zaťaženie bolo dosiahnuté za (60 ± 30) s.
4. Skúšky sa prevádzali na referenčných vzorkách a vzorkách napadnutých hnilobou. Výsledky nameraných hodnôt boli postupne spracovávané v programe testXpert.

4 Výsledky

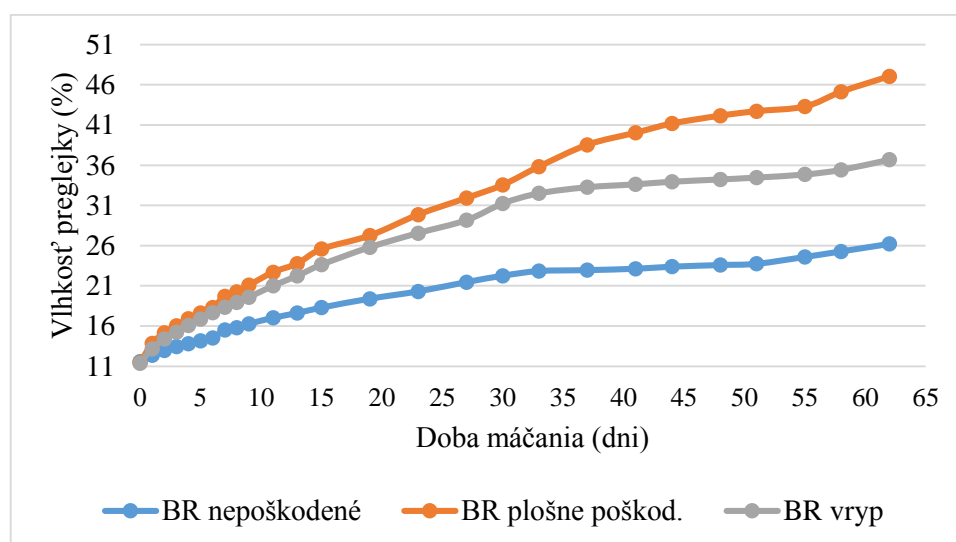
4.1 Vlhkosť skúšobných telies

Na vzorkách o rozmere 50 x 50 mm sme sledovali navlhavosť v nasýtenej vodnej pare a nasiakavosť v destilovanej vode.

4.1.1 Nasiakavosť

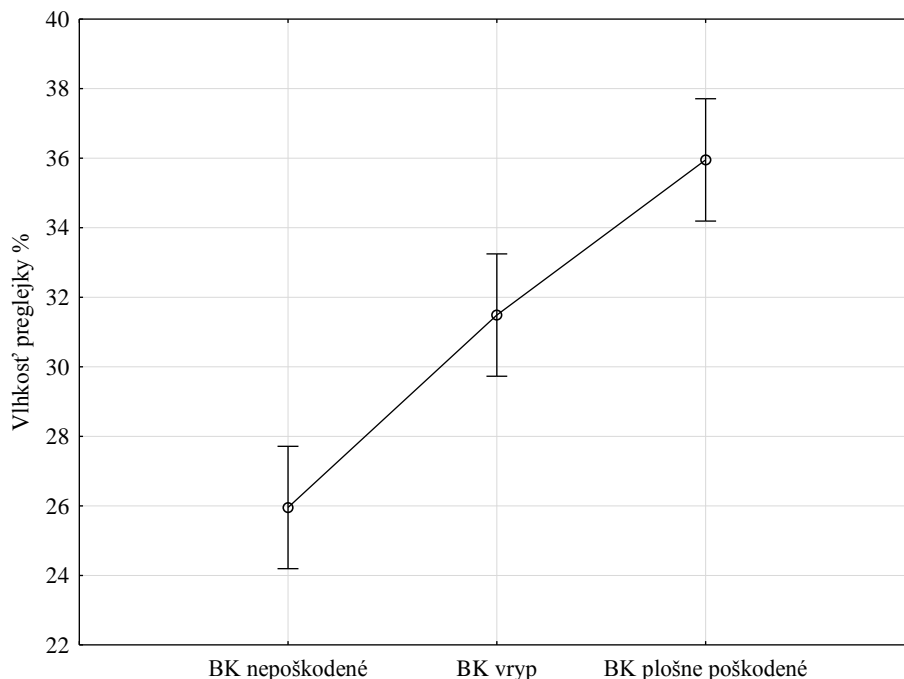
Príjem vlhkosti bukových vzoriek s neporušením a s porušením fólie dvomi spôsobmi sme zaznamenali do grafu (Obr. 11). Vzorky sme vložili do nádob s vodou a zmenu vlhkosti sme merali v pravidelných intervaloch. Najrýchlejší príjem vlhkosti bol u vzoriek s plošným poškodením. Najnižší nárast vlhkosti bol u vzoriek s nepoškodenou fenolickou fóliou.

Minimálna vlhkosť $w = 20\%$ pre rast huby bola dosiahnutá pri plošnom poškodení fólie už za 3 dni máčania vo vode. U ďalších dvoch skupín vlhkosť narastala pomalšie a túto kritickú vlhkosť dosiahli po 6 dňoch.



Obr. 11 Nasiakavosť BK preglejok v destilovanej vode

Z grafického znázornenia (Obr.12) pomocou ANOVY, môžeme tvrdiť, že medzi vybranými skupinami boli zistené štatisticky významné rozdiely zmeny vlhkosti na základe poškodenia fólie vzoriek. Testovali sme vlhkosti dosiahnuté po 30 dňoch máčania v destilovanej vode.



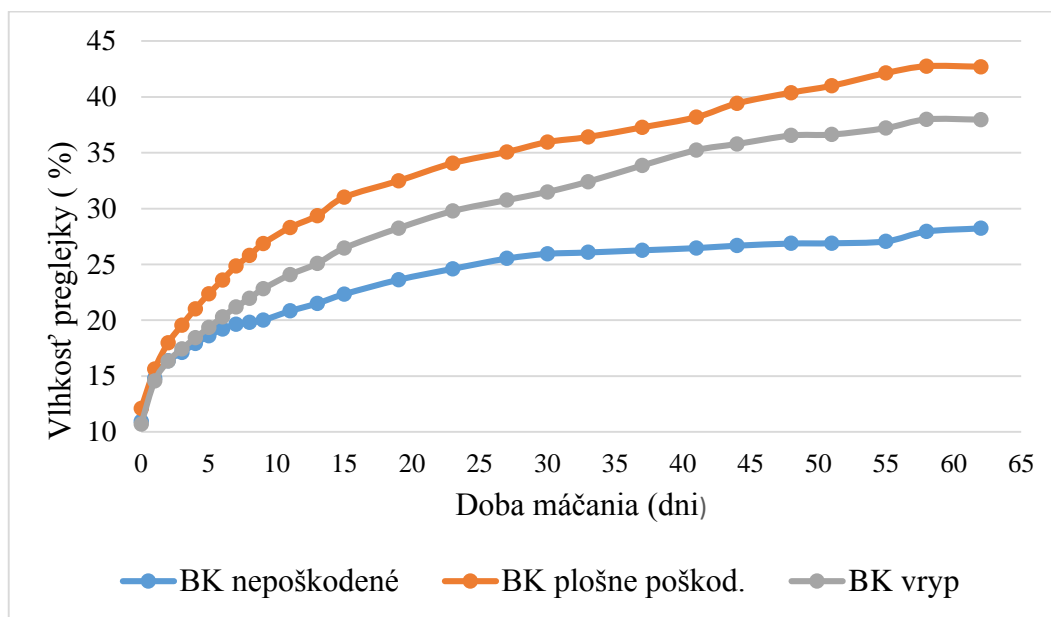
Obr. 12 Jednofaktorová analýza rozptylu nasiakavosti BK preglejky v destilovanej vode, $p = 0,00$

Tukeyho test mnohonásobného porovnania v Tab. 4 poukazuje na tieto štatisticky významné rozdiely, ktoré sú vyznačené v našom prípade zvýraznenými číslami a pre ktoré platí $p < 0,05$. Venujme pozornosť stredným hodnotám porovnávaných skupín nepoškodenej BK preglejky so vzorkami s poškodením. Medzi týmito súbormi sú štatisticky významné rozdiely. Štatisticky významné rozdiely sú aj medzi skupinami s plošným poškodením a vrypom.

Tab. 4 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania zmeny vlhkosti bukovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel)

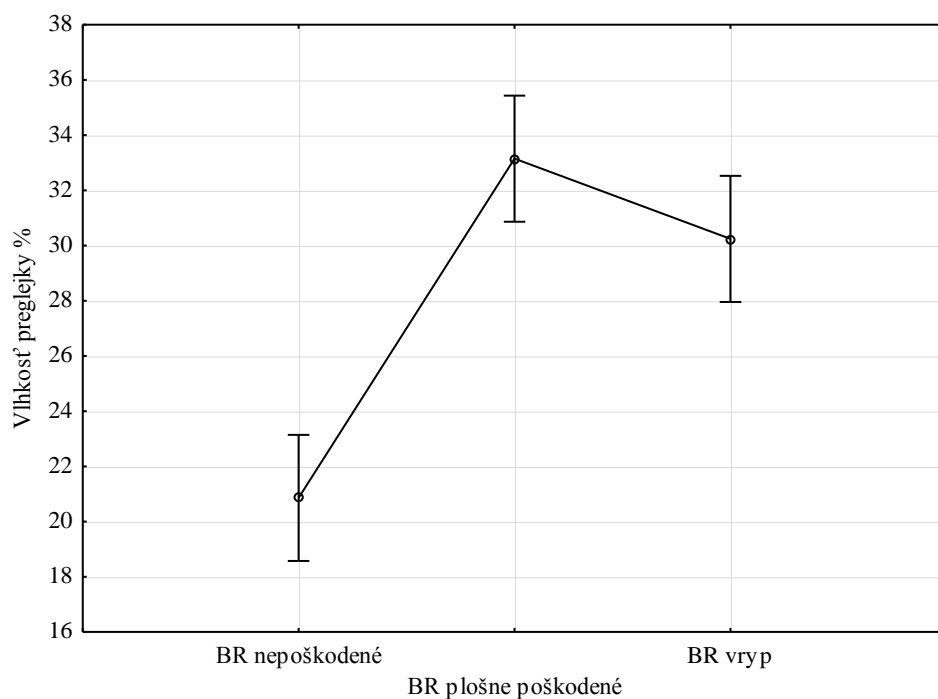
SKUPINA	1	2	3
BK nepoškodené		0,000392	0,000127
BK vryp	0,000392		0,002939
BK plošne poškodené	0,000127	0,002939	

Minimálna vlhkosť $w = 20\%$ pre rast huby bola dosiahnutá pri plošnom poškodení fólie máčaním v destilovanej vode po 7 dňoch. Skupina s poškodením fólie vrypom, túto vlhkosť dosiahla po 9 dňoch. Nepoškodené preglejky dosiahli kritickú vlhkosť 20% až po 23 dňoch v destilovanej vode.



Obr. 13 Nasiakavosť BR preglejok v destilovanej vode

Z grafického znázornenia (Obr.14) pomocou ANOVY, môžeme tvrdiť, že medzi vybranými skupinami boli zistené štatisticky významné rozdiely zmeny vlhkosti na základe poškodenia fólie vzoriek. Testovali sme vlhkosť rovnako ako u bukových preglejok po 30 dňoch máčania v destilovanej vode.



Obr. 14 Jednofaktorová analýza rozptylu nasiakavosti BR preglejky v destilovanej vode, $p = 0,00$

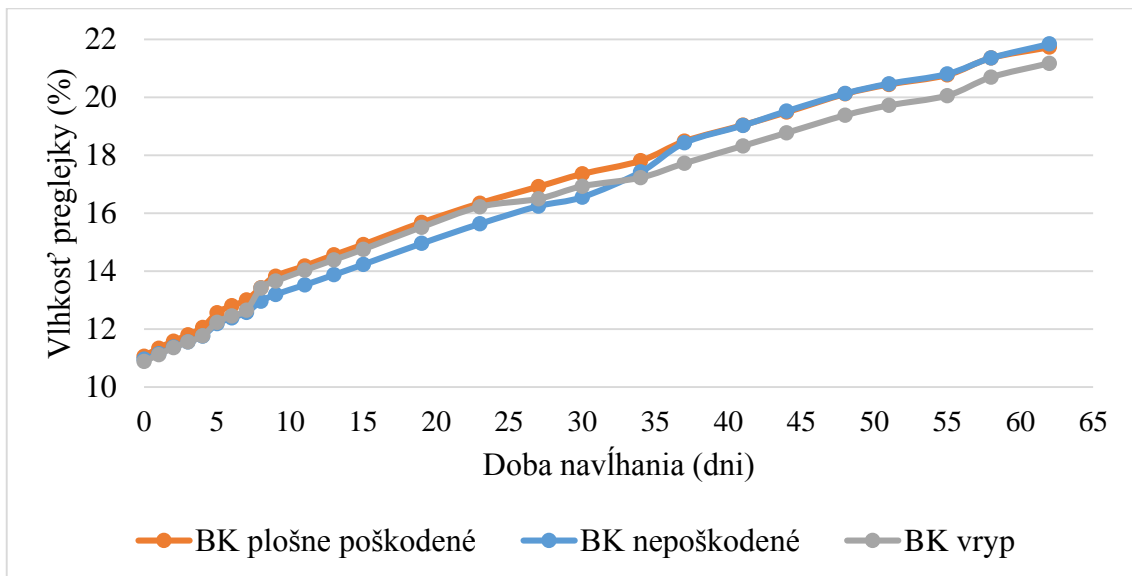
Rovnako ako u BK preglejok aj pre BR platí, že medzi skupinami bez poškodenia a s poškodením sú štatisticky významné rozdiely.

Tab. 5 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania zmeny vlhkosti brezovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel)

SKUPINA	1	2	3
BR nepoškodené		0,000127	0,000131
BR plošne poškodené	0,000127		0,174147
BR vryp	0,000131	0,174147	

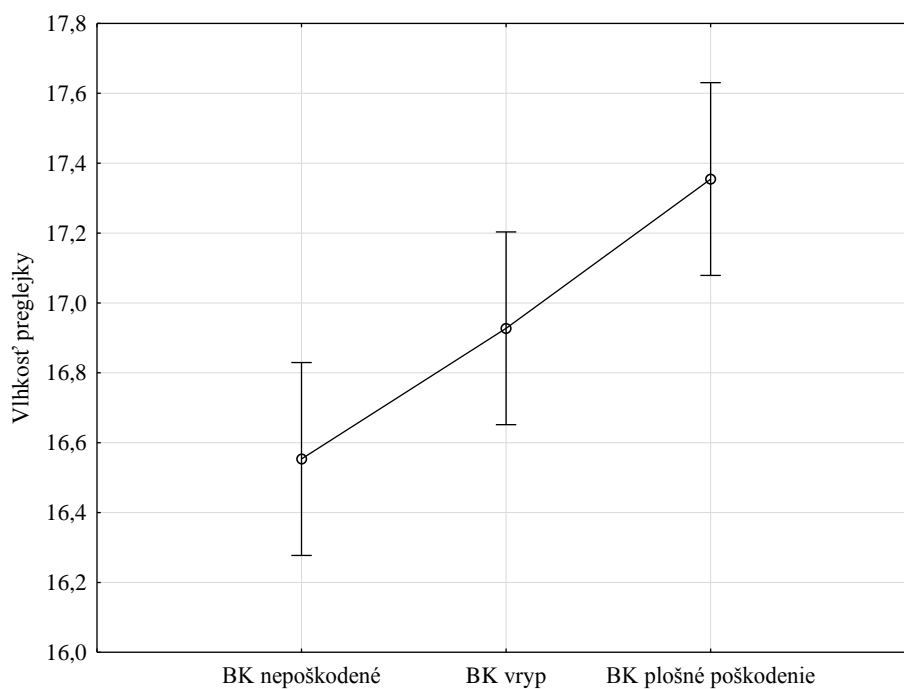
4.1.2 Navlhavosť

Vzorky sme vložili do exikátorov a sledovali sme navlhavosť BK a BR preglejok v nasýtenej vodnej pare. Z Obr. 15 vidíme, že nárast vlhkosti pri vzorkách s nepoškodením a poškodením fólie sa výrazne nelíši. Minimálna vlhkosť $w = 20\%$ pre rast huby bola dosiahnutá pri plošnom poškodení a bez poškodenia fólie po 48 dňoch. Skupina s poškodením fólie vrypom, túto vlhkosť dosiahla až po 55 dňoch.



Obr. 15 Navlhavosť BK preglejok v nasýtenej vodnej pare

Z grafického znázornenia (Obr.16) pomocou ANOVY, môžeme tvrdiť, že medzi vybranými skupinami boli zistené štatisticky významné rozdiely zmeny vlhkosti na základe poškodenia fólie vzoriek. Testovali sme vlhkosti po 30 dňoch v nasýtenej vodnej pare.



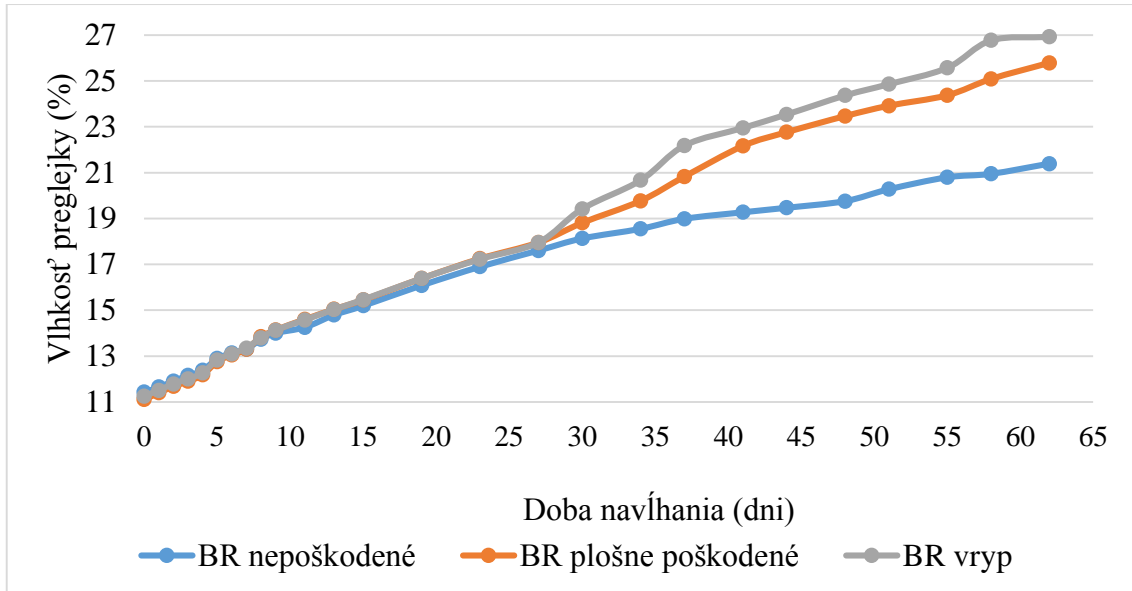
Obr. 16 Jednofaktorová analýza rozptylu navlhavosti BK preglejky v nasýtenej vodnej pare, $p = 0,00$

Tukeyho test mnohonásobného porovnania v Tab. 6 poukazuje na tieto štatisticky významné rozdiely, ktoré sú vyznačené v našom prípade zvýraznenými číslami a pre ktoré platí $p < 0,05$. Venujme pozornosť stredným hodnotám porovnávaných skupín nepoškodenej BK preglejky so vzorkami s plošným poškodením. Medzi týmito súbormi sú štatisticky významné rozdiely.

Tab. 6 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania zmeny vlhkosti bukovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel)

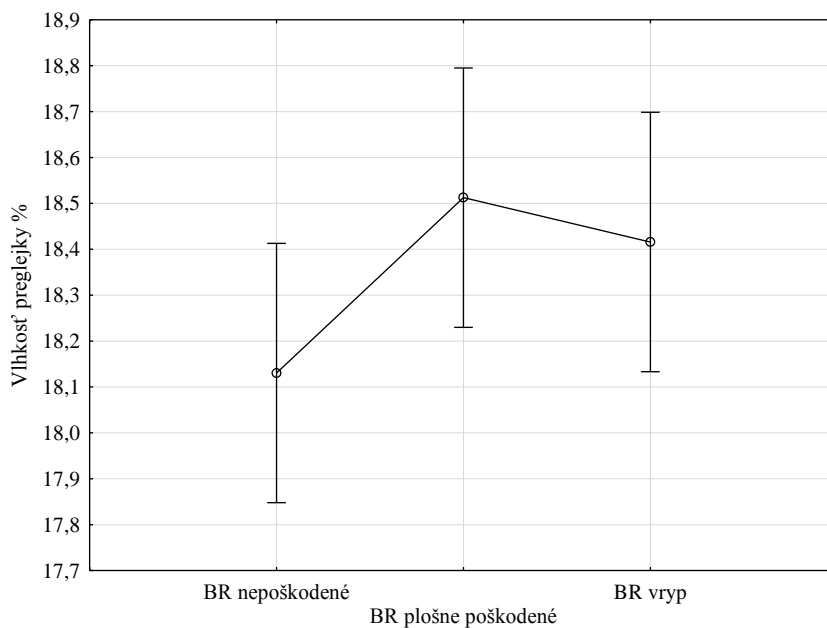
SKUPINA	1	2	3
BK nepoškodené		0,139874	0,000814
BK plošne poškodené	0,139874		0,081450
BK vryp	0,000814	0,081450	

Z Obr. 17 môžeme vidieť, že nárast vlhkosti v nasýtenej vodnej pare BR preglejky bol rovnaký po dobu 30 dní. Vlhkosť vzoriek s plošným poškodením a vrypom naďalej narastala s malými rozdielmi, zatiaľ čo pre nepoškodené vzorky bol príjem vlhkosti podstatne nižší.



Obr. 17 Navlhavosť BR preglejok v nasýtenej vodnej pare

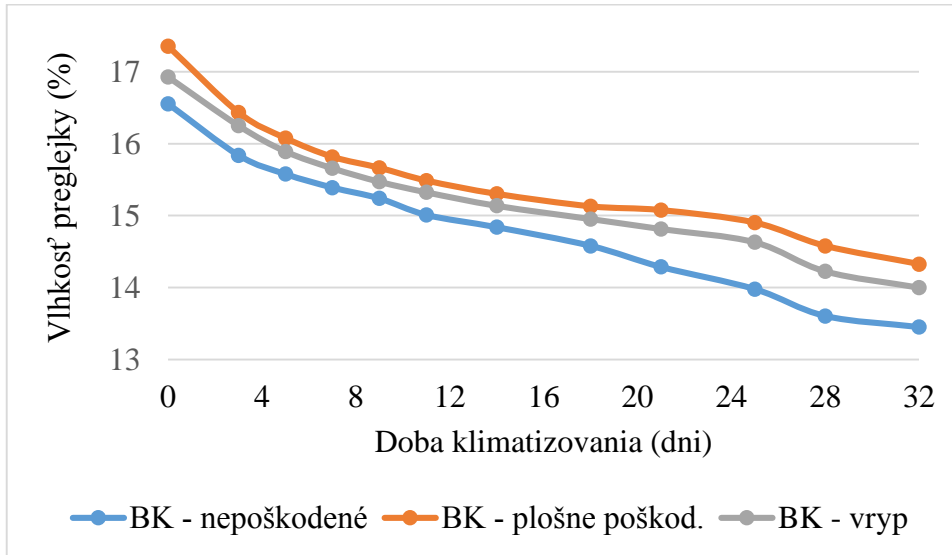
Z grafického znázornenia (Obr.18) pomocou ANOVY, môžeme tvrdiť, že medzi vybranými skupinami neboli zistené štatisticky významné rozdiely zmeny vlhkosti na základe poškodenia fólie vzoriek. Testovali sme vlhkosti po 30 dňoch v nasýtenej vodnej pare.



Obr. 18 Jednofaktorová analýza rozptylu navlhavosti BR preglejky v nasýtenej vodnej pare, $p = 0,14$

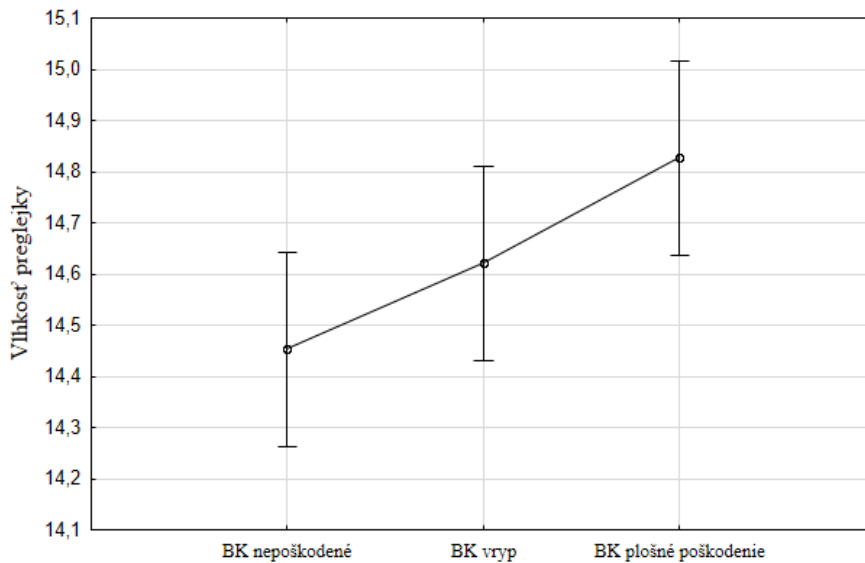
4.1.3 Navlhavosť - úbytok vlhkosti

Po dosiahnutí určitej vlhkosti po 30 dňoch v nasýtenej vodnej pare sme nechali vzorky klimatizovať a merali sme úbytok vlhkosti počas 32 dňoch. Úbytok vlhkosti BK preglejok má pri nepoškodených a poškodených vzorkách pokles s minimálnymi rozdielmi.



Obr. 19 Úbytok vlhkosti BK preglejok

Z grafického znázornenia (Obr. 20) pomocou ANOVY, môžeme tvrdiť, že medzi vybranými skupinami boli zistené štatisticky významné rozdiely zmeny vlhkosti na základe poškodenia fólie vzoriek. Testovali sme rozdiely medzi vlhkosťami dosiahnutými po 32 dňoch v klimatizovanej komore.



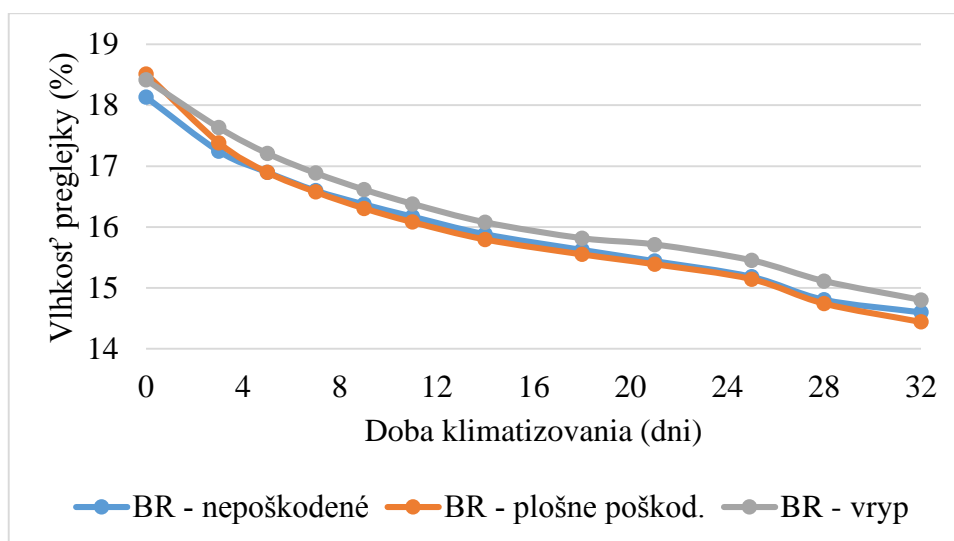
Obr. 20 Jednofaktorová analýza rozptylu úbytku vlhkosti BK preglejky, $p = 0,03$

Tukeyho test mnohonásobného porovnania v Tab. 7 poukazuje na tieto štatisticky významné rozdiely, ktoré sú vyznačené v našom prípade zvýraznenými číslami a pre ktoré platí $p < 0,05$. Venujme pozornosť stredným hodnotám porovnávaných skupín nepoškodenej BK preglejky so vzorkami s plošným poškodením. Medzi týmito súbormi sú štatisticky významné rozdiely.

Tab. 7 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania zmeny vlhkosti bukovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel)

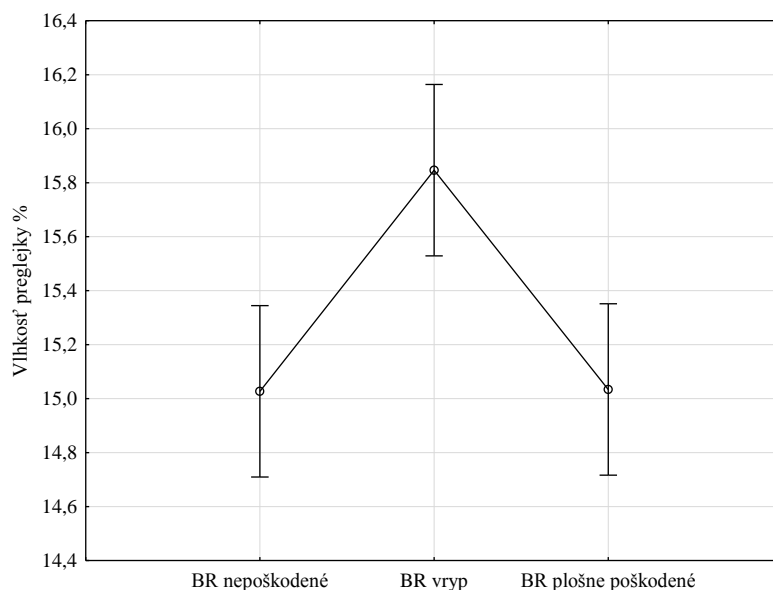
SKUPINA	1	2	3
BK nepoškodené		0,409492	0,023850
BK vryp	0,409492		0,267098
BK plošne poškodené	0,023850	0,267098	

Z Obr. 21 vidíme, že úbytok vlhkosti BR preglejok má u všetkých skupín podobnú klesajúcu tendenciu.



Obr. 21 Úbytok vlhkosti BR preglejok

Z grafického znázornenia (Obr. 22) pomocou ANOVY, môžeme tvrdiť, že medzi vybranými skupinami boli zistené štatisticky významné rozdiely zmeny vlhkosti na základe poškodenia fólie vzoriek. Testovali sme rozdiely medzi vlhkosťami dosiahnutými po 32 dňoch v klimatizovanej komore.



Obr. 22 Jednofaktorová analýza rozptylu úbytku vlhkosti BR preglejky, $p = 0,00$

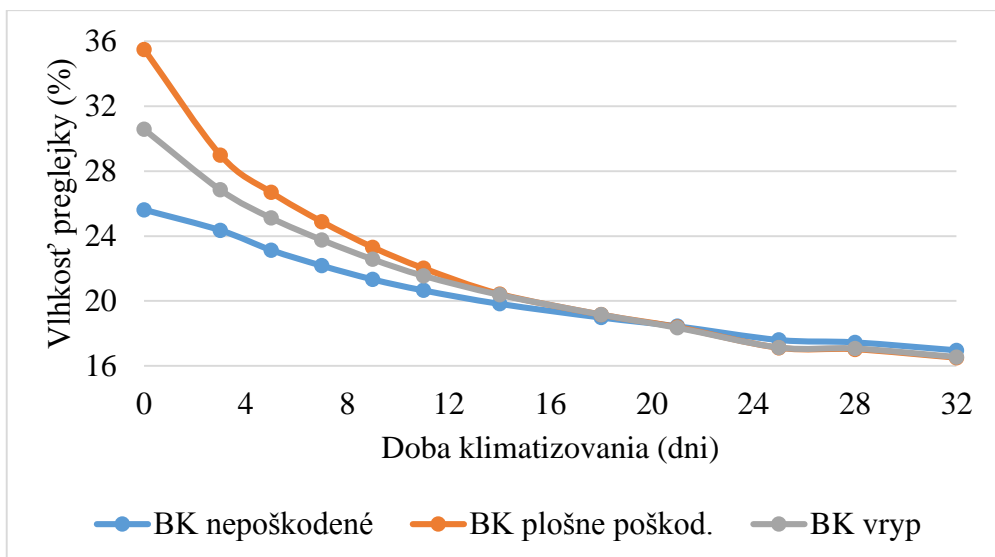
Tukeyho test mnohonásobného porovnania v Tab. 8 poukazuje na tieto štatisticky významné rozdiely, ktoré sú vyznačené v našom prípade zvýraznenými číslami a pre ktoré platí $p < 0,05$. Venujme pozornosť stredným hodnotám porovnávaných skupín poškodenej BR preglejky vrypom so vzorkami s plošným poškodením a bez poškodenia. Medzi týmito súbormi sú štatisticky významné rozdiely.

Tab. 8 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania zmeny vlhkosti brezovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel)

SKUPINA	1	2	3
BR nepoškodené		0,003405	0,999490
BR vryp	0,003405		0,003647
BR plošne poškodené	0,999490	0,003647	

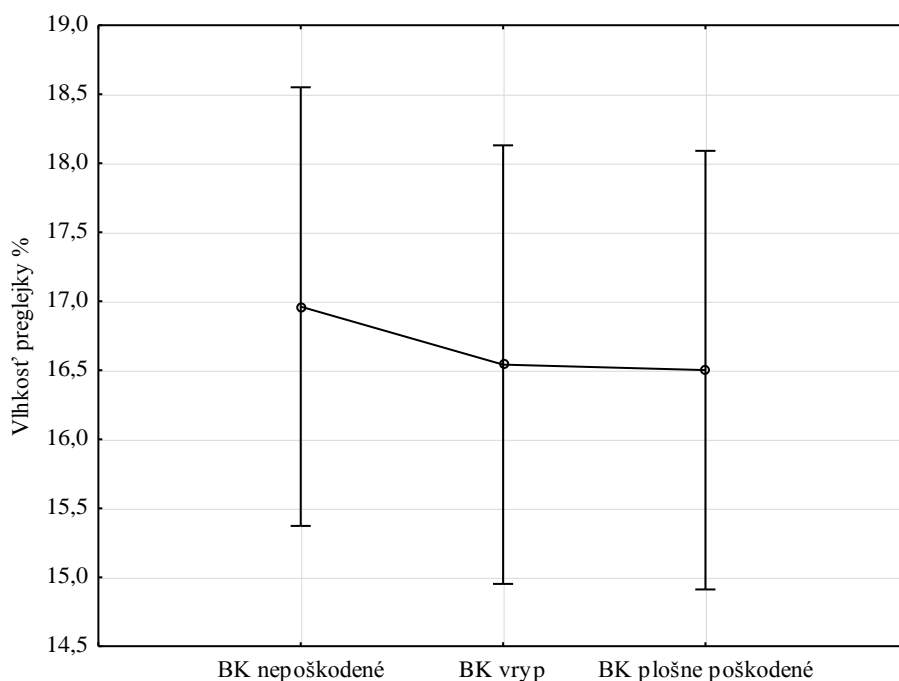
4.1.4 Nasiakavosť – úbytok vlhkosti

Na Obr. 23 a Obr.25 je graficky znázornený úbytok vlhkosti BK a BR preglejok, ktorých počiatočnú vlhkosť sme dosiahli máčaním v destilovanej vode. Pokles vlhkosti bukových preglejok je najvyšší na začiatku u plošne poškodených BK preglejok. Po 18 dňoch je pokles u všetkých skupín rovnaký.



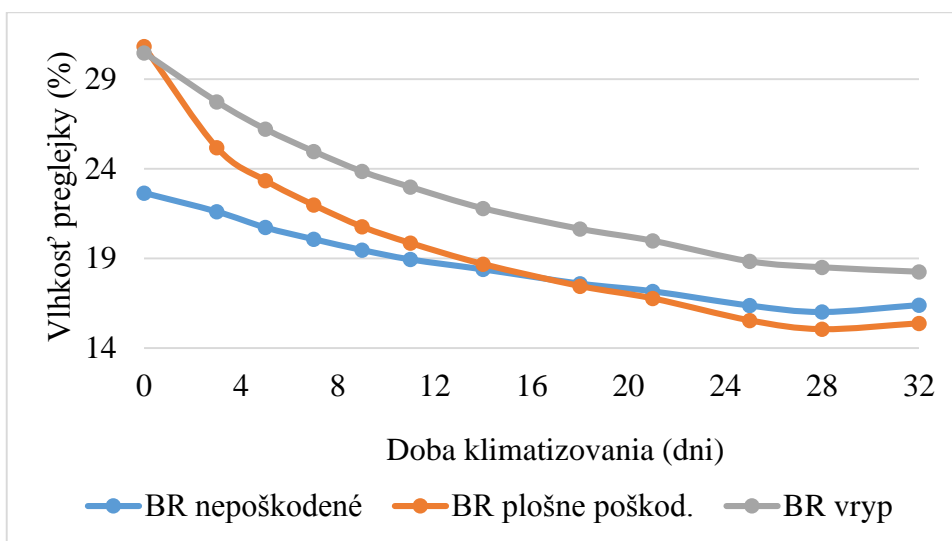
Obr. 23 Úbytok vlhkosti BK preglejky

Z grafického znázornenia (Obr. 24) pomocou ANOVY, môžeme tvrdiť, že medzi vybranými skupinami neboli zistené štatisticky významné rozdiely zmeny vlhkosti na základe poškodenia fólie vzoriek. Testovali sme rozdiely medzi vlhkosťami dosiahnutými po 32 dňoch v klimatizovanej komore.



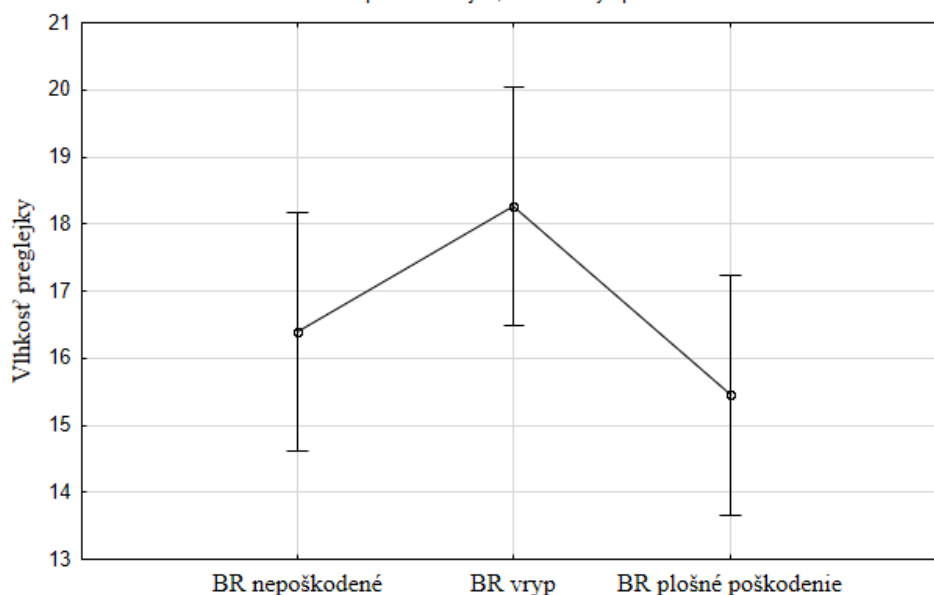
Obr. 24 Jednofaktorová analýza rozptylu úbytku vlhkosti BK preglejky, $p = 0,89$

Najrýchlejší úbytok vlhkosti majú brezové preglejky s plošným poškodením a však hodnoty medzi skupinami nie sú významne odlišné (Obr. 25).



Obr. 25 Úbytok vlhkosti BR preglejky

Z grafického znázornenia (Obr. 26) pomocou ANOVY, môžeme tvrdiť, že medzi vybranými skupinami neboli zistené štatisticky významné rozdiely zmeny vlhkosti na základe poškodenia fólie vzoriek. Testovali sme rozdiely medzi vlhkosťami dosiahnutými po 32 dňoch v klimatizovanej komore.



Obr. 26 Jednofaktorová analýza rozptylu úbytku vlhkosti BR preglejky, $p = 0,07$

4.2 Mykologický test – úbytok hmotnosti

Drevokazná huba *Trametes versicolor* degraduje drevo, a tým dochádza k úbytku hmotnosti (Tab.9).

Tab. 9 Percentuálny úbytok hmotnosti a hustoty BK a BR preglejky (w=0%) pred a po degradácii drevokaznou hubou a vlhkosť po degradácii pre vysušením

SKUPINA	Percentuálny úbytok hmotnosti [%]	Percentuálny úbytok hustoty [%]	Vlhkosť po degradácii pred vysušením [%]	Vlhkosť klimatizovaných vzoriek pred degradáciou [%]
BK degradované nepoškodené	1,43	4,55	39,37	6,59
BK degradované plošne poškodené	2,46	2,62	62,30	6,34
BK degradované poškodenie vrypom	2,51	4,37	65,80	6,32
BR degradované nepoškodené	1,98	2,98	47,22	7,64
BR degradované plošne poškodené	1,52	5,60	54,59	6,72
BR degradované poškodenie vrypom	2,32	5,07	49,49	6,83

Z Tab. 9 vidíme, že percentuálny úbytok hmotnosti po degradácii je minimálny u všetkých skupín vzoriek. U bukových preglejok, ktoré neboli poškodené bol úbytok v priemere 1,43%. Pre skupinu s plošným poškodením bol úbytok hmotnosti 2,46% a poškodené vrypom 2,51%. Pri brezových preglejok bol úbytok 1,98% s nepoškodením fólie. A plošným poškodením percentuálny úbytok hmotnosti dosiahol len 1,52%. Najvyšší úbytok bol pri poškodení vrypom, a to 2,32%.

Popisná štatistika

Z Tab. 10 vidíme, že rozdiel mediánu hmotnosti nepoškodených preglejok je 1,69 g, zatiaľ čo pri vzorkách s plošným poškodením rozdiel v hodnotách mediánu dosiahol len 1,51 g. Najvyšší rozdiel bol dosiahnutý pri vzorkách s poškodením fólie vrypom, a to 3,5 g.

Tab. 10 Popisná štatistika úbytku hmotnosti bukových preglejok

Premenná	Nedegradované			Degradované		
	Nepoškodené	Plošne poškodené	Vryp	Nepoškodené	Plošne poškodené	Vryp
Početnosť [ks]	10	10	10	10	10	10
Priemer [g]	162,92	162,92	164,85	160,95	161,08	160,91
Medián [g]	162,56	162,63	164,042	160,87	161,12	160,54
Var. Koef. [%]	0,45	1,3	1,77	1,31	1,63	0,75

Z Tab. 11 vidíme, že rozdiel mediánu vlhkosti degradovaných a nedegradovaných vzoriek bez poškodenia fólie je 25,9 %, zatiaľ čo pri vzorkách s plošným poškodením bol rozdiel v hodnotách mediánu vyšší, a to 35,69 %. Nižší rozdiel mediánu bol medzi vzorkami s poškodením vrypom, a to 33,78 %.

Tab. 11 Popisná štatistika zmeny vlhkosti pred a po degradácii bukových preglejok

Premenná	Vlhkosť po degradácii			Vlhkosť pred degradáciou		
	Nepoškodené	Plošne poškodené	Vryp	Nepoškodené	Plošne poškodené	Vryp
Početnosť [ks]	5	5	5	5	5	5
Priemer [%]	44,13	54,16	52,43	19,55	19,55	19,78
Medián [%]	45,40	55,20	53,46	19,50	19,51	19,68
Var. Koef. [%]	17,87	11,20	9,60	0,45	1,30	1,77

Z Tab. 12 vidíme, že rozdiel mediánu hmotnosti nepoškodených preglejok je 2,14 g, zatiaľ čo pri vzorkách s plošným poškodením rozdiel v hodnotách mediánu dosiahol 3,2 g a s poškodením vrypom 3,3 g.

Tab. 12 Popisná štatistika úbytku hmotnosti brezových preglejok

Premenná	Nedegradované			Degradované		
	Nepoškodené	Plošne poškodené	Vryp	Nepoškodené	Plošne poškodené	Vryp
Početnosť [ks]	5	5	5	5	5	5
Priemer [g]	133,82	132,13	132,42	131,81	128,15	129,09
Medián [g]	133,71	131,39	132,54	131,57	128,19	129,24
Var. Koef. [%]	1,32	1,81	0,75	1,19	1,47	0,42

Z Tab. 13 vidíme, že rozdiel mediánu vlhkosti degradovaných a nedegradovaných vzoriek bez poškodenia fólie je 25,9 %, zatiaľ čo pri vzorkách s plošným poškodením bol rozdiel v hodnotách mediánu vyšší, a to 35,69 %. Nižší rozdiel mediánu bol medzi vzorkami s poškodením vrypom, a to 33,78 %.

Tab. 13 Popisná štatistika zmeny vlhkosti pred a po degradácii brezových preglejok

Premenná	Vlhkosť po degradácii			Vlhkosť pred degradáciou		
	Nepoškodené	Plošne poškodené	Vryp	Nepoškodené	Plošne poškodené	Vryp
Početnosť [ks]	5	5	5	5	5	5
Priemer [%]	39,77	65,63	68,54	16,05	15,85	15,89
Medián [%]	39,10	62,01	66,89	16,04	15,76	15,90
Var. Koef. [%]	4,55	11,41	6,19	1,32	1,81	0,75

4.3 Medz pevnosti a modul pružnosti v statickom ohybe

Pri hodnotení statických vlastností dopravných preglejok bol sledovaný vplyv dreveniny a poškodenia fenolickej fólie po degradácií na modul pružnosti a pevnosť v ohybe.

Priemerné hodnoty zistené pri statickom ohybe nedegradovaných preglejovaných materiálov sú uvedené v Tab. 14 a pre degradované preglejky v Tab. 15.

Tab. 14 Priemerné hodnoty zistené pri statickom ohybe nedegradovaných vzoriek pri $w = 12\%$

Označenie vzorky	Poznámka	Medza pevnosti v ohybe [MPa]	Modul pružnosti [MPa]	Hustota [kg/m ³]	Hmotnosť [g]
BK	N	80,39	9744,49	801,2	182,41
	P	86,26	10078,80	804,2	183,16
	V	82,39	9796,72	790,2	182,54
BR	N	47,36	6172,75	720,0	148,94
	V	46,68	6108,74	687,0	142,32
	P	48,01	6281,64	713,2	147,66

*N – nepoškodené, P- plošne poškodené, V – vryp

Tab. 15 Priemerné hodnoty zistené pri statickom ohybe referenčných a degradovaných vzoriek pri $w = 0\%$

Označenie vzorky	Poznámka	Medza pevnosti v ohybe [MPa]	Modul pružnosti [MPa]	Hustota [kg/m ³]	Hmotnosť [g]
BK	R	108,40	11364,08	746,2	163,21
	HN	95,38	10186,79	713,7	160,95
	HP	101,78	10843,77	727,16	161,43
	HV	95,96	10041,63	715,0	160,82
BR	R	53,75	7890,73	673,5	133,83
	HN	52,45	6855,09	653,5	131,53
	HP	52,06	6646,09	636,8	128,15
	HV	52,77	6901,19	641,3	128,86

* HN – degradované nepoškodené, HP- degradované plošne poškodené, HV – degradované

Popisná štatistika

Pri hodnotení statických vlastností dopravných preglejok bol sledovaný druh dreveniny a vplyv poškodenia fenolickej fólie na medzu pevnosti a modul pružnosti v ohybe.

Popisná štatistika uvedená v Tab. 16 poskytuje základnú predstavu o medze pevnosti výberového súboru dát v ohybe brezových preglejok pri vlhkosti dreva $w = 12\%$. V skupine bez poškodenia mal medián pevnosti v ohybe hodnotu 48,15 MPa a v skupine s plošným poškodením hodnota pevnosti v ohybe bola 46,85 MPa. Táto hodnota oproti skupine s nepoškodenými vzorkami klesla len o 2,7 %. V skupine s poškodením vrypom pevnosť v ohybe dosiahla hodnotu 46,63 MPa, čo je pokles oproti skupine s nepoškodením fenolickej fólie o 3,26 %.

Tab. 16 Popisná štatistika medze pevnosti a modulu pružnosti BR preglejok pri rôznom poškodení $w = 12\%$

Premenná	nepoškodené		plošne poškodené		vryp	
	MOR	MOE	MOR	MOE	MOR	MOE
Počet vzoriek [ks]	5	5	5	5	5	5
Priemer [MPa]	47,35	6172,75	47,14	6188,24	46,68	6108,74
Medián [MPa]	48,15	6149,14	46,85	6213,54	46,63	6111,89
Minimum [MPa]	43,55	6008,81	45,48	5897,1	46,15	5953,45
Maximum [MPa]	50,37	6360,3	49,74	6522,3	47,26	6260,89
Variačný koeficient [%]	7,34	2,86	3,47	3,91	1,19	2,51

*MOR – medza pevnosti v ohybe, MOE – modul pružnosti v ohybe

Popisná štatistika uvedená v Tab. 17 poskytuje základnú predstavu o medze pevnosti výberového súboru dát v ohybe bukových preglejok pri vlhkosti dreva $w = 12\%$. V tomto prípade medián pevnosti v ohybe nemá klesajúcu tendenciu v závislosti od poškodenia povrchu fenolickej fólie. V skupine bez poškodenia dosiahla pevnosť v ohybe hodnotu 82,08 MPa a v skupine s plošným poškodením hodnota pevnosti v ohybe bola 85,76 MPa. Táto hodnota oproti skupine s nepoškodenými vzorkami vzrástla o 4,29 %. V skupine s poškodením vrypom pevnosť v ohybe dosiahla hodnotu 83,22 MPa.

Tab. 17 Popisná štatistika medze pevnosti a modulu pružnosti BK preglejok pri rôznom poškodení $w = 12\%$

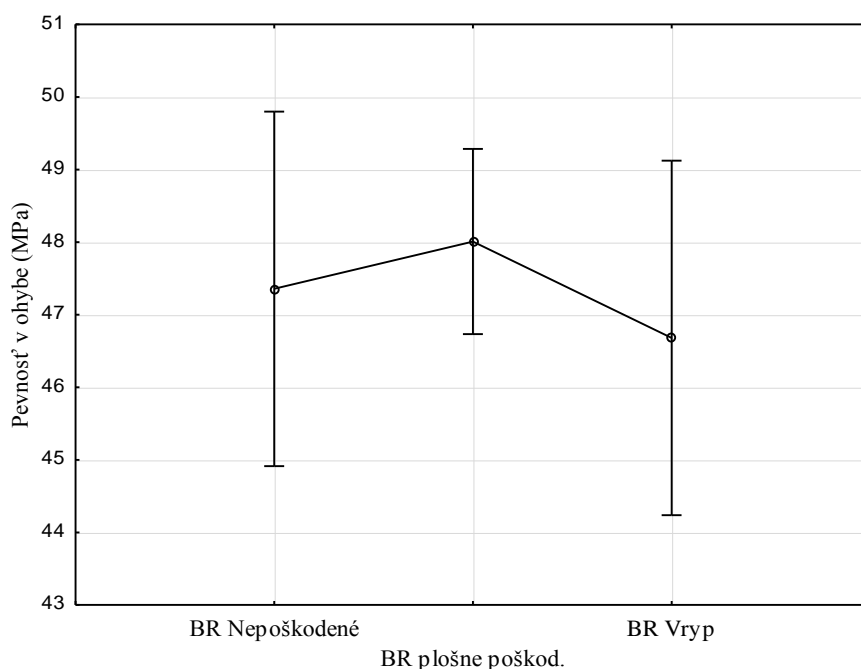
Premenná	nepoškodené		plošne poškodené		vryp	
	MOR	MOE	MOR	MOE	MOR	MOE
Počet vzoriek [ks]	5	5	5	5	5	5
Priemer [MPa]	80,39	9744,49	86,02	10089,76	81,87	9803,81
Medián [MPa]	82,08	9832,07	85,76	10116,16	83,22	9716,68
Minimum [MPa]	72,60	9109,72	83,89	9880,15	75,75	9434,50
Maximum [MPa]	83,69	10360,24	89,02	10280,90	88,57	10250,57
Variačný koeficient [%]	5,68	4,99	2,17	1,45	6,31	3,93

*MOR – medza pevnosti v ohybe, MOE – modul pružnosti v ohybe

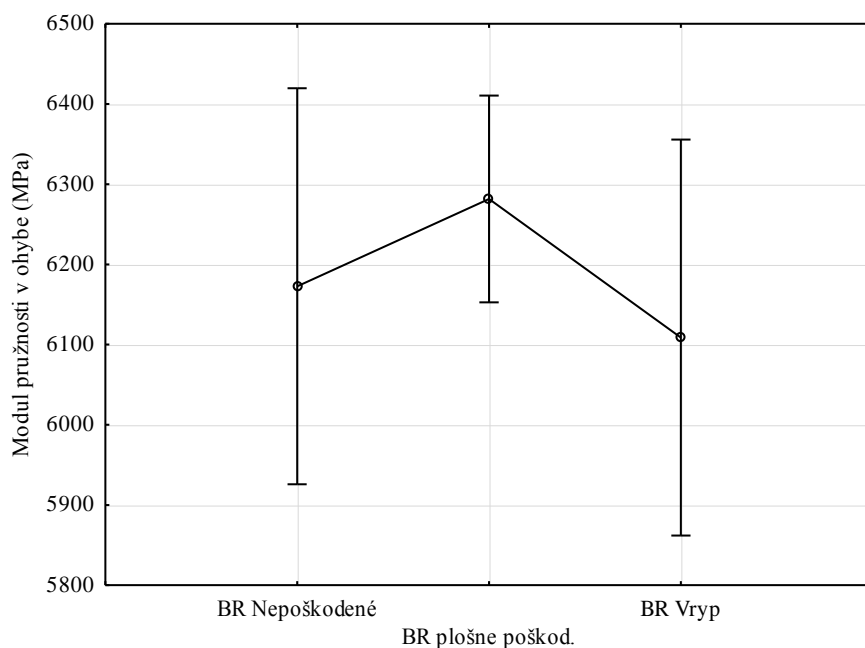
Pre potvrdenie výsledkov, že poškodenie nemá značný vplyv na pevnosť v statickom ohybe, prevedieme jednofaktorovú analýzu rozptylu.

ANOVA

Na základe výsledkov ANOVY môžeme tvrdiť, že poškodenie povrchu fólie nemá vplyv na pevnosť v ohybe (Obr. 27) a module pružnosti (Obr. 28) medzi tromi skupinami brezových preglejok.

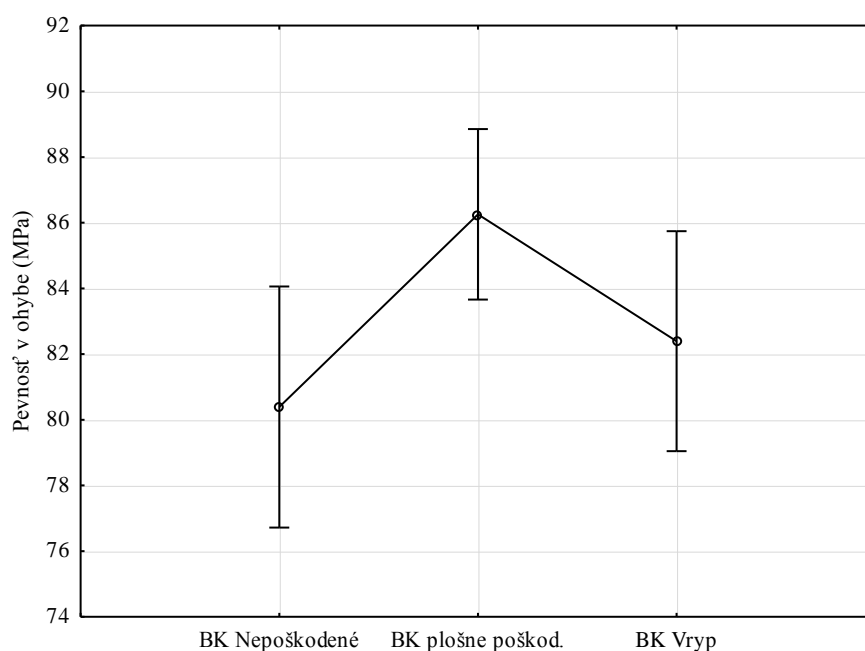


Obr. 27 Jednofaktorová analýza rozptylu medze pevnosti ohybe BR preglejky pri $w = 12\%$, $p = 0,82$



Obr. 28 Jednofaktorová analýza rozptylu modulu pružnosti ohybe BR preglejky pri $w = 12\%$, $p = 0,79$

Na základe výsledkov ANOVY môžeme tvrdiť, že poškodenie povrchu fólie nemá vplyv na pevnosť v ohybe (Obr. 29) bukových preglejok.



Obr. 29 Jednofaktorová analýza rozptylu medze pevnosti v ohybe BK preglejky pri $w = 12\%$, $p = 0,04$

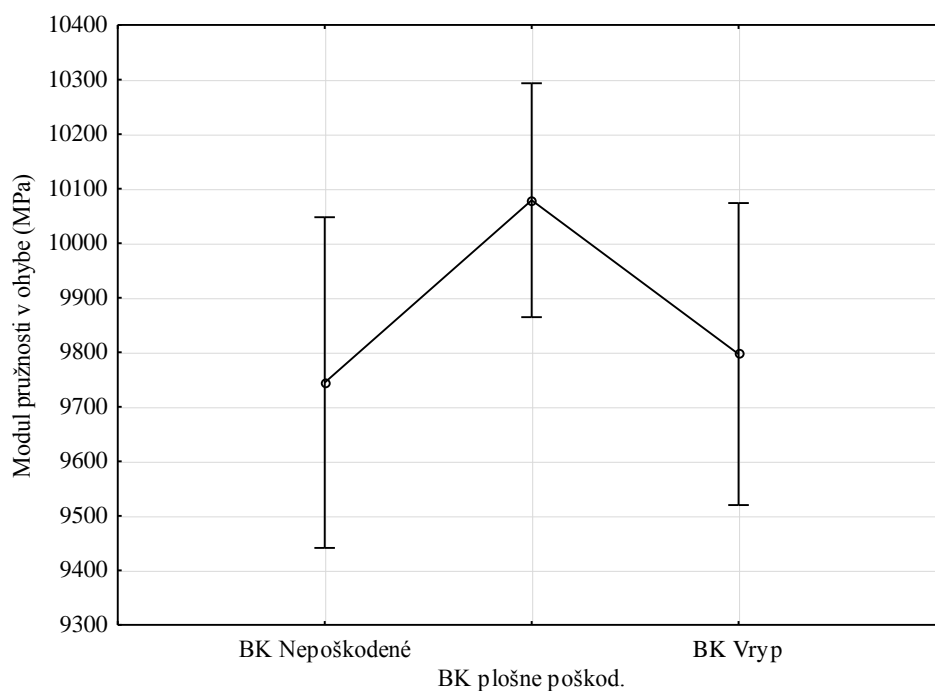
Tukeyho test mnohonásobného porovnania v Tab. 18 poukazuje na tieto štatisticky významné rozdiely, ktoré sú vyznačené tučným písmom a pre ktoré platí $p < 0,05$. Venujme pozornosť stredným hodnotám porovnávaných skupín nepoškodenej

bukovej preglejky a plošne poškodenej. Medzi týmito dvomi súbormi sú štatisticky významné rozdiely.

Tab. 18 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania pre pevnosť v ohybe nedegradovanej bukovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel, $p < 0,05$ štatisticky významný rozdiel)

Skupina	1	2	3
BK nepoškodené		0,034175	0,678924
BK plošne poškodené	0,034175		0,163374
BK vryp	0,678924	0,163374	

Z grafického znázornenia (Obr.30) pomocou ANOVY bolo zistené, že medzi vybranými skupinami neboli zistené štatisticky významné rozdiely modulu pružnosti v ohybe.



Obr. 29 Jednofaktorová analýza rozptylu medze pevnosti v ohybe BK preglejky pri $w = 12\%$, $p = 0,82$

4.3.1 Pevnosť v ohybe a modul pružnosti po degradácii

Popisná štatistika

Popisná štatistika uvedená v Tab. 19 poskytuje základnú predstavu o medze pevnosti výberového súboru dát v ohybe bukových degradovaných a referenčných preglejok pri vlhkosti dreva $w = 0\%$. Referenčné vzorky dosiahli medián medze pevnosti 110,8 MPa. V skupine bez poškodenia mal medián pevnosti v ohybe hodnotu 96,5 MPa a v skupine s plošným poškodením hodnota pevnosti v ohybe bola 101,3 MPa. Táto hodnota oproti skupine s referenčnými vzorkami klesla o 12,9 % a pre plošne poškodené o 8,5 %. V skupine s poškodením vrypom pevnosť v ohybe dosiahla hodnotu 98,8 MPa, čo je rozdiel oproti referenčným vzorkám o 10,8 %.

Tab. 19 Popisná štatistika pevnosti v ohybe a modulu pružnosti referenčných a degradovaných bukových preglejok

Premenná	nedegradované		degradované					
	referenčné		nepoškodené		plošné poškod.		vryp	
	MOR	MOE	MOR	MOE	MOR	MOE	MOR	MOE
Počet vzoriek [ks]	5	5	5	5	5	5	5	5
Priemer [MPa]	109,2	11423,4	95,3	10186,7	101,1	10685,1	94,0	9918,4
Medián [MPa]	110,8	11441,5	96,5	10011,7	101,3	10783,8	98,8	10088,9
Minimum [MPa]	101,4	11123,8	84,8	9950,9	93,8	10149,1	81,6	8394,8
Maximum [MPa]	114,2	11661,6	103,5	10772,6	106,1	11259,2	99,9	11444,5
Var. Koef. [%]	4,7	1,7	8,2	3,8	4,8	4,4	8,6	13,1

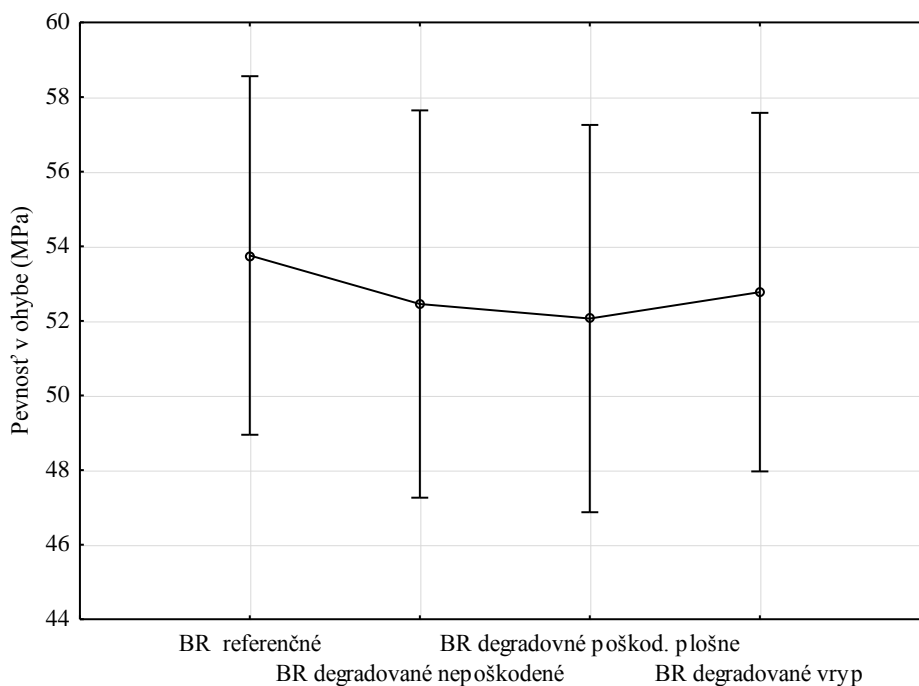
Popisná štatistika uvedená v Tab. 20 poskytuje základnú predstavu o medze pevnosti výberového súboru dát v ohybe bukových degradovaných a referenčných preglejok pri vlhkosti dreva $w = 0\%$. Referenčné vzorky dosiahli medián medze pevnosti 55,9 MPa. V skupine bez poškodenia mal medián pevnosti v ohybe hodnotu 57,6 MPa a v skupine s plošným poškodením hodnota pevnosti v ohybe bola 53,8 MPa. Táto hodnota oproti skupine s referenčnými vzorkami bola vyššia o 2,9 % a pre plošne poškodené nižšia o 3,7 %. V skupine s poškodením vrypom pevnosť v ohybe dosiahla hodnotu 53,6 MPa, čo je rozdiel oproti referenčným vzorkám o 4,1 %.

Tab. 20 Popisná štatistika pevnosti v ohybe a modulu pružnosti referenčných a degradovaných brezových preglejok

Premenná	nedegradované		degradované					
	referenčné		nepoškodené		plošné poškod.		vryp	
	MOR	MOE	MOR	MOE	MOR	MOE	MOR	MOE
Počet vzoriek [ks]	5	5	5	5	5	5	5	5
Priemer [MPa]	55,8	8161,3	51,3	7006,2	52,0	6646,0	52,6	7094,5
Medián [MPa]	55,9	8195,2	57,6	6997,8	53,8	6741,1	53,6	6972,0
Minimum [MPa]	48,2	7151,3	36,1	6507,1	45,7	6029,6	47,3	6649,5
Maximum [MPa]	63,0	9084,5	59,9	7480,7	58,1	7210,9	54,7	7845,9
Var. Koef. [%]	9,4	8,4	20,6	5,3	9,6	7,5	5,7	6,6

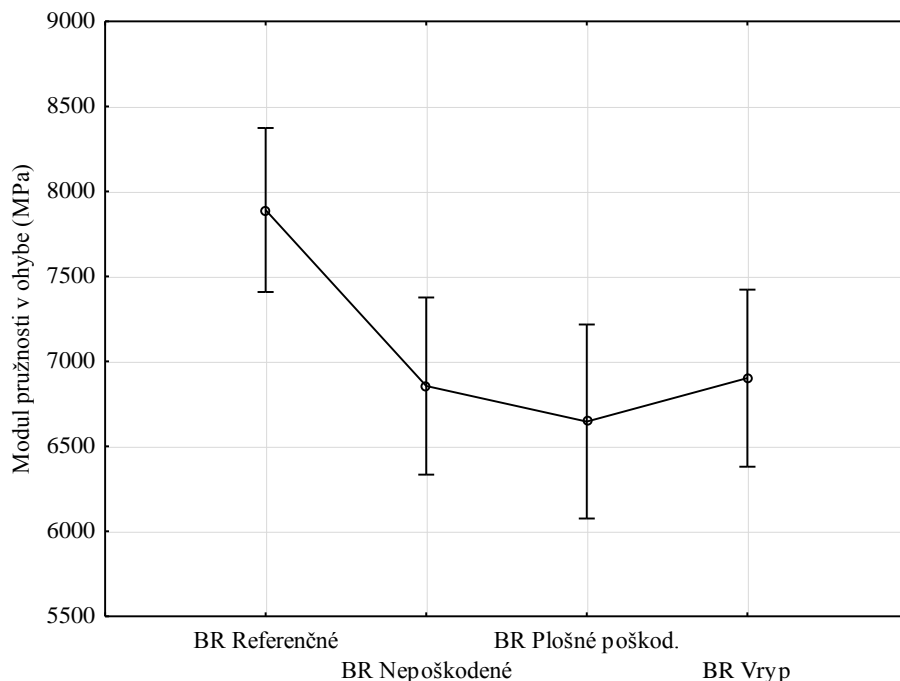
ANOVA

Z grafického znázornenia (Obr.32) pomocou ANOVY bolo zistené, že medzi vybranými skupinami neboli zistené štatisticky významné rozdiely modulu pružnosti v ohybe.



Obr. 30 Jednofaktorová analýza rozptylu medze pevnosti v ohybe medzi BR referenčnými a degradovanými preglejkami pri $w = 0\%$, $p = 0,92$

Na základe výsledkov ANOVY môžeme tvrdiť, že poškodenie povrchu fólie bukových preglejok nemá vplyv na pevnosť v ohybe po degradácii, avšak stredné hodnoty degradovaných a referenčných preglejok sa nerovnajú (Obr. 33). V tomto prípade pokračujeme Tukeyho testom mnohonásobného porovnania.



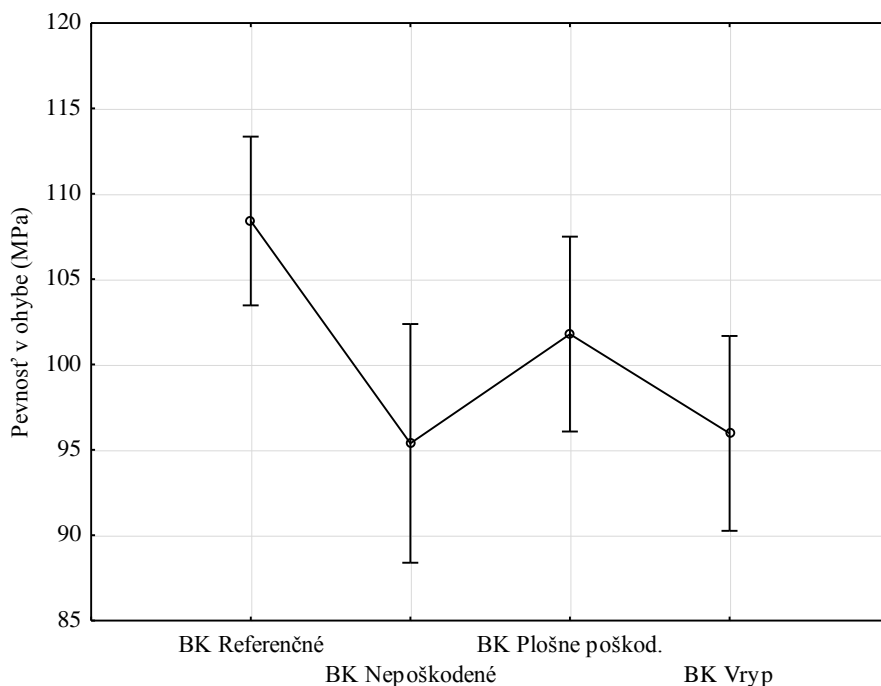
Obr. 31 Jednofaktorová analýza rozptylu modulu pružnosti v ohybe medzi BR referenčnými a degradovanými preglejkami pri $w = 0\%$, $p = 0,00$

Tukeyho test mnohonásobného porovnania (Tab. 21) poukazuje na tieto štatisticky významné rozdiely, ktoré sú vyznačené tučným písmom a pre ktoré platí $p < 0,05$. Venujem pozornosť stredným hodnotám porovnávaných skupín referenčnej BR preglejky so všetkými skupinami degradovaných preglejok. Medzi týmito súbormi sú štatisticky významné rozdiely.

Tab. 21 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania pre pevnosť v ohybe nedegradovanej brezovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel, $p < 0,05$ štatisticky významný rozdiel)

Skupina	1	2	3	4
BR referenčné		0,030192	0,011877	0,040105
BR nepoškodené	0,030192		0,941622	0,999242
BR plošne poškodené	0,011877	0,941622		0,900327
BR vryp	0,040105	0,999242	0,900327	

Z Obr. 34 je zrejme, že štatisticky významne odlišná je stredná hodnota medze pevnosti v ohybe referenčných vzoriek oproti vzorkám s nepoškodením a poškodením vrypom po degradácii. Predpokladáme, že posudzovaný faktor, teda degradácia preglejky má štatisticky významný vplyv na pevnosť v ohybe a stredné hodnoty základných súborov, z ktorých pochádzajú analyzované výber, sa líšia.



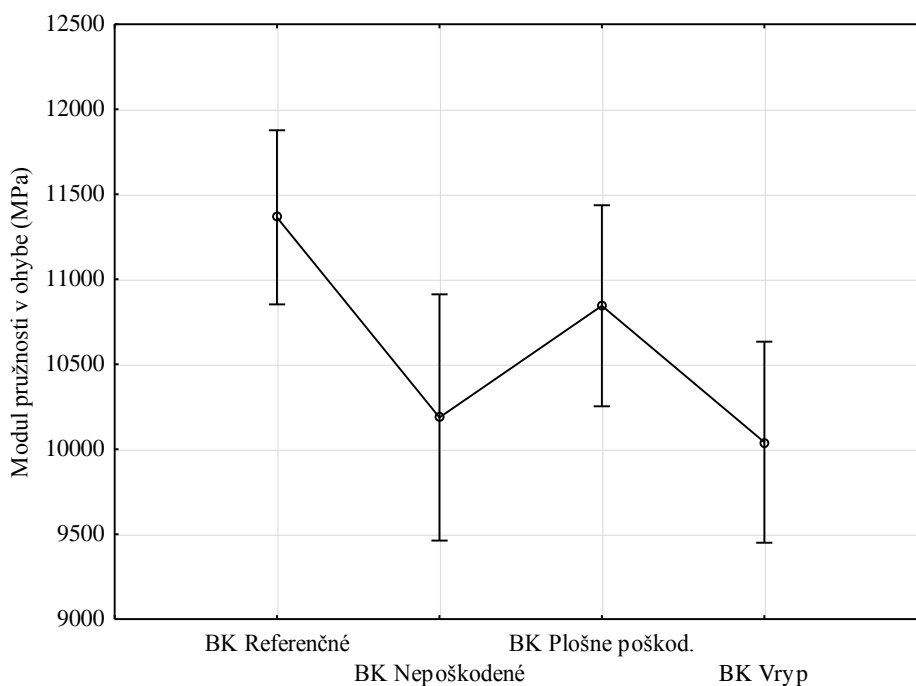
Obr. 32 Jednofaktorová analýza rozptylu pevnosť v ohybe medzi BK referenčnými a degradovanými preglejkami pri $w = 0\%$, $p = 0,00$

Tukeyho test mnohonásobného porovnania (Tab. 22) poukazuje na tieto štatisticky významné rozdiely, ktoré sú vyznačené tučným písmom a pre ktoré platí $p < 0,05$. Venujem pozornosť stredným hodnotám porovnávaných skupín referenčnej BR preglejky, degradovanej bez poškodenia a s poškodením povrchu fólie vrypom. Medzi týmito súbormi sú štatisticky významné rozdiely.

Tab. 22 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania pre pevnosť v ohybe degradovanej bukovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel, $p < 0,05$ štatisticky významný rozdiel)

Skupina	1	2	3	4
BK referenčné		0,022875	0,28933	0,012906
BK nepoškodené	0,022875		0,467927	0,999152
BK plošne poškodené	0,28933	0,467927		0,454388
BK vryp	0,012906	0,999152	0,454388	

Na základe výsledkov ANOVY môžeme tvrdiť, že poškodenie povrchu fólie bukových preglejok má vplyv na pevnosť v ohybe po degradácii. Stredné hodnoty degradovaných a referenčných preglejok sa nerovnajú (Obr. 35). V tomto prípade pokračujeme Tukeyho testom mnohonásobného porovnania.



Obr. 33 Jednofaktorová analýza rozptylu modulu pružnosti v ohybe medzi BK referenčnými a degradovanými preglejkami pri $w = 0\%$, $p = 0,00$

Tukeyho test mnohonásobného porovnania (Tab. 23) poukazuje na tieto štatisticky významné rozdiely, ktoré sú vyznačené tučným písmom a pre ktoré platí $p < 0,05$. Venujem pozornosť stredným hodnotám porovnávaných skupín referenčnej BK preglejky a degradovanej s poškodením povrchu fólie vrypom. Medzi týmito súbormi sú štatisticky významné rozdiely.

Tab. 23 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania modul pružnosti degradovanej bukovvej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel, $p < 0,05$ štatisticky významný rozdiel)

Skupina	1	2	3	4
BR referenčné		0,053363	0,521511	0,01062
BR nepoškodené	0,053363		0,475844	0,987981
BR plošne poškodené	0,521511	0,475844		0,22182
BR vryp	0,01062	0,987981	0,22182	

5 Diskusia

5.1 Zmena fyzikálnych vlastností dreva

Z fyzikálnych vlastností sme sledovali u bukových a brezových preglejok navlhavosť a nasiakavosť pri poškodení a nepoškodení povrchu fenolickej fólie a vplyv tohto poškodenia na zmeny vlhkosti.

5.1.1 Nasiakavosť a navlhavosť

Príjem vlhkosti bukových a brezových preglejok sme testovali máčaním v destilovanej vode a v nasýtenej vodnej pare. Meranie prebiehalo počas 62 dní. Na Obr. 11 a 13 je grafické zobrazenie nasiakavosti bukových a brezových vzoriek. Najmenej vlhkosti prijali vzorky s nepoškodením fenolickej fólie a najviac s jej plošným poškodením. Na základe jednofaktorovej ANOVY (Obr. 12 a 14) môžeme potvrdiť, že poškodenie fólie má významný vplyv na príjem vlhkosti.

Z grafického znázornenia (Obr. 15 a 17) bukových a brezových preglejok uložených v nasýtenej vodnej pare, navlhavosť bukových preglejok pre všetky skupiny majú takmer rovnaké hodnoty. Dôvodom toho môže byť ich jednostranné opláštené fóliou, takže vlhkosť preniká cez plochu natrenú vodouriediteľnou akrylátovou farbou. Pri brezovej preglejke je nárast vlhkosti pre všetky skupiny rovnaký do 30 dňa. Od tohto dňa sa nárast vlhkosti výrazne zmenil podľa skupín poškodenia. Nárast vlhkosti u vzoriek s poškodením fólie dosiahli vyššiu vlhkosť ako tie bez poškodenia. Rozdielne príjmy vlhkosti medzi brezovými a bukovými preglejkami boli spôsobené odlišnosťou povrchovej úpravy. Brezové preglejky fóliované obojstranne prijímali vlhkosť len plochami, ktoré boli poškodené.

5.1.2 Nasiakavosť a navlhavosť – úbytok vlhkosti

Pri dosiahnutí určitej vlhkosti po dobu merania nasiakavosti a navlhavosti vzoriek sme ich dali klimatizovať a sledovali sme úbytok vlhkosti. Z úbytku vlhkosti vzoriek testovaných na navlhavosť (Obr. 19 a 21) je zrejmé, že medzi vzorkami s poškodením a bez poškodenia neboli výraznejšie odlišnosti. Vzorky zosychali rovnomerne bez väčších rozdielov. Pri zosychaní bukových preglejok testovaných na nasiakavosť z Obr. 20 vidíme, že vzorky s poškodením majú na začiatku výraznejší pokles vlhkosti. Po 14 dňoch dosiahnu vlhkosť neporušených preglejok a ich zosychanie je súmerné. Úbytok

vlhkosti brezových preglejok s poškodením vrypom je pomalšie ako u plošného poškodenia vzoriek bez poškodenia.

5.2 Hmotnostné úbytky

U brezových a bukových preglejok sme sledovali hmotné úbytky, ktoré nastali po degradovaní dreva outkovkou pestrou.

Zmeny hmotnosti dopravných preglejok boli sledované pri vlhkosti skúšobných vzoriek 0%, preto boli všetky vzorky na túto vlhkosť vysušené.

Zmena hmotnosti m_0 skúšobných vzoriek je uvedená v Tab.9. Ako z uvedenej tabuľky vidíme, hmotnostný úbytok bukových preglejok je podobný ako u preglejok brezových. Ukázalo sa, že percentuálny úbytok po 14 týždňoch bol nízky, a to u oboch skupín. Skupina bukových preglejok s nepoškodením fenolickej fólie mali v priemer úbytok hmotnosti len o 1,43 %. Pre vzorky s plošným poškodením hmotnosť poklesla o 2,46 % a s poškodením vrypom 2,51 %.

Z percentuálneho úbytku hmotnosti brezových preglejok uvedené v Tab.9 vidíme, že pri vzorkách s nepoškodením fólie je pokles 1,98%. Pri vzorkách s poškodením nastal percentuálny úbytok, a to 1,52 % 2,32 %. Nižšiu aktivitu outkovky je možné pripisovať rozrastaniu mycelia po povrchu vzoriek a na základe toho, že vzorky mali povrch upravený hladkou fenolickou fóliou a hrany boli opatrené ochranným náterom, outkovka sa nestihla dostať do väčšej hĺbky vzoriek. Tiež Zabel a Morell (1998) uvádzajú, že v prvých fázach sa huba sústreďuje na parenchymatické bunky a nedochádza k výraznému hmotnostnému úbytku, ktorý sa pohybuje okolo 3%. Úbytok hmotnosti je pripisovaný pôsobeniu drevokaznej huby a je zapríčinený poklesom množstva celulózy, hemicelulózy a lignínu. Na základe toho, že preglejka je lepený materiál, bola prítomnosť fenolformaldehydového lepidla nepriaznivá pre rozklad preglejky. Pokiaľ drevokazná huba napadne preglejovaný materiál, tak rozkladá hlavne zložku dreva a lepené špáry fenolformaldehydového lepidla nijak nenapáda.

5.3 Zmeny vlhkosti

Počas experimentu (Tab. 9) vzrástla vlhkosť bukových degradovaných vzoriek bez poškodenia na 39,37% a u poškodených na 62,30% a 65,80%. Brezové preglejky nepoškodené dosiahli vlhkosť 47,22 %, poškodené 54,59% a 49,49%. Táto zmena vlhkosti znamená, že Outkovka dokázala počas 14 týždňov zvlhčiť materiál na svoje

vlhkostné optimu, ktoré je podľa Svatoňa (2000) 40 – 50 %, pri ktorom má huba najlepšie podmienky pre svoj rast a aktivitu. Typickým dôsledkom pôsobenia drevokaznej huby je zvýšenie vlhkosti po degradácii materiálu. Obsah vody degradovaného materiálu sa zvyšuje v dôsledku biochemických reakcií huby, kedy je voda odpadným produktom rozkladu látok, čím si huba vytvára optimálne podmienky pre jej rast.

5.4 Zmeny mechanických vlastností

Skúšky pevnosti v ohybe a module pružnosti v ohybe tejto práce sú vykonané podľa normy ČSN EN 310. Ohybové skúšky sme robili pre vzorky s 12% vlhkosťou a pre zdravé a degradované vzorky s vlhkosťou 0%.

U dreva a materiálov na báze dreva je vlhkosť jedným z dôležitých faktorov ovplyvňujúce mechanické vlastnosti. V Tab. 16 a Tab. 17 je zhrnutie nameraných hodnôt skúšok v ohybe pre vlhkosť 12%, kde sú uvedené priemerné hodnoty, minimá a maximá. Pri brezových preglejkách sa pevnosť v ohybe pohybuje v priemere 47,11 MPa a modul pružnosti 6158,20 MPa. Pri bukových preglejkách tieto hodnoty dosahujú v priemere pevnosť v ohybe 83,7 MPa a modul pružnosti 9888,3 MPa. V práci Rainprechta (2007) ju výsledky pevnosti v ohybe pre bukové preglejky dosiahnuté do maxime 86,6 MPa, čo zodpovedá výsledkom nášho testovania. Minimálne rozdiely, ktoré vznikli medzi skupinami bez poškodenia fólie a s jej poškodením, sú zanedbateľné a podľa vykonania analýzy jednofaktorovej ANOVY medzi týmito skupinami, môžeme tvrdiť, že toto poškodenie nemá významný vplyv u zdravých preglejovaných materiáloch.

Ďalej sme posudzovali zmenu mechanických vlastností bukových a brezových vzoriek pri vlhkosti 0% pred a po degradácii preglejok. Namerané hodnoty sme vyhodnotili štatisticky pomocou jednofaktorovej ANOVY. Pre brezové preglejky je pevnosť v ohybe graficky znázornená na Obr. 27. Na základe jednofaktorovej analýzy by sme mohli tvrdiť, že povrchové poškodenie fólie nemá významný vplyv na zníženie medze pevnosti v ohybe po degradácii. Z Tab. 8 vidíme, že priemerné hodnoty pevnosti v ohybe pre referenčné brezové vzorky sú 53,75 MPa. Po 14 týždňov pôsobenia otkouky sa pevnosť v ohybe pre nepoškodenú skupinu znížili len o 1,3 MPa, pre skupiny s plošným poškodením 1,69 MPa a pre poškodenie vrypom 0,98 MPa. Toto minimálne zníženie pevnosti v ohybe môže byť spôsobené tým, že huba nestihla vniknúť hlbšie do dreva.

Pre modul pružnosti boli výsledky rozmanitejšie pre jednotlivé skupiny. Referenčná skupina má výrazne vyšší modul pružnosti ako pri ostatných skupinách

napadnutých hubou. Referenčné vzorky dosiahli v priemere modul pružnosti 7890 MPa zatiaľ čo u ostatných nastal pokles približne o 1090 MPa. Aj v tomto prípade môžeme na základe ANOVY a Tukeyho testu tvrdiť, že poškodenie pri degradácii v tomto štádiu napadnutia nemalo veľký vplyv na modul pružnosti v ohybe.

Pre bukové preglejky nastal pokles pevnosti v ohybe v priemere o 10,56 MPa a modul pružnosti o 1006 MPa. Väčšie rozdiely v poklese ohybových vlastností medzi bukovými a brezovými preglejkami mohli spôsobiť rôzne formy oplášťovania, čo u brezy je dvojstranné a u buku jednostranné.

Záver

V záverečnej prác bolo zistené, že sledované fyzikálne a mechanické vlastnosti bukových a brezových dopravných preglejovaných materiálov sa v priebehu pôsobenia drevokaznej huby *Trametes versicolor* menia.

Bukové preglejky vykazovali nárast vlhkosti po degradácii o 32,78 % a u brezových to bolo o 39,58%.

Po 14 týždňoch pôsobenia huby na bukové preglejky sa znížila hmotnosť v priemere o 2,13 % a u brezových preglejok bol úbytok hmotnosti v priemer o 1,94 %.

Medz pevnosti a modul pružnosti pri vlhkosti 12 %, nemali významné rozdiely na základe poškodenia fenolickej fólie. Rozdiel pevnosti v ohybe pre brezové preglejky s nepoškodením a poškodením povrchu fólie bol 0,68 MPa a u bukových preglejok s poškodením bol nárast pevnosti v ohybe 5,87 MPa.

V porovnaní referenčných a degradovaných vzoriek po vysušení na vlhkosť 0% zdravé vzorky vykazovali vyššie pevnostné vlastnosti. Referenčné vzorky bukovej preglejky mali pevnosť v ohybe 108,40 MPa, zatiaľ čo u degradovaných sa znížili pevnostné vlastnosti v priemere o 10,69 MPa. U brezových preglejok bol tento rozdiel pevnostných vlastností v ohybe nižší ako u bukových. Pokles medze pevnosti po degradácii bol v priemere len o 1,33 MPa.

Môžeme teda celkovo konštatovať, že u bukových a brezových preglejok došlo k zníženiu fyzikálnych (hmotnostný úbytok a hustota) a mechanických vlastností (pevnosť v ohybe a modul pružnosti v ohybe) v dôsledku aktivity drevokaznej huby *Trametes versicolor* spôsobujúcej bielu hnilobu. Najvyšší pokles nastal v medze pevnosti bukového dreva pri nepoškodenej a poškodenej fólii vrypom a u brezovej preglejky k najvyššiemu poklesu došlo v skupine s plošným poškodením fólie.

Summary

In this final work was found out, that the monitored physical and mechanical properties of beech and birch plywood transport materials change, under action of wood-destroying fungus *Trametes versicolor*.

Beech plywood showed an increase in humidity after degradation about 32,78% and birch plywood about 39,58%.

After 14 weeks of fungus treatment on beech plywood was reduced weight on an average about 2,13% and birch plywood about 1,94%.

Strength limit and elastic modulus at a humidity of 12%, have not significant differences based on phenolic film damage. The difference in flexural strength of birch plywood between intact and damaged surface of the film was 0,68 MPa and damaged beech plywood was increase of flexural strength about 5,87 MPa.

In comparison to the reference samples and degraded samples after drying to 0%, healthy samples showed higher strength properties. Reference samples of beech plywood had flexural strength about 108,40 MPa, on the other hand strength properties of degraded samples were reduced by an average about 10,69 MPa. Strength properties of bending of birch plywood was difference lower than in beech. The decrease in strength limit after degradation was on average only about 1,33 MPa.

On basis of these findings we can noted, that in beech and birch plywood after treatment of wood-destroying fungus *Trametes versicolor*, decreased physical (weight loss and density) and mechanical properties (flexural strength and flexural modulus). The largest decrease was observed in the strength limit of beech wood in undamaged and damaged surface by streak and birch plywood by superficial surface damage.

Literatúra

1. Anderson, E. L., Pawlak, Z., Owen, N. L., Feist, W.C., 1991. Infrared studies of wood weather – ing, part 1: softwoods, part 2: hardwoods. *Appl spectroscopy* 45: 641
2. Baier, J., Týn, Z., 2001. *Ochrana dřeva*. 2. vyd. Praha: Grada, 93 s. ISBN 80-247-0050-6
3. Balabán, K., Kotlaba, F., 1970. *Atlas dřevokazných hub*. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 133 s.
4. Baldwin, R.F., 1973. *Plywood Manufacturing Practices*. San Francisco, Miller Freeman Publications: 141.
5. Brumovský, M., Rada, O. *Dřevo v rekreačním objektu*. Praha: Brázda, 1991.
6. Carll, CH. G., Highley, T. L., 1999. Decay of wood and wood-based products above ground in buildings, *Journal of Testing and Evaluation*, Vol. 27, pp 150 - 158
7. Čunderlík, I., 2009. *Štruktúra dreva*. Technická univerzita vo Zvolene, 135 s. ISBN 978-80-228-2061-5
8. Dinwoodie, J. M., 2000. *Its nature and behaviour*, part 2. Taylor and Francis Group, 272 s. ISBN 0-419-25550-8
9. Einster a kol: *Příručka lepení dřeva*, Praha 1966
10. Hillis, W.E., 1985. Occurrence of extractives in wood tissues. In: *Biosynthesis and biodegradation of wood components*, Academic Press, London , s. 209 – 228.
11. Hrázský, J., Král, P., 2005. Assessing the bending strength and modulus of elasticity in bending of exterior foiled plywoods in relation to their construction. Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Czech Republic. *Journal of forest science*, No. 51 (2): 77–94.
12. Chow, S. Z., Mukai, H. N., : *Wood Science*. 1972. No 4, p. 208-208
13. Kent,S., Freitag, C., Leichti, R. L., Morrell, J. J., 2005. Effect of monisure end fungal exposure of the mechanical properties of hem-fir plywood. *Journal of forestry research*. 16(4), 299:300
14. Král, P., Hrázský, J., 2004. Assessing the effect of a coating system on the rate of plywood moistening and changes in dimensions in relation to the change in relative air humidity. Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel

- University of Agriculture and Forestry Brno, Czech Republic. Journal of forest science. No. 50 (2): 86–100.
15. Matovic, A., 1993. Fyzikálne a mechanické vlastnosti dreva a materiálov na bázi dreva. 1. vyd. Brno: MENDELU, s. 212. ISBN 080-7157-086-9
 16. Matovič, A., 1993. Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva. Brno, MZLU: 212.
 17. Mirisky, R., Dziurka, D., Lecka, J. 2007. The effect of esters addition on the properties of PF resin for plywood production. In. Pokroky vo výrobe a použití lepidiel v drevopriemysle. Zvolen: TU vo Zvolene, s. 54–61.
 18. Northcott, P., L. a kol.: Forest Product Journal. 1959. No 12, p. 442-451
 19. Požgaj, A. et al., 1993. Štruktúra a vlastnosti dreva. Bratislava, Príroda: 486.
 20. Požgaj, A., Chovanec, D., Kuriatko, S., Babiak, M., 1997, Štruktúra a vlastnosti dreva, Vyd. 2. Príroda, 485 s. ISBN 80-070-0960-4
 21. Réh, R., Mahút, J., Víglaský, J., 1997. Kompozitné drevné materiály Časť 1. Technická univerzita vo Zvolene, 266 s. ISBN 80-228-0679-X
 22. Reinprecht, L., 1997. Ochrana dreva a kompozitov. Technická univerzita vo Zvolene, 198 s. ISBN 80-228-0392-8
 23. Reinprecht, L., 2008. Ochrana dreva. Technická univerzita vo Zvolene, 450 s. ISBN 978-80-228-1863-6
 24. Reinprecht, L., Novotná, H., Štefka., 2007. Density profiles of spruce wood changed by brown-rot and white rot fungi. Faculty of Wood Sciences and Technology, Technical University of Zvolen, Slovakia, Wood Research 52 (4): 2007 17-28.
 25. Sedliačik, J., Dudas, J. 1998. Lepenie vlhkejšieho dreva. Drevo, 53(5): 115–117
 26. Sedliačik, M., Sedliačik, J., Matyašovský, J., Kopný, J. 2001. Bielkoviny ako nastavovadlo pre močovínové a fenolické lepidlá. Drevo, 56(8): 164–165
 27. Sedliačik, M., Sedliačik, J., Potapova, O. 2006. K problematike lepených spojov. Zvolen: TU vo Zvolene, 75 s., ISBN 80-228-1425-3.
 28. Stalnaker, J. J., Herris, E. C., 1997. Structural desing in wood, 2. vyd. Chapman a Hall, New York, 448 s. ISBN 978-1-4613-6827-4
 29. Svatoň, J., 2000. Ochrana dreva, 1. vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 203 s. ISBN 80-715-7435-X

30. Šteller, Š., 1967. Príspevok k stanoveniu niektorých pevnostných vlastností preglejok výpočtom. Bratislava, ŠDVÚ, Drevársky výskum, 1: 29–38.
31. Šteller, Š., 1978. Vplyv vlhkosti na pevnosť v ohybe a modul pružnosti v ohybe celobukových vodovzdorných preglejok. Bratislava, ŠDVÚ, Drevársky výskum, 4: 255–266.
32. Van den Blucke, J., De Windt, I., Defoirdt, N., De Smet, J., Van Acker, J., 2011. Moisture dynamics and fungal susceptibility of plywood. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 65(5): 708-716
33. Youngquist, J. A., 1999. Forest Products Laboratory, Wood handbook – Wood as an engineering material, U.S. Department of Agriculture, 463 s. Forest Service, GTR: FPL-GTR-113

<http://burle.blog.cz/1204/tak-tady-si-nejem-jisty> (online) [citované 16. 03. 2015]
dostupné www.burle.blog.cz

Normy:

ČSN EN 310 Desky ze dřeva. Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu. Český normalizační institut, 1995: 8.

ČSN EN 322 Desky ze dřeva. Zjišťování vlhkosti. Český normalizační institut, 1993: 8.

Zoznam použitých tabuliek

Tab. 1 Zatriedenie drevoznehodnocujúcich činiteľov podľa pôvodu	10
Tab. 2 Rozdelenie chemických látok v dreve (Reinprecht 2008).....	12
Tab. 3 Optimálne podmienky (Svatoň 2000).....	23
Tab. 4 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania zmeny vlhkosti bukovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel).....	40
Tab. 5 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania zmeny vlhkosti brezovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel).....	42
Tab. 6 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania zmeny vlhkosti bukovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel).....	44
Tab. 7 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania zmeny vlhkosti bukovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel).....	47
Tab. 8 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania zmeny vlhkosti brezovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel).....	48
Tab. 9 Percentuálny úbytok hmotnosti a hustoty BK a BR preglejky ($w=0\%$) pred a po degradácii drevokaznou hubou a vlhkosť po degradácii pre vysušením	51
Tab. 10 Popisná štatistika úbytku hmotnosti bukových preglejok	52
Tab. 11 Popisná štatistika zmeny vlhkosti pred a po degradácii bukových preglejok ..	52
Tab. 12 Popisná štatistika úbytku hmotnosti brezových preglejok	53
Tab. 13 Popisná štatistika zmeny vlhkosti pred a po degradácii brezových preglejok	53
Tab. 14 Priemerné hodnoty zistené pri statickom ohybe nedegradovaných vzoriek pri $w = 12\%$	54
Tab. 15 Priemerné hodnoty zistené pri statickom ohybe referenčných a degradovaných vzoriek pri $w = 0\%$	54
Tab. 16 Popisná štatistika medze pevnosti a modulu pružnosti BR preglejok pri rôznom poškodení $w = 12\%$	55
Tab. 17 Popisná štatistika medze pevnosti a modulu pružnosti BK preglejok pri rôznom poškodení $w = 12\%$	56
Tab. 18 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania pre pevnosť v ohybe nedegradovanej bukovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel, $p < 0,05$ štatisticky významný rozdiel)	58
Tab. 19 Popisná štatistika pevnosti v ohybe a modulu pružnosti referenčných a degradovaných bukových preglejok	59

Tab. 20 Popisná štatistika pevnosti v ohybe a modulu pružnosti referenčných a degradovaných brezových preglejok	60
Tab. 21 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania pre pevnosť v ohybe nedegradovanej brezovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel, $p < 0,05$ štatisticky významný rozdiel)	61
Tab. 22 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania pre pevnosť v ohybe degradovanej bukovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel, $p < 0,05$ štatisticky významný rozdiel)	62
Tab. 23 Vyhodnotenie Tukeyho testu viacnásobného porovnania modul pružnosti degradovanej bukovej preglejky ($p > 0,05$ štatisticky nevýznamný rozdiel, $p < 0,05$ štatisticky významný rozdiel)	63

Zoznam použitých obrázkov

Obr. 1 Rovnovážna vlhkosť dreva	15
Obr. 2 Outkovka pestrá (www.burle.blog.cz).....	24
Obr. 3 Rozdelenie BR vzoriek podľa poškodenia	29
Obr. 4 Rozdelenie BR vzoriek podľa poškodenia	29
Obr. 5 Bukové a brezové vzorky v nasýtenej vodnej pare	30
Obr. 6 Bukové a brezové vzorky vložené do nádoby s vodou	31
Obr. 7 Očkovanie kultur húb	35
Obr. 8 Vkladanie preglejovaných a referenčných vzoriek do kultivačných nádob	36
Obr. 9 Napadnutie hubou	37
Obr. 10 Trojbodový ohyb	38
Obr. 11 Nasiakavosť BK preglejok v destilovanej vode	39
Obr. 12 Jednofaktorová analýza rozptylu nasiakavosti BK preglejky v destilovanej vode, p = 0,00	40
Obr. 13 Nasiakavosť BR preglejok v destilovanej vode.....	41
Obr. 14 Jednofaktorová analýza rozptylu nasiakavosti BR preglejky v destilovanej vode, p = 0,00	42
Obr. 15 Navlhavosť BK preglejok v nasýtenej vodnej pare.....	43
Obr. 16 Jednofaktorová analýza rozptylu navlhavosti BK preglejky v nasýtenej vodnej pare, p = 0,00	44
Obr. 17 Navlhavosť BR preglejok v nasýtenej vodnej pare	45
Obr. 18 Jednofaktorová analýza rozptylu navlhavosti BR preglejky v nasýtenej vodnej pare, p = 0,14	45
Obr. 19 Úbytok vlhkosti BK preglejok.....	46
Obr. 20 Jednofaktorová analýza rozptylu úbytku vlhkosti BK preglejky, p = 0,03	46
Obr. 21 Úbytok vlhkosti BR preglejok.....	47
Obr. 22 Jednofaktorová analýza rozptylu úbytku vlhkosti BR preglejky, p = 0,00	48
Obr. 23 Úbytok vlhkosti BK preglejky.....	49
Obr. 24 Jednofaktorová analýza rozptylu úbytku vlhkosti BK preglejky, p = 0,89	49
Obr. 25 Úbytok vlhkosti BR preglejky	50
Obr. 26 Jednofaktorová analýza rozptylu úbytku vlhkosti BR preglejky, p = 0,07	50
Obr. 27 Jednofaktorová analýza rozptylu medze pevnosti ohybe BR preglejky pri w = 12%, p = 0,82.....	56

Obr. 28 Jednofaktorová analýza rozptylu modulu pružnosti ohybe BR preglejky pri $w = 12\%$, $p = 0,79$	57
Obr. 30 Jednofaktorová analýza rozptylu medze pevnosti v ohybe BK preglejky pri $w = 12\%$, $p = 0,82$	58
Obr. 32 Jednofaktorová analýza rozptylu medze pevnosti v ohybe medzi BR referenčnými a degradovanými preglejkami pri $w = 0\%$, $p = 0,92$	60
Obr. 33 Jednofaktorová analýza rozptylu modulu pružnosti v ohybe medzi BR referenčnými a degradovanými preglejkami pri $w = 0\%$, $p = 0,00$	61
Obr. 34 Jednofaktorová analýza rozptylu pevnosť v ohybe medzi BK referenčnými a degradovanými preglejkami pri $w = 0\%$, $p = 0,00$	62
Obr. 35 Jednofaktorová analýza rozptylu modulu pružnosti v ohybe medzi BK referenčnými a degradovanými preglejkami pri $w = 0\%$, $p = 0,00$	63

Prílohy

Tab. 15 Hmotnosti a vlhkosť bukových teliesok o rozmeroch 15 x 25 x 50mm

Č. V.	Hmotnosť pri w = 0% (g)	Hmotnosť po degradácii (g)	Vlhkosť po degradácii (%)
44	10,11	14,3	41,44
48	9,22	14,41	56,29
49	8,47	13,83	63,28
50	9,36	15,25	62,92
51	7,96	16,33	105,15
52	8,92	14,03	57,28
53	11,86	17,38	46,54
54	10,44	16,45	57,56
55	6,99	17,58	151,50
56	12,02	15,75	31,03
57	11,35	16,84	48,37
58	9,81	18,32	86,74
59	7,86	13,68	74,04
60	8,66	14,46	66,97
61	9,07	16,53	82,24
62	11,63	17,64	51,67
64	8,01	13,55	69,16
65	7,79	13,34	71,24
66	10,11	13,71	35,61
67	9,55	13,58	42,19
68	9,26	12,71	37,25
71	10,75	14,06	30,79
72	10,58	14,89	40,73
74	7,41	13,8	86,23
75	9,09	12,99	42,90
76	9,19	12,62	37,32
78	10,6	14,02	32,26
79	9,36	13,4	43,16
80	9,85	17,35	76,14
81	9,09	13,66	50,27
82	10,88	14,18	30,33

Tab. 16 Vlhkosti BK preglejok v nasýtenej vodnej pare

Dni	Vlhkosť		
	BK nepoškodené	BK plošne poškodené	BK vryp
0	10,95635	11,06288	10,8877
1	11,149	11,34069	11,11586
2	11,37591	11,58316	11,36042
3	11,55945	11,798998	11,55222
4	11,75591	12,05725	11,76913
5	12,18464	12,56472	12,23615
6	12,39018	12,79968	12,45657
7	12,5741	13,00218	12,65044
8	12,96324	13,42859	13,41773
9	13,19503	13,82706	13,65455
11	13,52578	14,18009	14,02902
13	13,87435	14,55822	14,39022
15	14,23026	14,91737	14,74888
19	14,95454	15,67622	15,51745
23	15,63484	16,34469	16,21945
27	16,24511	16,91486	16,49319
30	16,5534	17,35456	16,92748
34	17,40079	17,80991	17,12524
37	18,4261	18,48359	17,71963
41	19,02491	19,04008	18,3184
44	19,52061	19,48468	18,77072
48	20,12996	20,1147	19,37651
51	20,46629	20,44259	19,7162
55	20,80262	20,77048	20,05589
58	21,35575	21,3562	20,68849

Tab. 1 Vlhkosti BK preglejok v nasýtenej vodnej pare

Dni	Vlhkosť		
	BR nepoškodené	BR plošne poškodené	BR vryp
0	11,42919	11,10791	11,25076
1	11,6483	11,4011	11,50439
2	11,91259	11,68229	11,78764
3	12,15644	11,90547	12,0018
4	12,37601	12,18369	12,2646
5	12,89335	12,76207	12,82691
6	13,13758	13,05582	13,09981
7	13,30129	13,29827	13,3433
8	13,73846	13,84407	13,79767
9	14,00695	14,14096	14,13191
11	14,25868	14,60586	14,5755
13	14,79278	15,04407	15,03341
15	15,19527	15,45056	15,4568
19	16,08498	16,38792	16,38766
23	16,89803	17,25087	17,22635
27	17,60423	17,95451	17,95251
30	18,13036	18,81256	19,41591
34	18,55175	19,77009	20,46655
37	18,98767	20,82695	22,18291
41	19,27217	22,16199	22,94995
44	19,4693	22,763	23,53989
48	19,75785	23,46365	24,3675
51	20,27599	23,91723	24,86166
55	20,79719	24,37083	25,57386
58	20,94862	25,08304	26,77081

Tab. 18 Vlhkosti BK preglejok v destilovanej vode

Vlhkosť			
Deň	BK nepoškodené	BK plošne poškodené	BK vryp
0	10,95444	12,10165	10,69643
1	14,79461	15,62458	14,56931
2	16,37246	17,98025	16,33848
3	17,1268	19,55782	17,43874
4	17,92101	21,02664	18,42315
5	18,61565	22,37088	19,35533
6	19,20823	23,60436	20,29299
7	19,65125	24,84756	21,17684
8	19,81318	25,80037	21,97364
9	20,01863	26,85268	22,81205
11	20,8331	28,30876	24,08518
13	21,51415	29,35975	25,07785
15	22,34321	31,00961	26,46257
19	23,63188	32,48074	28,24509
23	24,61207	34,05874	29,775
27	25,53107	35,06424	30,76041
30	25,95329	35,95113	31,48854
33	26,0781	36,40002	32,40494
37	26,27392	37,26689	33,85924
41	26,46974	38,17801	35,22922
44	26,68849	39,41045	35,77944
48	26,8775	40,37484	36,54088
51	26,90289	40,98866	36,62414
55	27,0719	42,12557	37,2021
58	27,95554	42,73864	37,98405

Tab. 2 Vlhkosti BR preglejok v destilovanej vode

Vlhkosť			
Deň	BR nepoškodené	BR plošne poškodenie	BR vryp
0	11,5875	11,47763	11,39943
1	12,37089	13,85875	13,192
2	12,9841	15,14996	14,39982
3	13,44375	16,05335	15,24311
4	13,7966	16,92074	16,07829
5	14,16435	17,64085	16,89269
6	14,52092	18,31545	17,66022
7	15,50602	19,70065	18,34602
8	15,78781	20,27937	18,94792
9	16,26185	21,08495	19,58054
11	17,02207	22,69913	21,01379
13	17,61449	23,76422	22,24299
15	18,29139	25,57688	23,63357
19	19,40019	27,24937	25,80477
23	20,30794	29,85111	27,56366
27	21,46797	31,92263	29,16939
30	22,25791	33,54925	31,24209
33	22,84346	35,82789	32,50246
37	22,95805	38,53815	33,26614
41	23,12815	40,03828	33,62572
44	23,3896	41,17966	33,95319
48	23,58954	42,1557	34,23109
51	23,74363	42,71671	34,46795
55	24,59777	43,28775	34,84997
58	25,28861	45,13098	35,42606

Tab. 20 Úbytok vlhkosti BK preglejok - navlhavosť

Vlhkosť			
Deň	nepoškodené	plošne poškodené	vryp
0	16,55334	17,35456	16,92748
3	15,83970	16,43390	16,25052
5	15,57873	16,07782	15,89259
7	15,39116	15,81782	15,65891
9	15,24049	15,66530	15,47176
11	15,01129	15,48780	15,32559
14	14,84020	15,30239	15,13799
18	14,58161	15,12909	14,95404
21	14,28845	15,07632	14,81484
25	13,97985	14,90302	14,63089
28	13,60700	14,57931	14,22688

Tab. 21 Úbytok vlhkosti BR preglejok - navlhavosť

Vlhkosť			
Deň	nepoškodené	plošne poškodené	vryp
0	18,13036	18,51256	18,41591
3	17,24471	17,38329	17,63186
5	16,90010	16,89745	17,20966
7	16,59764	16,57523	16,88549
9	16,37231	16,30610	16,61390
11	16,17106	16,08077	16,37995
14	15,88258	15,79585	16,07671
18	15,62529	15,55114	15,81570
21	15,44063	15,38939	15,71261
25	15,18334	15,14468	15,45168
28	14,80660	14,74359	15,11126

Tab. 22 Úbytok vlhkosti BK preglejok - nasiakavosť

Vlhkosť			
Deň	nepoškodené	plošne poškodené	vryp
0	25,61495	35,49439	30,57532
3	24,35105	28,98665	26,84633
5	23,13223	26,68700	25,11228
7	22,16924	24,87645	23,75914
9	21,32687	23,30660	22,56537
11	20,64929	22,01233	21,54894
14	19,82076	20,42839	20,37384
18	18,97789	19,15631	19,15679
21	18,44168	18,38382	18,34485
25	17,59881	17,11174	17,12779
28	17,44938	17,02005	17,06720

Tab. 23 Úbytok vlhkosti BR preglejok - nasiakavosť

Vlhkosť			
Deň	nepoškodené	plošné poškodenie	vryp
0	22,65319	30,82006	30,47493
3	21,61103	25,18129	27,74441
5	20,72565	23,35001	26,21836
7	20,07261	21,97918	24,97325
9	19,46591	20,76553	23,85107
11	18,94119	19,85191	22,98376
14	18,38564	18,67710	21,79467
18	17,59171	17,45262	20,65054
21	17,16407	16,76282	19,98501
25	16,37014	15,53834	18,84088
28	16,00952	15,04382	18,50485