



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra aplikované fyziky a techniky

Diplomová práce

**Zkoušky dřeva se strukturou narušenou vadami
a dřevokaznými škůdci se zaměřením na destruktivní
zkoušky mechanických vlastností a na ochranu dřeva.**

Vypracoval: Bc. Lukáš Rejžek

Vedoucí práce: PaedDr. Bedřich Veselý, Ph.D.

České Budějovice 2016

Anotace:

Úvodní teoretická část práce shrnuje poznatky o nejběžnějších vadách a škůdcích dřeva, včetně jejich vlivu na změny vlastností materiálu. Následující praktická část popisuje destruktivní zkoušky dřeva – jejich průběh, výpočty a vyhodnocení výsledků. Závěrečná část je věnována konstrukční a chemické ochraně dřeva. Jsou zde uvedeny základní principy a způsoby ochrany a v poslední kapitole příklady podniků v našem regionu, které provádí chemickou ochranu.

Klíčová slova: vady dřeva, škůdci dřeva, destruktivní zkoušky dřeva, zkoušky mechanických vlastností, ochrana dřeva

Abstract:

The theoretical part summarizes pieces of knowledge about the most common defects and wood pests including their impact on the properties of the material. The following practical part describes the destructive testing of wood - its course, calculation and evaluation of results. The final section is devoted to the structural and chemical wood protection. There are introduced basic principles and methods of protection and in the last chapter there are some examples of companies in our region that performs chemical protection.

Keywords: wood defects, wood pests, destructive testing of wood, testing of mechanical properties, wood protection

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum: 24. 6. 2016

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě je mou milou povinností vyslovit velké poděkování PaedDr. Bedřichu Veselému, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, ale hlavně za jeho ochotu a trpělivost, bez níž by práce nevznikla. Poděkování patří také panu Čejkovi za pomoc při úpravě vzorků a mnoha lidem, kteří mi poskytli materiál vhodný na jejich přípravu. Jmenovitě panu Volmutovi, Klímovi, Šperlovi, Polánkovi, Bočánkovi, Mikulenkovi a dalším. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za všemožnou podporu.

OBSAH

Úvod	6
1. Nejčastější vady a škůdci dřeva	9
1.1 Vady	9
1.2 Škůdci	17
2. Destruktivní zkoušky dřeva	26
2.1 Statická zkouška ohybem	28
2.2 Statická zkouška tlakem	38
2.3 Zkouška vrubové houževnatosti	46
3. Ochrana dřeva	57
3.1 Konstrukční ochrana	58
3.2 Chemická ochrana	62
Závěr	67
Seznam obrázků	69
Seznam tabulek	70
Seznam použitých zdrojů	71

ÚVOD

Ve své bakalářské práci jsem se věnoval problematice vad a škůdců dřeva. Vycházejíce z odborné literatury, popsal jsem teoreticky nejčastější vady a škůdce, sestavil jsem vzorkovnici jednotlivých vad a hmyzích požerků a pro výukové účely jsem připravil prezentaci. Prezentace je vhodná zejména pro výuku na středních odborných školách a učilištích.

Téma jsem však zdaleka nevyčerpal, a proto jsem se rozhodl svou diplomovou prací navázat na práci předchozí. Jsem si vědom, že jako student učitelství pro 2. stupeň ZŠ bych se měl zaměřit spíše na tematiku poněkud bližší své předpokládané budoucí roli učitele, na druhou stranu dětem a škole se patrně budu věnovat řadu následujících let. A protože zařízení na provádění destruktivních zkoušek dřeva není běžně dostupné v dílnách ZŠ, bylo by škoda nevyužít možnosti dílen na katedře aplikované fyziky a techniky.

Chci tak také napravit některé nedostatky své bakalářské práce, která byla zaměřena převážně teoreticky. Provedením destruktivních zkoušek bych chtěl do jisté míry ověřit teoretické poznatky z předchozí práce a zároveň porovnat s výsledky, ke kterým dospěli badatelé přede mnou.

Očekávám, že se během zkoušení různě narušeného materiálu dopracuji k zajímavým výsledkům a že si zároveň prohloubím teoretické i praktické znalosti o dřevě. Vždyť s ním pracuji, byť v omezené míře, už od dob, kdy jsem ještě navštěvoval poslední ročníky základní školy.

Právě dřevo je podle mého názoru ideálním materiálem pro učitele technické výchovy na druhém stupni ZŠ. Žáci si na něm mohou vyzkoušet práci s řadou různých nástrojů. Oproti zpracování kovů a plastů je vyrábění ze dřeva mnohem méně náročné a děti tak mohou během školního roku zvládnout vlastními silami vytvořit praktické i originální výrobky.

Nedávno jsem byl na oslavě 60. výročí založení ZŠ Dukelské ve Strakonících. Při té příležitosti probíhal den otevřených dveří s tématem "řemesla". Byl jsem se podívat ve školních dílnách, kde obchodní zástupce nějaké firmy předváděl miniaturní stolní soustruh a vibrační lupínkovou pilu. Oba stroje byly zcela bezpečné a děti by si s nimi neublížili více než s tužkou nebo pravítkem.

Věřím, že podobné pomůcky by v dětech dokázaly vzbudit zájem a byly by při výuce v dílnách jistě užitečné. Zároveň věřím, že čím více znalostí a praktických zkušeností učitel technické výchovy získá, tím lépe pro něj i pro jeho žáky.

Cíle práce:

Teoretické:

- Stručně charakterizovat nejběžnější vady a škůdce dřeva.
- Analyzovat způsoby hodnocení jakosti dřeva a určování rozsahu poškození.
- Popsat běžně užívané metody ochrany dřeva v našem regionu.

Praktické:

- Připravit vhodné vzorky dřeva s nejčastějšími vadami a poškozením biologickými škůdci.
- Provést na vzorcích destruktivní zkoušky a porovnat změny mechanických vlastností.
- Shrnout dosažené poznatky a výsledky.
- Celou práci doplnit vhodnými obrázky.

1. NEJČASTĚJŠÍ VADY A ŠKŮDCI DŘEVA

Touto problematikou jsem se podrobně zabýval ve své bakalářské práci, na tomto místě tedy uvedu jen ty nejvýznamnější vady a škůdce, kteří mají na kvalitu a vlastnosti dřevní hmoty největší vliv. Z níže uvedených typů vad jsem vybíral ty, na kterých jsem následně prováděl destruktivní zkoušky dřeva.

1.1 Vady dřeva

Z vad dřeva mají největší význam suky a trhliny. S přítomností suků souvisí přítomnost závitků, tedy míst v okolí suků, kde jsou dřevní vlákna vychýlena. Ve dřevě jehličnanů, které je ve dřevozpracujícím průmyslu zdaleka nejpoužívanější, se často vyskytují smolníky, případně prosmoly. Také reakční dřevo se vyskytuje běžně a znatelně ovlivňuje mechanické vlastnosti materiálu. Další obvyklou vadou je nepravé jádro, typické pro některé druhy listnatých dřevin.

SUKY

Suky jsou přirozenou součástí dřeva každého stromu. Svými vlastnostmi se výrazně odlišují od okolní dřevní hmoty a při jejím zpracování a využití mohou způsobovat určité komplikace (otupují nástroje, mohou zhoršovat vzhled, představují určité bezpečnostní riziko, mění vlastnosti materiálu).

Jsou zpravidla výrazně tvrdší než dřevo, které je obklopuje, narušují ale jeho stejnorodost a soudržnost. Vlákna v okolí suků jsou náchylnější ke vzniku trhlin.

U suků velmi záleží na jejich stavu, velikosti a počtu, což hraje roli při zařazování pilařského sortimentu do jakostních tříd (viz níže). Pokud jsou suky zdravé (bez hniloby) a soudržné s okolním dřevem, pak se u většiny výrobků do určitého množství tolerují. Pokud jsou suky vypadavé, nebo napadené hnilobou, stávají se nežádoucími. Řezivo s vypadavými a nahnilými sukami je pro většinu účelů nevhodné, někdy se proto takové suky odvrtnou a nahradí dřevěnou zátkou. Na obrázku č. 1 vlevo je nahnilý vypadavý suk, vpravo suk vyspravený zátkou.



Obrázek č. 1 – vypadavý suk (vlevo) a zátká

ZÁVITEK / ZÁVITKOVÁ ZÓNA

Závitek (nebo též závitková zóna) je lokální vychýlení letokruhů, chceme-li dřevních vláken. Vyskytuje se v okolí suků a smolníků, má nepříznivý vliv na kvalitu obráběné plochy a ztěžuje ruční obrábění. Právě tato místa mají při zatěžování materiálu vnějšími silami (ale platí to i pro síly vnitřní) větší náchylnost ke vzniku trhlin.

Vychýlená vlákna závitkové zóny jsou dobře vidět na obrázku č. 1, ještě zřetelněji na obrázku č. 2.



Obrázek č. 2 – suk a závitková zóna

TRHLINY

Trhliny jsou násilně od sebe oddělené vrstvy dřevních vláken. Vznikají z několika důvodů. Buď během růstu stromu (zejména při extrémním suchu, při velmi vysokých, nebo naopak velmi nízkých teplotách a také mechanickým poškozením), nebo v průběhu těžby a skladování dřeva. Při sušení a skladování vznikají výsušné trhliny (obrázek č. 3).

Výsušné trhliny jsou z trhlín nejčastější. Mohou se objevit kdykoli v čase od pokácení stromu až po používání hotového výrobku, zejména pokud se nedodrží pravidla sušícího procesu. Dřevo nejrychleji vysychá na čelech - to znamená, že během procesu sušení je v různých částech materiálu různá vlhkost. Tím vzniká vnitřní pnutí, které může způsobit popraskání. Více o druzích trhlín a jejich vzniku je uvedeno v [2, 5, 11 a 20].

Trhliny dokáží dřevo znehodnotit až do takové míry, že je vhodné jen na výrobu dřevních vláken/třísek (výroba aglomerovaných materiálů), případně jako palivo.



Obrázek č. 3 – výsušné trhliny (dřeňové)

TOČITOST / ODKLON VLÁKEN

Točitost vláken (u řeziva a dýh se označuje jako odklon vláken) je běžná a přirozená vada dřeva. Jde o šroubovitě odchylení směru dřevních vláken od podélné osy kmene (obrázek č. 4).

Tuto vadu lze často rozeznat už na živém stromě. Její závažnost se hodnotí v procentech. Odklon vláken se považuje za vadu, dosáhne-li 5 - 10 % (malý odklon), při 10 - 33,3 % se jedná o větší odklon a nad 33,3 % o velký odklon [5]. Autor v [5] také uvádí změnu mechanických vlastností u dřeva s touto vadou, které je navíc velmi náchylné ke vzniku trhlin.



Obrázek č. 4 – točitost / odklon vláken, převzato a upraveno z [20]

SMOLNÍK

Smolník je úzká dutina na rozhraní letokruhů, částečně nebo zcela vyplněná pryskyřicí (obrázek č. 5 a 6). Nejčastěji má čočkovitý tvar, na tangenciálním řezu je to plochá prohlubeň. Smolníky vznikají výhradně ve dřevě jehličnanů, které mají pryskyřičné kanálky. [5] uvádí nejčastější příčinu vzniku namáhání stromu silným větrem nebo nadměrné zatížení větví sněhem.

Smolník je vadou struktury dřeva a narušuje jeho soudržnost. Při zpracování způsobuje potíže – zejména znečišťuje obráběcí nástroje a odpuzuje nátěrové hmoty.



Obrázek č. 5 - smolníky

PROSMOL

Prosmol je označení pro část dřevní hmoty, která je nadměrně prosycená pryskyřicí (obrázek č. 6). Stejně jako smolníky vzniká pouze u dřevin s pryskyřičnými kanálky a od okolního dřeva se liší tmavší barvou a na čerstvém řezu intenzivnější vůní. Podle [5] nejčastěji vzniká poblíž míst, poraněných těžbou pryskyřice, nebo poškozených některými druhy hub, případně živočichy. Při zpracování dřeva působí prosmoly potíže tím, že odpuzují nátěrové hmoty.



Obrázek č. 6 – smolník a prosmol

REAKČNÍ DŘEVO

Reakční dřevo vzniká jako reakce kmene a větví na mechanické namáhání větrem, sněhem, hmotností koruny nebo také při křivosti kmene. Nejčastěji má tvar půlměsíce a u jehličnatých dřevin je snadno rozeznatelné díky tmavší barvě, protože v něm má mnohem vyšší zastoupení letní dřevo (tzv. křemenitost, obrázek č. 7). Tutéž strukturu má reakční dřevo i u listnatých stromů s tím rozdílem, že tam je letní dřevo obvykle světlejší než jarní.

Skládá-li se dřevní hmota z nezvykle vysokého podílu letního dřeva, má kvůli vyšší tvrdosti a hmotnosti o poznání jiné vlastnosti než běžné dřevo té samé dřeviny. Úplně nejtvrďší dřevo bývá u velkých ohnutých větví.



Obrázek č. 7 – reakční dřevo, převzato a upraveno z [20]

NEPRAVÉ JÁDRO

Nepravé jádro je vada struktury dřeva, postihující listnaté stromy, nejčastěji buk, břízu, javor, ale i další. Vzniká ve středových vrstvách kmene a má většinou nápadně tmavší barvu (obrázek č. 8 a 9). Na příčném řezu kmenem může mít různé tvary (zpravidla není ohraničeno letokruhem), podle nichž lze odhadnout příčinu vzniku. Tou je narušení fyziologických procesů ve dřevě, způsobených

nejčastěji poraněním stromu, poškození hmyzem či houbami, mrazem, nebo jen přirozeným stárnutím stromu.

Přítomnost nepravého jádra zpočátku neovlivňuje mechanické vlastnosti dřeva a je spíše kosmetickou vadou (výjimečně může být i žádoucí, protože u některých dřevin vznikne mnohem zajímavější barva). Postupem času však nepravé jádro podléhá hnilobě. Je-li strom poškozený na více místech, může dojít ke splynutí několika nepravých jader (obrázek č. 9).



Obrázek č. 8 – nepravé jádro (bříza)



Obrázek č. 9 – složené nepravé jádro (buk), převzato a upraveno z [20].

DŘEŇ

Dřeň je podobně jako suky zcela přirozenou vadou, bez níž by strom nemohl vyrůst. Jde o měkké pletivo o průměru nejčastěji 2 až 5 mm [2], u mladých stromů bývá světlé, u starších tmavne (obrázek č. 10) a může i částečně nebo zcela zmizet (pak po něm zbyde dutinka). Svůj význam má dřeň v prvních letech života stromu, kdy slouží k vedení vody.

Tvar dřeně se může lišit podle druhu dřeviny. [2] uvádí tvary od kruhovitého přes oválný, trojúhelníkový, čtyřúhelníkový, až po hvězdicovitý. V ideálních podmínkách by měla být dřeň umístěna přímo uprostřed kmene, ve skutečnosti je ale téměř vždy alespoň mírně excentrická.

Mechanické vlastnosti dřeně jsou nepatrné, proto je v řezivu a konstrukčních dílech nežádoucí a pokud možno se vyřezává už při pořezu v pilařském závodě. Při vzniku výsušných trhlin zpravidla ty nejhlubší procházejí právě dření nebo ke dření směřují.



Obrázek č. 10 - dřeň

1.2 Škůdci dřeva

Hlavními biologickými škůdci dřeva jsou dřevokazné houby a dřevokazný hmyz. Významnější škody způsobují houby.

Napadení hmyzem prozradí chodbičky (požerky) nebo výletové otvory, případně hromádky pilinek a někdy lze krmící se larvy i zaslechnout. Podle velikosti, barvy a tvaru chodbiček lze dobře odhadnout druh škůdce. Nejběžnějším druhům dřevokazného hmyzu jsem se věnoval ve své předchozí práci. V našem regionu jsou nejvýznamnějšími škůdci tesařici, červotoči a dřevokazi (případně ještě pilořitky).

Dřevokazné houby mohou způsobovat různě závažné poškození dřevní hmoty. Dřevozbarvující houby nebo plísně ovlivňují zejména vzhled, ale na mechanické vlastnosti dřeva mají minimální vliv. Naopak houby, které způsobují destruktivní hnilobu (nejznámější je bezpochyby dřevomorka), dokáží dřevo zcela rozložit. Jednoduchým indikátorem houbové infekce ve dřevě jsou barevné změny (obrázek č. 11).

V následujícím přehledu jsem se zaměřil především na popis škod, které ve dřevě způsobují jednotlivé druhy škůdců.



Obrázek č. 11 – napadení dřevokaznou houbou

DŘEVOKAZNÝ HMYZ

TESAŘÍCI

Tesaříci jsou nápadní, nejčastěji do 20 mm dlouzí brouci, jejichž larvy se živí buďto podkorními pletivy (hlavně lýkem) a samotné dřevo poškozují jen na povrchu (u nás asi nejrozšířenější jsou tesařík fialový a tesařík skladištní), nebo požírají bělové dřevo (tesařík krovový). Mnohem významnějším škůdcem jsou právě zástupci druhé skupiny, kam patří na prvním místě právě tesařík krovový (obrázek č. 12).



Larvy tesaříka krovového (obrázek č. 13) poškozují zpracované dřevo jehličnanů, nejčastěji střešní konstrukce, trámy, sloupy, někdy i schodiště, dveře či masivní nábytek. Dřevo bez jádra dokáže poškodit v celém průřezu a to až tak, že se rozpadá v ruce (obrázek č. 14). Silné poškození vede k vážnému snížení statické pevnosti a hrozí zřícení celé konstrukce.

Obrázek č. 12 – tesařík krovový, převzato a upraveno z [25]



Obrázek č. 13 – larvy tesaříka, převzato a upraveno z [26]



Obrázek č. 14 – požerky tesaříka krovového

ČERVOTOČI

Červotoči jsou drobní, obvykle 3-4 mm dlouzí brouci hnědé nebo černohnědé barvy (obrázek č. 15), jejichž larvy požírají dřevo jehličnatých i listnatých dřevin. Čerstvé dřevo nenapadají. V napadeném materiálu vykusují chodbičky přibližně o průměru 1 mm a během několika generací dokáží dřevo tak poničit, až se rozpadá na kousky (obrázek č. 16).



Obrázek č. 15 – červotoč proužkováný, převzato a upraveno z [27]



Obrázek č. 16 – požerky červotočů

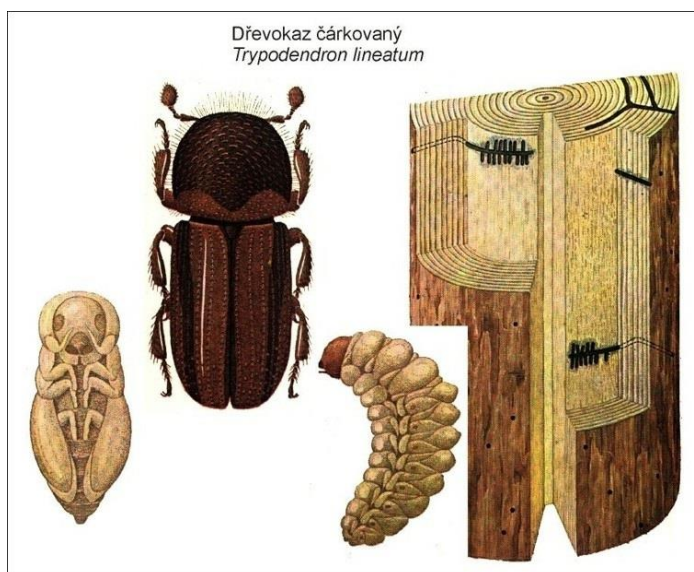
Poškozují nejrůznější výrobky a konstrukce: dřevěná obložení, podlahy, dveře, okenní rámy, nábytek, řezivo, ale i různé malé předměty jako jsou násady, hole, hračky nebo třeba hoblík (obrázek č. 17).



Obrázek č. 17 – hoblík, poškozený červotočem

DŘEVOKAZI

Dřevokaz je drobný brouk, tvarem i barvou podobný červotoči (obrázek č. 18). U nás zdaleka nejrozšířenější je dřevokaz čárkovaný. Napadá dřevo oslabených stromů, padlé nebo pokácené a skladované kmeny. Na rozdíl od tesaříků a červotočů nevytváří chodbičky larvy, ale dospělé samičky, které budují tzv. mateční chodby (detail na obrázku č. 19), do nichž následně kladou vajíčka. Do chodeb zároveň zanesou spóry symbiotických hub, jejichž podhoubím se pak larvy živí. Když larvy dospějí a jako brouci dřevo opustí, houby v chodbách odumřou a způsobí jejich typické začernání. Ačkoli jsou dřevokazi velmi významní škůdci, nepoškodí dřevo do takové míry, jako to dovedou červotoči nebo tesařík skladištní (viz výše).



Obrázek č. 18 – dřevokaz čárkovaný, převzato a upraveno z [28]



Obrázek č. 19 – chodbičky dřevokaze

PILOŘITKY

Pilořitky patří do nadčeledi blanokřídlých a jsou podobné vosám, zejména u nás nejrozšířenější pilořitka velká (obrázek č. 20). Ta poškozuje dřevo jehličnanů (oslabené stromy nebo ležící kmeny). Její larvy dorůstají délky kolem 40mm, jsou bílé až žlutobílé a mají válcovitý tvar. Vykusují hluboko do dřeva chodby kruhovitého průřezu o průměru kolem 4-5 mm. Chodby jsou pevně ucpané drtí a při rozříznutí dřeva nemusí být patrné (obrázek č. 21). Poté, co se larva zakuklí a stane se z ní dospělý jedinec, opustí pilořitka napadené dřevo a na povrchu po sobě zanechá nápadný výletový otvor (obrázek č. 22).



Obrázek č. 20 – pilořitka velká, převzato a upraveno z [29]



Obrázek č. 21 – larva pilořitky, převzato a upraveno z [30]



Obrázek č. 22 – výletové otvory

DŘEVOKAZNÉ HOUBY

Dřevokazných hub existuje velké množství, a jak už jsem zmínil výše, ne všechny způsobují celkový rozklad dřevní hmoty. Houby, způsobující destruktivní hnilobu dřeva, se dělí podle několika hlavních kritérií.

Podle způsobu rozkladu dřevní hmoty se rozlišují houby **celulózovorní** (rozkládají primárně celulózu), které způsobují tzv. hnědou hnilobu (obrázek č. 23) a na houby **ligninovorní** (rozkládají primárně lignin), které způsobují tzv. bílou hnilobu (obrázek č. 24).



Obrázek č. 23 – hnědá hniloba



Obrázek č. 24 – bílá hniloba

Další základní kritérium dělení sleduje stav dřeva, které houby rozkládají. Houby **parazitické** (cizopasně) napadají živé oslabené stromy (kmen, větve, kořeny). Houby **saprofytické** (hniložijné) rostou na odumřelém, skladovaném či zpracovaném dřevě a většinou způsobují jeho hnilobu a rozklad. Houby **saproparazitické** mohou žít na živém i odumřelém dřevě.

Houby způsobují ve dřevě barevné změny, rakovinu, zapaření, plíseň a hnilobu, která je poškozením nejzávažnějším, protože postupně dokáže způsobit úplný rozklad napadeného materiálu.

DŘEVOMORKA

Nejznámější, nejobávanější a také nejrozšířenější [17] dřevokaznou houbou ve střední Evropě je dřevomorka domácí. Napadá dřevo v budovách (nejvíce jí vyhovují vlhké tmavé kouty) a způsobuje jeho hnědou destruktivní hnilobu (obrázek č. 25). Má oproti ostatním druhům o poznání nižší nároky na vlhkost a je obtížné ji zlikvidovat. Dokáže se velmi rychle šířit, prorůstá zdívkou a sama si dokáže kompenzovat nedostatek vody.



Obrázek č. 25 – hnědá destruktivní hniloba

V příznivých podmínkách vytváří dřevomorka domácí různě velké bochánkovité plodnice okrové až hnědé barvy s bílým okrajem (obrázek č. 26).



Obrázek č. 26 – plodnice dřevomorky, převzato a upraveno z [31]

HODNOCENÍ JAKOSTI DŘEVA

Proces hodnocení dřeva začíná už v lese, během růstu stromů. Lesníci v pravidelných intervalech kontrolují mladé porosty a selektují stromy slabé, poškozené nebo s vadami tvaru kmene. Zdravé rovné stromy tím dostanou více prostoru k růstu. Když stromy dorostou a jsou vhodné k těžbě, je to opět lesník, kdo schvaluje pokácení stromu.

Po pokácení stromu se mohou projevit vady, které před tím nebyly zřejmé. Může jít např. o nepravé jádro, nebo o hnilobu jádra. K poškození také může dojít neopatrnou manipulací během těžby. Pracovníci těžební společnosti každou odhalenou vadu zaznamenávají, stejně jako rozměry kmene a jeho objem.

Kmeny, které jsou vybrány jako vhodné k pořezu, putují na pilu, kde jsou rozřezány na řezivo. Po rozřezání se projeví další vady, které předtím nešlo odhalit. Jde především o množství a velikost suků (suky lze odhadnout podle počtu a velikosti větví), přítomnost smolníků, různých barevných odchylek apod.

Řezivo se rozřídí do šesti jakostních tříd (rozlišuje se dřevo jehličnatých a listnatých dřevin), kdy do I. jakostní třídy patří nejkvalitnější materiál bez vad a do VI. třídy dřevo, které je vhodné pouze jako palivo. Více o hodnocení jakosti dřeva je uvedeno v [5].

Při zpracovávání kapitoly o vadách a škůdcích dřeva jsem vycházel ze svých poznatků a zkušeností, získaných během studia na VOŠ a SPŠ ve Volyni, a z odborné literatury, kterou jsem podrobně nastudoval během psaní své bakalářské práce. Tuto literaturu uvádím v seznamu použitých zdrojů.

2. DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ DŘEVA SE STRUKTUROU NARUŠENOU VADAMI A DŘEVOKAZNÝMI ŠKŮDCI

Smyslem zkoušek mechanických vlastností materiálu je zjištění (ověření) chování daného materiálu při působení zatěžujících vnějších sil. Výsledné hodnoty pak slouží konstruktérům při navrhování součástí, strojů a konstrukcí, aby tyto mohly plnit svou funkci bez rizika nějakého neočekávaného poškození.

Náplní mé práce je provedení destruktivních zkoušek mechanických vlastností dřeva bez vad a dřeva s vadami a porovnat, jak velký vliv tyto vady mají. Výsledky odpovídajících měření jsou dostupné v odborné literatuře, to však neznamená, že by bylo bezúčelné provést vlastní měření a vyhodnocení.

Původně jsem uvažoval o čtyřech typech zkoušek – o **statické zkoušce tahem, tlakem a ohybem** a o **zkoušce vrubové houževnatosti**, která se řadí mezi zkoušky rázové. Rozdíl mezi statickými a rázovými zkouškami spočívá v tom, že zatímco u statických zkoušek se na zkušební těleso působí pozvolna, zvyšující se kontinuální silou, u rázových zkoušek působí síla krátce a svou maximální hodnotou. Právě rázové zkoušky zpravidla lépe simulují skutečné zatěžování materiálu v běžném provozu.

Uvedené zkoušky jsem prováděl společně s panem doktorem Veselým, vedoucím mé práce. Každé sérii zkoušek předcházela příprava zkušebních vzorků, které jsou konkrétněji popsány a zobrazeny u každého typu měření. Z původního plánu jsme po prvním pokusu na trhacím stroji vyřadili statickou zkoušku tahem (i když právě ta se ze statických destruktivních zkoušek provádí nejčastěji) a to z následujících důvodů. Zkušební těleso pro tuto zkoušku musí být upraveno soustružením, jenže soustružit je možné pouze dřevo se stejnorodou strukturou vláken, což se však vylučuje se zadáním mé práce. Velký problém by také nastal při upínání do samosvorných čelistí trhacího stroje. Zatímco u pokusného vzorku zdravého bukového dřeva se to podařilo, u měkkého dřeva, navíc s vadami (většinou smrk) to bylo nepravděpodobné.



Obrázek č. 27 – přetržený vzorek

Obrázek č. 27 zachycuje pokusný vzorek bukového dřeva bez vad, přetržený při tahové zkoušce. K přetržení tohoto vzorku o průměru 7,3 mm bylo třeba vyvinout sílu 3 780 N (obrázek č. 28). Z výše popsaných důvodů jsme další měření na trhacím stroji neprováděli.



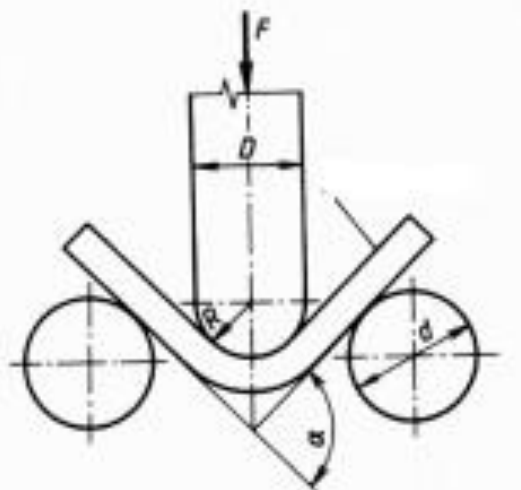
Obrázek č. 28 – výsledná hodnota tahové zkoušky

2.1 Statická zkouška ohybem

Statická zkouška ohybem má své uplatnění zejména při testování křehkých materiálů. U houževnatých dochází k průhybu, aniž by byl zkušební vzorek porušen (obrázek č. 29). Kromě zjištění pevnosti v ohybu lze zjistit také největší průhyb v okamžiku porušení, který charakterizuje houževnatost (tvárnost) materiálu.

POSTUP ZKOUŠKY

Zkušební vzorek obdélníkového průřezu se umístí na dvě podpěry zkušebního stroje (obrázek č. 29 a 31), které jsou od sebe vzdáleny 240 mm a zatěžovacím trnem se zajistí proti posunutí. Poté se může nastavit na stupnici příslušný rozsah měření (zatížení), podle charakteru vzorku. Před začátkem zkoušky se zkontroluje, zda ručička na stupnici ukazuje nulu. Následně se ručním otáčením páky pozvolna zvyšuje zatížení vzorku zatěžovacím trnem, dokud nedojde k prasknutí. V okamžiku porušení vzorku zaznamená ručička na stupnici hodnotu (obrázek č. 32). Poté lze dopočítat napětí na mezi pevnosti σ_{PO} .



Obrázek č. 29 – zkouška ohybem, převzato a upraveno z [32]

Sledované veličiny:

- plocha průřezu S_0 [mm²]
- průřezový modul pro ohyb W_0 [mm³]
- ohybový moment M_0 [N.mm]
- zatížení na mezi pevnosti F_{max} [N]
- napětí na mezi pevnosti σ_{PO} [N/mm²] = [MPa]

Poznámka:

V technické jednotkové soustavě využíváme především násobné, či podílové jednotky jednotek základních. Jedná se o tisícinové podíly, či násobky, což EN norma připouští.

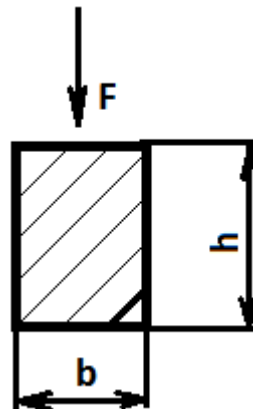
Např. běžná ocel má mez pevnosti 500 [MPa] což je 500 [N/mm²]. Při vyjádření v základních jednotkách by tato hodnota byla 500 000 000 [N/m²], je velice nepraktické.

Výpočet plochy průřezu:

$$S_o = a \cdot b \text{ [mm}^2\text{]}$$

Výpočet modulu průřezu:

$$W_o = \frac{bh^2}{6} \text{ [mm}^3\text{]}$$



Poznámka:

Při výpočtu průřezového modulu pro ohyb pro obdélníkový průřez má rozhodující vliv vždy rozměr průřezu rovnoběžný s vnější silou vytvářející ohybový moment (tj. rozměr h). Tento rozměr je pak ve vzorci v druhé mocnině (tj. h^2)

Výpočet ohybového momentu:

$$M_o = \frac{F_{\max} \cdot l}{4} \quad [\text{N} \cdot \text{mm}]$$

Výpočet napětí na mezi pevnosti:

$$\sigma_{PO} = \frac{M_o}{W_o} \quad [\text{MPa}]$$

Poznámka:

Jednotková rovnice pro napětí v ohybu

$$[\text{N} \cdot \text{mm}/\text{mm}^3] = [\text{N}/\text{mm}^2] = [\text{MPa}]$$

VLASTNÍ PRŮBĚH ZKOUŠEK

Statickou zkoušku ohybem jsme vykonali na čtyřech sériích vzorků. V každé sérii byl jeden vzorek dřeva bez vad a k němu jeden nebo více vzorků odpovídající dřeviny s vadami. Vzorky různých sérií měly různý průřez. Tento fakt však v konečném výsledku napětí neovlivní, protože vychází vždy z konkrétního zkoušeného průřezu, ke kterému je ohybový moment vztažen.

Seznam vzorků pro statickou zkoušku ohybem:

1. série:

vzorek 1A – dub bez vady (20x45 mm)

vzorek 1B – dub se sukem (20x45 mm)

2. série:

vzorek 2A – smrk bez vady (řídke letokruhy) (12x30 mm)

vzorek 2B – smrk bez vady (hustější letokruhy) (12x30 mm)

6. série:

vzorek 6A – javor bez vady (21x27 mm)

vzorek 6B – javor poškozený červotočem (21x27 mm)

vzorek 6C – javor poškozený červotočem (24x27 mm)

7. série:

vzorek 7A – borovice bez vady (32x27 mm)

vzorek 7B – borovice poškozená červotočem a dřevozbarvující houbou
(32x28 mm)

vzorek 7C – borovice velmi silně poškozená tesaříkem (30x27 mm)

K provedení zkoušek jsem potřeboval tyto pomůcky: zkušební zařízení (obrázek č. 30) zkušební vzorky, posuvné měřítko, metr, psací potřeby, záznamový arch a fotoaparát na pořízení fotodokumentace a názorného videa.

Postup měření:

Očíslované a přeměřené vzorky (obrázek č. 31) jsem vložil mezi podpěry a napínací trn (obrázek č. 32) a přitáhl tak, aby nedošlo k nežádoucímu posunu.

Zkontroloval jsem, jaký je nastavený rozsah zatížení (0 až 40 000 N) a zda ručička na stupnici ukazuje nulu.



Obrázek č. 30 – univerzální zkušební zařízení

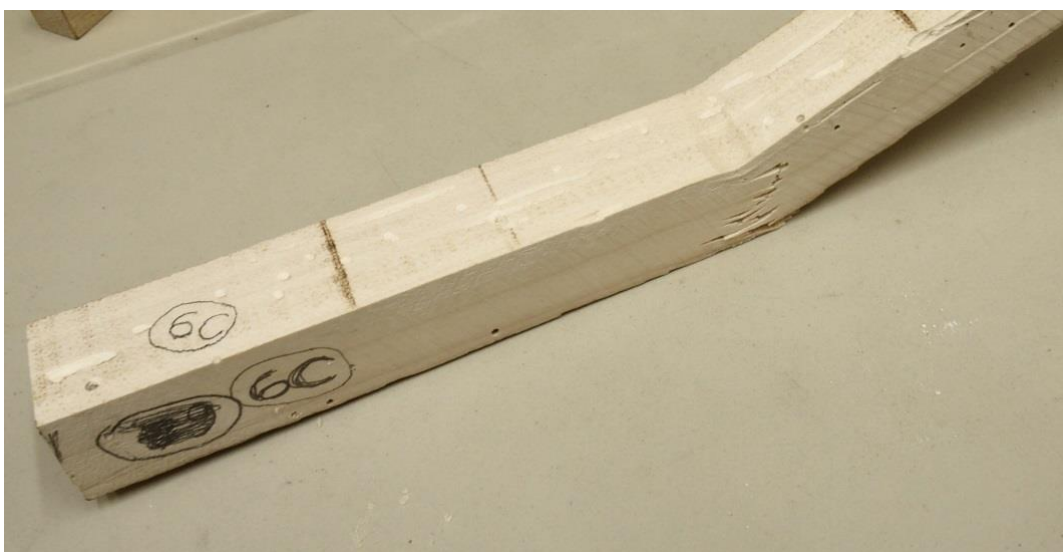


Obrázek č. 31 – zkušební vzorky



Obrázek č. 32 – vzorek připravený ke zkoušce ohybem

Když byly zkušební zařízení i vzorek připraveny, zahájil jsem samotnou zkoušku. K postupnému zvyšování zátěže na zkušební vzorek je třeba otáčet ruční klikou (na obrázku č. 30 vpravo dole). Klikou se otáčí, dokud nedojde k porušení vzorku (obrázek č. 33). Ručička na stupnici zároveň ukazuje zvyšující se zatížení a zastaví se na hodnotě, při níž vzorek praskne a ohybová síla se již dále nezvyšuje (obrázek č. 34).



Obrázek č. 33 – přelomený vzorek



Obrázek č. 34 – naměřená hodnota

Na závěr jsem zaznamenal naměřenou hodnotu do záznamového archu, vyjmul vzorek a připravil zařízení na další zkoušku. Naměřené hodnoty jsem použil pro výpočty jednotlivých veličin a porovnal rozdíly mezi vzorky dřeva bez vad a s vadami.

VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Číslo vzorku	Materiál	Rozměry [mm]			Plocha průřezu S_0 [mm ²]	Modul průřezu W_0 [mm ³]	Zatížení na mezi pevnosti F_{max} [N]	Napětí na mezi pevnosti δ_{po} [MPa]	Ohybový moment M_0 [N.mm]
		b	h	l					
1A	dub (bez vad)	45	20	240	900	3.10 ⁻⁶	3 500	70 (100 %)	210
1B	dub (se sukem)	45	20	240	900	3.10 ⁻⁶	2 000	40 (57,1 %)	120
2A	smrk (řidší letokruhy)	30	12	240	360	7,2.10 ⁻⁷	800	66 (100 %)	48
2B	smrk (hustější letokruhy)	30	12	240	360	7,2.10 ⁻⁷	1 200	100 (151,5 %)	72
6A	javor (bez vady)	27	21	240	567	2.10 ⁻⁶	2 000	60 (100 %)	120
6B	javor (červotoč)	27	21	240	567	2.10 ⁻⁶	1 200	36 (60 %)	72
6C	javor (červotoč)	27	24	240	648	2,6.10 ⁻⁶	2 000	46,2 (77 %)	120
7A	borovice (bez vady)	27	32	240	864	4,6.10 ⁻⁶	4 200	54,8 (100 %)	252
7B	borovice (červotoč)	28	32	240	896	4,8.10 ⁻⁶	3 800	47,5 (86,7 %)	228
7C	borovice (tesařík)	27	30	240	810	4,1.10 ⁻⁶	200	2,93 (5,3 %)	12

Tabulka č. 1 – výsledky zkoušek v ohybu.

VYHODNOCENÍ DAT

Výsledky měření při statické zkoušce ohybem dopadly ve všech případech podle očekávání – vzorky s vadami vydržely nižší napětí než vzorky bez vad. Pro větší přehlednost jsem do tabulky doplnil procentuální vyjádření k napětí na mezi pevnosti. U vzorků bez vad je to vždy 100 %, u ostatních vzorků jsou to poměrné hodnoty.

Série vzorků 1:

Vzorek 1B (dub se sukem) vydržel podle očekávání nižší napětí než vzorek 1A a to o **42,9 %**. Přestože zatěžovací trn působil přímo na suk, k prasknutí vzorku došlo mimo suk v závitkové zóně. Větší slabinou než samotný suk tedy byla vychýlená vlákna v jeho bezprostředním okolí. Oba vzorky pocházejí ze stejného kusu materiálu.

Série vzorků 2:

Vzorky 2A i 2B byly bez vad, lišily se však hustotou letokruhů, i když ne příliš výrazně (u vzorku 2B jsem napočítal o jednu vrstvu letního dřeva více a jednotlivé letokruhy nebyly tak široké, jako u vzorku 2A). Přesto snesl vzorek 2B o **34 %** vyšší napětí. Oba vzorky pocházejí ze stejného kusu materiálu.

Série vzorků 6:

Vzorek 6A byl připraven z javorového dřeva bez vad, vzorky 6B a 6C jsou středně silně poškozené červotočem. Poškozené vzorky snesly v průměru o **31,5 %** nižší napětí. Všechny vzorky pocházejí z jednoho kusu spárovky.

Série vzorků 7:

Vzorek 7A byl připraven z borového dřeva bez vad, vzorek 7B je lehce poškozený červotočem a zároveň částečně zasažený dřevozbarvující houbou. Vzorek 7C je velmi silně poškozený tesaříkem a vydržel proto jen minimální zátěž. Zatímco vzorek 7B snesl o **13,3 %** nižší napětí než materiál bez vad (7A), k porušení vzorku 7C stačilo dokonce o **94,7 %** nižší napětí než v případě vzorku 7A.

Na toto místo jsem nemohl zařadit všechny dostupné obrázky, nicméně přidal jsem je na dvd, které je součástí tištěné verze práce. Při popisu tohoto typu

zkoušky jsem vycházel ze zdrojů [9 a 17] a dále ze vzorových vypracovaných protokolů, které zpracovali studenti během cvičení laboratorních měření.

2.2 Statická zkouška tlakem

Statická zkouška tlakem se provádí zejména u křehkých materiálů, jako je litina, ložiskové kovy, kompozice apod. a též u stavebních materiálů, u kterých se předpokládá zatížení tlakem. Při této zkoušce působí síla v ose zkušebního tělíška a má opačný smysl než při zkoušce tahem.

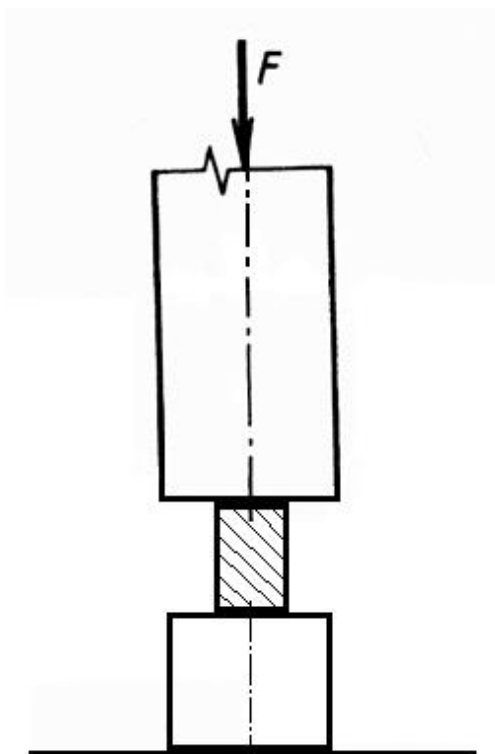
Křehké materiály se během zkoušky poruší náhle, bez výrazné deformace a to v rovinách, kde tangenciální napětí dosáhne maximální hodnoty, tedy pod úhlem 45°. V tomto případě odpovídá smluvní napětí při porušení pevnosti materiálu v tlaku: $\sigma_{Pd} = \frac{F_{max}}{S_0}$.

Pro houževnatý a tvárný materiál nemá tato zkouška velký smysl – vzorek je stlačován (dochází k jeho zkrácení) a zároveň se příčně rozšiřuje, čímž se mění plocha průřezu.

Na testovaných vzorcích dřeva docházelo k viditelnému stlačení, rozšíření jsem nezaznamenal. Tyto hodnoty jsem během měření nesledoval.

POSTUP ZKOUŠKY

Při testování vzorků kovů se tato zkouška provádí obvykle na trhacím stroji, ale pro testování vzorků dřeva bylo praktičtější použít stejné zařízení, na kterém jsem uskutečnil statickou ohybovou zkoušku (obrázek č. 30).



Obrázek č. 35 – zkouška tlakem

Zkušební těleso se umístí na dolní příčnick a shora se na něj položí zatěžovací trn (obrázek č. 35). Po kontrole upnutí vzorku a nastavení rozsahu zatížení (jako u předchozí zkoušky ohybem) je možné zahájit zkoušku. Ručním otáčením kliky se postupně zvyšuje zátěž, dokud nedojde k porušení zkušebního tělesa. V tomto okamžiku zaznamená ručička na stupnici hodnotu. Poté lze dopočítat napětí na mezi pevnosti σ_{Pd} .

Sledované veličiny:

- plocha průřezu: S_o [mm²]
- zatížení na mezi pevnosti F_{max} [N]
- napětí na mezi pevnosti: σ_{Pd} [MPa]

Výpočet plochy průřezu:

$$S_o = a \cdot b \text{ [mm}^2\text{]}$$

Výpočet napětí na mezi pevnosti:

$$\sigma_{Pd} = \frac{F_{max}}{S_o} \text{ [MPa]}$$

VLASTNÍ PRŮBĚH ZKOUŠEK:

Statickou zkoušku tlakem jsem vykonal na třech sériích vzorků. V každé sérii byl jeden vzorek dřeva bez vad a k němu jeden (8. série), nebo pět vzorků (10. a 11. série) odpovídající dřeviny s vadami. Vzorky různých sérií měly různý průřez.

Seznam vzorků pro statickou zkoušku tlakem:

8. série:

vzorek 8A – dub bez vady (15x16 mm)

vzorek 8B – dub poškozený tesaříkem (14x16 mm)

10. série:

vzorek 10A – smrk bez vady (13,5x15 mm)

vzorek 10B – smrk se zamodráním (14x15,5 mm)

vzorek 10C – smrk s prosmolem (13,5x15 mm)

vzorek 10D – smrk s počínající hnědou hnilobou (13,5x16 mm)

vzorek 10E – smrk poškozený dřevokazem (14x16 mm)

vzorek 10F – smrk s výraznou křemenitostí (14x15,5 mm)

11. série:

vzorek 11A – smrk bez vady (13x15 mm)

vzorek 11B – smrk s hnědou hnilobou (14x14 mm)

vzorek 11C – smrk vážně narušený hnědou hnilobou (15x17,5 mm)

vzorek 11D – smrk s hnědou hnilobou (14x14 mm)

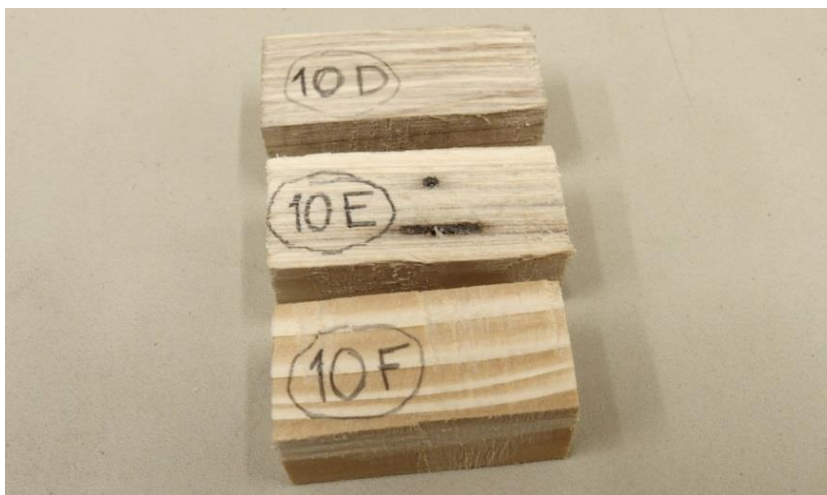
vzorek 11E – smrk vážně narušený hnědou hnilobou (13x14 mm)

vzorek 11F – smrk vážně narušený hnědou hnilobou (13,5x14 mm)

K provedení zkoušek jsem potřeboval tyto pomůcky: zkušební zařízení (obrázek č. 30) zkušební vzorky, posuvné měřítko, metr, psací potřeby, záznamový arch a fotoaparát na pořízení fotodokumentace a názorného videa.

Postup měření:

Očíslované a přeměřené vzorky (obrázek č. 36) jsem vložil mezi podložku, umístěnou na dolní příčnick a horní příčnick (obrázek č. 37). Dotáhl jsem vzorek, aby nedošlo k nežádoucímu posunu. Zkontroloval jsem, jaký je nastavený rozsah zatížení (0 až 40 000 N) a zda ručička na stupnici ukazuje nulu.



Obrázek č. 36 – zkušební vzorky

Když bylo zkušební zařízení i vzorek připraven, zahájil jsem samotnou zkoušku. K postupnému zvyšování zátěže na zkušební vzorek je třeba otáčet ruční klikou (na obrázku č. 30 vpravo dole). Klikou se otáčí, dokud nedojde k porušení vzorku (obrázek č. 38). Ručička na stupnici zároveň ukazuje zvyšující se zatížení a zastaví se na hodnotě, při níž vzorek praskne (obrázek č. 39).



Obrázek č. 37 – vzorek před zatížením



Obrázek č. 38 – deformovaný vzorek

Na závěr jsem zaznamenal naměřenou hodnotu do záznamového archu, vyjmul vzorek a připravil zařízení na další zkoušku. Naměřené hodnoty jsem použil pro výpočet napětí na mezi pevnosti v tlaku (σ_{Pd}) a porovnal rozdíly mezi vzorky dřeva bez vad a s vadami.



Obrázek č. 39 – naměřená hodnota

VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Číslo vzorku	Materiál	Rozměry [mm]		Plocha průřezu S_0 [mm ²]	Zatížení na mezi pevnosti F_{max} [N]	Napětí na mezi pevnosti σ_{Pd} [MPa]
		a	b			
8A	dub (bez vady)	15	16	240	12 000	50 (100 %)
8B	dub (tesařík)	14	16	224	8 000	35,7 (71,4 %)
10A	smrk (bez vady)	13,5	15	202,5	5 700	28,1 (100 %)
10B	smrk (zamodrání)	14	15,5	217	5 350	24,7 (87,9 %)
10C	smrk (prosmol)	13,5	15	202,5	4 800	23,7 (84,3 %)
10D	smrk (tvrdá hniloba I*)	13,5	16	216	5 000	23,1 (82,2 %)
10E	smrk (dřevokaz)	14	16	224	6 900	30,8 (109,6 %)
10F	smrk (křemenitost)	14	15,5	217	8 000	36,9 (131,3 %)
11A	smrk (bez vady)	13	15	195	6 900	35,4 (100 %)
11B	smrk (hnědá hniloba II*)	14	14	196	2 800	14,3 (40,4 %)
11C	smrk (hnědá hniloba III*)	15	17,5	262,5	400	1,5 (4,2 %)
11D	smrk (hnědá hniloba II*)	14	14	196	2 950	15,1 (42,7 %)
11E	smrk (hnědá hniloba III*)	13	14	182	50	0,3 (0,8 %)
11F	smrk (hnědá hniloba III*)	13,5	14	189	1 150	6,1 (17,2 %)

*Poznámka: římské číslo udává stupeň hniloby – v tomto případě: I = počáteční/slabé poškození,

II = středně silné poškození, III = velmi silné poškození.

Tabulka č. 2 – výsledky měření statické zkoušky v tlaku

VYHODNOCENÍ DAT

Výsledky měření při statické zkoušce tlakem dopadly ve většině případů podle očekávání – vzorky s vadami vydržely nižší napětí než vzorky bez vad. U několika vzorků byl rozdíl v napětí na mezi pevnosti větší, než jsem očekával. Překvapením byl výsledek měření u vzorku 10E, který podrobněji popisuji níže. Pro větší přehlednost jsem do tabulky doplnil procentuální vyjádření k napětí na mezi pevnosti. U vzorků bez vad je to vždy 100 %, u ostatních vzorků jsou to poměrné hodnoty.

Série vzorků 8:

Vzorek 8B snesl podle očekávání nižší zatížení než vzorek 8A, konkrétně o **28,6 %**. U vzorku 8A došlo k ukázkovému porušení pod úhlem cca 45° (ukázka vzorků, u nichž došlo k porušení pod tímto úhlem je na obrázku č. 40), u vzorku 8B částečně také, část dřevních vláken praskla podélně. Oba vzorky pocházejí ze stejného kusu materiálu.

Série vzorků 10:

Zkušební vzorky 10B-D vykazovaly podle očekávání nižší pevnost než vzorek bez vady (10A), ačkoli jsem původně předpokládal nižší rozdíly. K porušení celistvosti vzorku 10B bylo potřeba zatížení o **12,1 %** nižší než u vzorku 10A, u 10C o **15,7 %** nižší a u 10D o **17,8 %** nižší. Naopak vzorky 10E a 10F snesly vyšší zatížení než vzorek 10A. U 10F s vysokým podílem tvrdšího letního dřeva jsem s takovým výsledkem počítal – snesl o **31,3 %** vyšší zátěž. Neočekávaně dopadla zkouška vzorku 10E, který i přes poškození chodbičkami dřevokaze vydržel o **9,6 %** více než vzorek zdravého dřeva. Vzorek se deformoval tak, že skrz chodby dřevokaze vznikly podélné trhliny, které celistvost zkušebního tělesa rozdělily na tři tenčí kusy, které pak společně snesly vyšší zatížení. Průběh této zkoušky zachycují obrázky č. 36-39.



Obrázek č. 40 – vzorky porušené pod úhlem 45°

Série vzorků 11:

V jedenácté sérii vzorků jsem porovnával zdravé smrkové dřevo se dřevem narušeným hnědou destruktivní hnilobou, jejímž původcem byla pravděpodobně dřevomorka. Vzorky 10B a 10D byly hnilobou poškozeny středně silně, 10C, E a F pak velmi silně. 10B a 10D pocházely ze stejného místa jednoho kusu materiálu. Vykázaly také velmi podobné výsledky – snesly o **59,6 %** resp. **57,3 %** nižší zátěž. Silně poškozené vzorky 10C, E, a F snesly jen nepatrnou zátěž, v průměru jen **7,4 %** zátěže vzorku bez vad. K naměření téměř nulové hodnoty u vzorku 11E mohlo možná dojít sníženou citlivostí měřícího zařízení na velmi nízkou pevnost vzorku, nebo také přílišným utažením vzorku.

Všechny snímky z průběhu statických zkoušek tlakem jsem přidal na dvd, které je součástí tištěné verze práce. Při popisu tohoto typu zkoušky jsem vycházel ze zdrojů [9 a 17] a dále ze vzorových vypracovaných protokolů, které zpracovali studenti během cvičení laboratorních měření.

2.3 Zkouška vrubové houževnatosti rázem v ohybu

K určení houževnatosti materiálu při rázovém namáhání, jejímž měřítkem je práce (energie) spotřebovaná na porušení zkušebního tělesa, slouží dynamické zkoušky rázem. Mohou se provádět v tahu, tlaku, ohybu a kroucení. Právě ohybová rázová zkouška má největší význam a používá se zejména při testování ocelí.

Rázové zkoušky dokáží na rozdíl od statických lépe simulovat skutečné namáhání materiálu. Řadí se mezi zkoušky dynamické, kam kromě rázových patří ještě zkoušky cyklické.

U Charpyho zkoušky se spotřebovaná práce vztahuje na nejmenší průřez zkušebního tělesa v místě vrubu. Tato hodnota se nazývá vrubová houževnatost (K).

POSTUP ZKOUŠKY

Zkoušku jsem provedl s pomocí Charpyho kladiva (obrázek č. 41). Zkušební vzorek je třeba před začátkem zkoušky opatřit vrubem a v místě vrubu jej změřit. Pak se kladivo uvede do horní polohy, kde se zajistí před nežádoucím uvolněním. Zkušební vzorek se umístí na podpěry a je třeba zkontrolovat pozice vrubu. Zbývá už jen zkontrolovat, zda ručička na stupnici ukazuje nulu a je možné provést zkoušku.

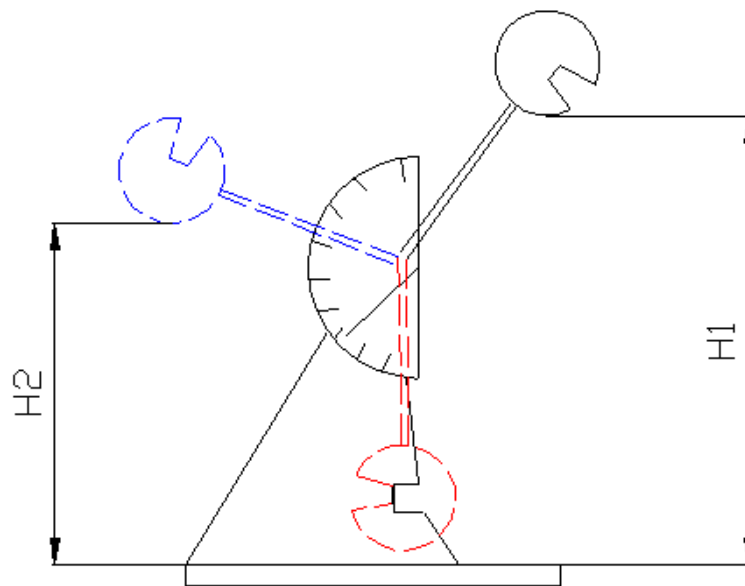


Obrázek č. 41 – Charpyho kladivo

Kladivo o hmotnosti 5 kg se odjistí a spustí se z výšky 1 m. Dojde k přeražení vzorku a ručička na stupnici zaznamená hodnotu energie (práce), která k tomu byla potřebná. Poté je možné vypočítat vrubovou houževnatost. Průběh zkoušky schematicky znázorňuje obrázek č. 42.

Sledované veličiny:

- plocha průřezu v místě vrubu S_0 [mm²]
- spotřebovaná práce W_p [J]
- vrubová houževnatost K [J/cm²]



Obrázek č. 42 – schéma Charpyho zkoušky

Výpočet plochy průřezu:

$$S_0 = a \cdot b \text{ [mm}^2\text{]}$$

Poznámka: vypočtený průřez v mm² byl pro výpočet vrubové houževnatosti přepočten na cm², což jsou podle údajů ze strojnických tabulek nejvhodnější jednotky pro vyjádření vrubové houževnatosti.

Výpočet spotřebované práce resp. energie:

$$W_p = W_1 - W_2 \quad [\text{J}]$$

$$W_1 = G \cdot h_1 = m \cdot g \cdot h_1$$

$$W_2 = G \cdot h_2 = m \cdot g \cdot h_2$$

Tento výpočet není třeba provádět, protože hodnotu lze odečíst ze stupnice na Charpyho kladivu. Hmotnost kladiva (m) je 5 kg, gravitační konstanta (g) se zaokrouhuje na 10, vzdálenost h_1 je 1 m. V okamžiku, kdy kladivo dopadá na zkušební těleso, má energii 50 J. Určitou část této energie spotřebuje na přeražení vzorku a vykývne se do polohy, která je na obrázku č. 42 znázorněna jako h_2 .

Výpočet vrubové houževnatosti [21]:

$$K = \frac{G \cdot (h_1 - h_2)}{S_0} \quad \left[\frac{\text{J}}{\text{cm}^2} \right]$$

nebo:

$$K = \frac{W_p}{S_0} \quad \left[\frac{\text{J}}{\text{cm}^2} \right]$$

VLASTNÍ PRŮBĚH ZKOUŠEK

Zkoušku vrubové houževnatosti jsem vykonal na pěti sériích vzorků. V každé sérii byl jeden vzorek dřeva bez vad a k němu jeden až tři vzorky odpovídající dřeviny s vadami. Z důvodu chyby při číslování vzorků jsou u prvních dvou sérií vzorky bez vady označeny písmenem B (3B a 4B), ale správně měly být označeny písmenem A jako u všech ostatních sérií.

Seznam vzorků pro zkoušku vrubové houževnatosti:

3. série:

vzorek 3A – smrk poškozený červotočem (8x20 mm)

vzorek 3B – smrk bez vady (9x20 mm)

4. série:

vzorek 4A – smrk se smolníkem (8x18 mm)

vzorek 4B – smrk bez vady (8x16 mm)

5. série:

vzorek 5A – smrk bez vady (8x20 mm)

vzorek 5B – smrk poškozený červotočem (7x20 mm)

12. série:

Vzorek 12A – smrk bez vady (8x12 mm)

Vzorek 12B – smrk velmi silně poškozený hnědou hnilobou + červotočem
(7,5x13 mm)

Vzorek 12C – smrk středně silně poškozený hnědou hnilobou (9x12 mm)

Vzorek 12D – smrk středně silně poškozený hnědou hnilobou (9,5x12 mm)

13. série:

Vzorek 13A – borovice bez vady (6,5x11,5 mm)

Vzorek 13B – borovice se sukem (8,5x10 mm)

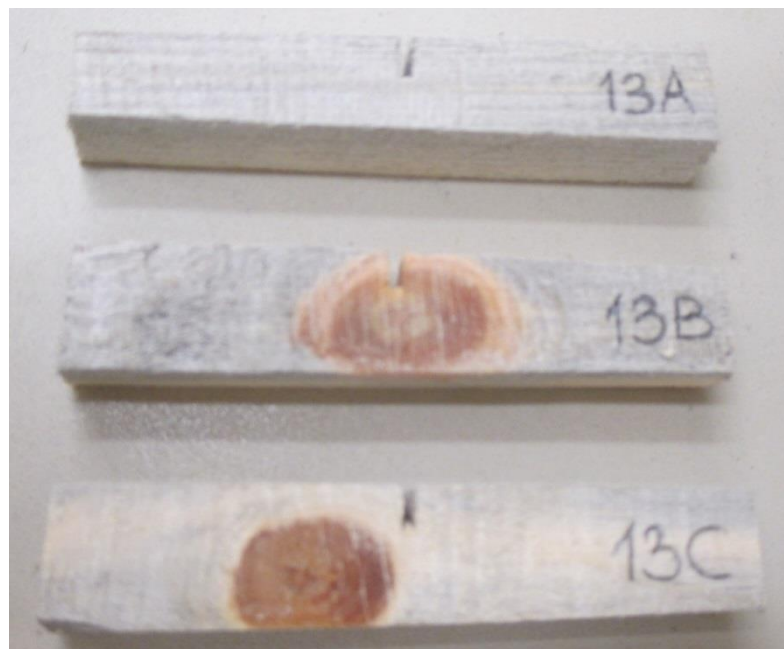
Vzorek 13C – borovice se sukem (8,5x12,5 mm)

Pozn.: všechny vzorky 13. série vykazovali poškození dřevobarvující houbou (zamodrání).

K provedení zkoušek vrubové houževnatosti jsem potřeboval následující pomůcky: Charpyho kladivo, zkušební vzorky, pilu, posuvné měřítko, metr, psací potřeby, záznamový arch a fotoaparát pro pořízení fotodokumentace a názorného videa.

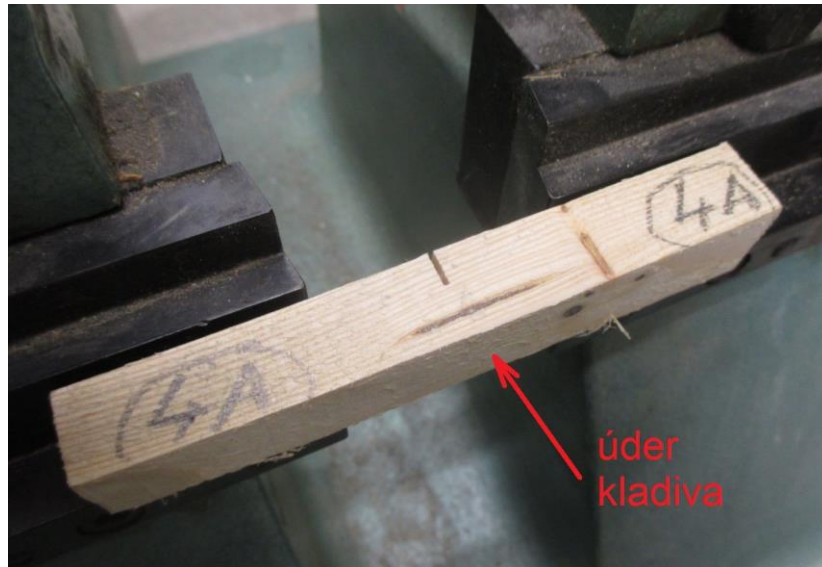
Postup měření:

Před samotnou zkouškou jsem připravené vzorky opatřil vrubem (provedl jsem zářez pilou. Snažil jsem se, aby byla hloubka zářezu přibližně 3 mm (obrázek č. 43). Následně jsem každý vzorek očísloval, přeměřil v místě vrubu a rozměry zapsal do záznamového archu.



Obrázek č. 43 – zkušební vzorky opatřené vrubem

Když jsem měl vzorky upravené, připravil jsem Charpyho kladivo ke zkoušce. Kladivo se umístí do horní polohy a zajistí se proti nežádoucímu uvolnění. Zkušební těleso jsem umístil na podpěry (obrázek č. 44) a zkontroloval, zda je vrub umístěn mezi podpěrami přesně uprostřed. Potom, co jsem vzorek umístil do správné pozice, zkontroloval jsem ještě, zda ručička na stupnici ukazuje přesně nulu.



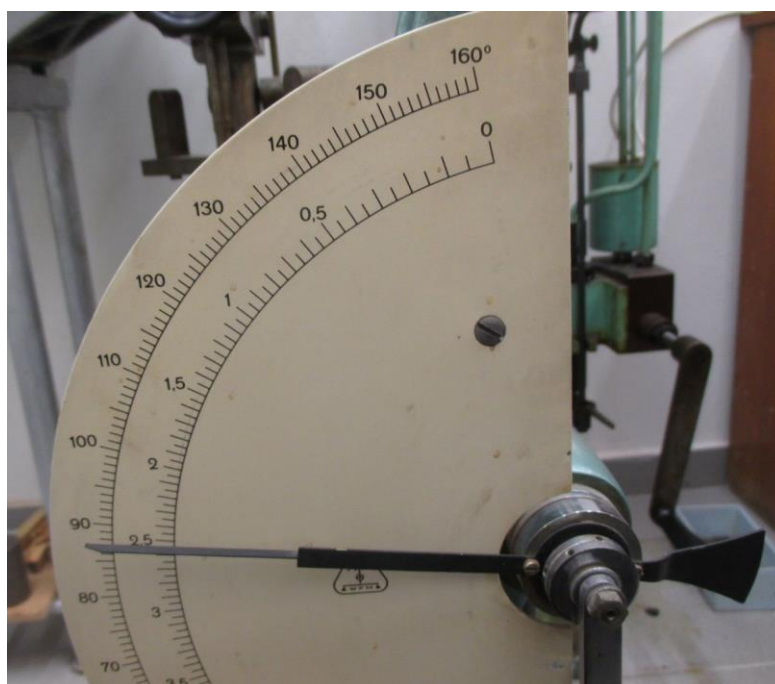
Obrázek č. 44 – vzorek na podpěrách Charpyho kladiva

Když bylo vše připraveno, odjistil jsem kladivo, které se sneslo dolů a přerazilo zkušební vzorek. (Na obrázku č. 44 jsem červenou šipkou vyznačil plochu, do níž kladivo udeří. Je to místo přímo naproti vrubu.) Na tomto místě je třeba dodat, že první zkouška se nepovedla. Důvodem byla přílišná šířka vzorku, který se při úderu kladiva vzpříčil mezi podpěrami. Kladivo se tím zastavilo a výsledek by zněl, že k přeražení vzorku byla spotřebována všechna energie kladiva (50 J), což ale není pravda. U dalších vzorků jsem proto rozměr upravil tak, aby se tento problém neopakoval.

Po provedení zkoušky jsem uložil přeražené vzorky (obrázek č. 45), které odletovaly poměrně daleko od kladiva, a zaznamenal jsem si ze stupnice hodnotu energie, která byla potřebná k přeražení vzorku (obrázek č. 46).



Obrázek č. 45 – přeražené vzorky



Obrázek č. 46 – naměřená hodnota na stupnici Charpyho kladiva

Nakonec jsem z naměřených hodnot vypočetl vrubovou houževnatost jednotlivých zkušebních vzorků a porovnal je mezi sebou. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 3.

VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Číslo vzorku	Materiál	Rozměry v místě vrubu [mm]		Plocha v místě vrubu S_0 [cm ²]	Spotřebovaná (rázová) práce W [J]	Vrubová houževnatost K [J/cm ²]
		a	b			
3A	smrk (červotoč)	8	20	1,6	8	5 (60 %)
3B	smrk (bez vady)	9	20	1,8	15	8,33 (100 %)
4A	smrk (smolník)	8	18	1,44	25	17,4 (185,5 %)
4B	smrk (bez vady)	8	16	1,28	12	9,38 (100 %)
5A	smrk (bez vady)	8	20	1,6	7	4,38 (100 %)
5B	smrk (červotoč)	7	20	1,4	5,1	3,64 (83,1 %)
12A	smrk (bez vady)	8	12	0,96	6,7	6,98 (100 %)
12B	smrk (hnědá hniloba II*)	7,5	13	0,98	1,6	1,63 (23,4 %)
12C	smrk (hnědá hniloba I*)	9	12	1,08	3	2,78 (39,8 %)
12D	smrk (hnědá hniloba I*)	9,5	12	1,14	4	3,51 (50,3 %)
13A	borovice (bez vady)	6,5	11,5	0,75	3,2	4,27 (100 %)
13B	borovice (suk)	8,5	10	0,85	2,2	2,59 (60,7 %)
13C	borovice (suk)	8,5	12,5	1,06	2	1,89 (44,3 %)

*Poznámka: římské číslo udává stupeň hniloby – v tomto případě: I = středně silné poškození, II = velmi silné poškození.

Tabulka č. 3 – výsledky měření vrubové houževnatosti

VYHODNOCENÍ DAT

Výsledky měření při zkoušce vrubové houževnatosti přinesly podobně jako výsledky zkoušky tlakem jeden neočekávaný závěr. Konkrétně jde o vzorek 4A (podrobnosti popisují níže). Ostatní zkoušky dopadly podle očekávání – k přeražení vzorků dřeva bez vad bylo zapotřebí více energie, než u vzorků s vadami. Největší rozdíly vykazovaly vzorky, poškozené hnědou destruktivní hnilobou.

Pro větší přehlednost jsem do tabulky č. 3 doplnil procentuální vyjádření k hodnotám vrubové houževnatosti. U vzorků bez vad je to vždy 100 %, u ostatních vzorků jsou to poměrné hodnoty.

Série vzorků 3:

Vzorek 3A byl poškozený červotočem. K jeho přeražení bylo potřeba o **40 %** méně energie než u vzorku 3B. První pokus na Charpyho kladivu jsem prováděl právě na vzorku 3A a jak jsem popsal už výše v postupu měření, nepovedl se. Zkušební těleso bylo ale dostatečně dlouhé, takže jsem jednu polovinu vzorku upravil a použil znovu.

Série vzorků 4:

Výsledek měření u vzorku 4A byl poměrně velkým překvapením. Ačkoli byla struktura vzorku narušena smolníkem (obrázek č. 44), bylo k jeho přeražení potřeba o **85 %** více energie než na přeražení vzorku dřeva bez vad. Výsledek jsem konzultoval s panem doktorem Veselým. Vzorek byl odolnější pravděpodobně proto, že smolník (ač nezasahoval do celého průřezu vzorku) rozdělil celistvost vzorku na dva díly a ty se ukázaly být odolnějšími. Dalo by se to přirovnat k principu překližky, nebo ještě spíše k principu lepených lamel, kde roli lepidla částečně převzala pryskyřice.

Série vzorků 5:

Vzorek 5B, poškozený červotočem, vykázal podle očekávání nižší odolnost, než vzorek nepoškozený. K jeho přeražení byla potřeba energie o **16,9 %** nižší.

Série vzorků 12:

V této sérii jsem porovnával dřevo zdravé (12A) a dřevo se strukturou, narušenou hnědou destruktivní hnilobou. Ta byla u vzorku 12B nejsilnější, navíc byl vzorek poškozen i chodbami červotoče. Vzorky 12C a D červotočem poškozeny nebyly a hniloba zde byla méně pokročilá. K přeražení vzorku 12B byla potřeba energie o **76,6 %** nižší, u 12C o **60,2%** nižší a u 12D o **49,7 %** nižší, než u vzorku bez vad.

Série vzorků 13:

Na 13. sérii vzorků jsem porovnával vliv suků v borovém dřevě. Jak se ukázalo, jejich vliv na pevnost materiálu je významný. K přeražení vzorku 13B stačila o **39,3 %** nižší energie, než u vzorku bez vad, a u 13C dokonce o **55,7 %** nižší.

Všechny snímky z průběhu rázových zkoušek vrubové houževnatosti jsem přidal na dvd, které je součástí tištěné verze práce. Při popisu tohoto typu zkoušky jsem vycházel ze zdrojů [9, 17 a 21] a dále ze vzorových vypracovaných protokolů, které zpracovali studenti během cvičení laboratorních měření.

ZÁVĚREČNÉ SHRNUÍ PROVEDENÝCH ZKOUŠEK

Než jsem se rozhodl provádět destruktivní zkoušky na vzorcích dřeva s vadami a poškozením škůdci, prostudoval jsem řadu odborných publikací. Měl jsem tedy dobrou představu o tom, jaký přibližně bude vliv jednotlivých druhů vad na vlastnosti dřeva. Tato problematika je asi nejlépe popsána v [5 a 20].

Přes určitá očekávání jsem nakonec dospěl i k několika překvapivým výsledkům, kdy vzorky dřeva s narušenou strukturou snesly vyšší zatížení, než vzorky bez vady. Nicméně vzhledem k omezenému množství otestovaných vzorků nemohu říci, zda se jednalo o ojedinělou anomálii, nebo zda by měření dalších vzorků s totožnou vadou přineslo podobné výsledky. Aby byly výsledky statisticky významné, musel by se každý typ zkoušky na každém druhu vady provést třeba desetkrát. To by pak znamenalo provést zkoušky na několika stech zkušebních vzorcích. Bylo by to proveditelné, ale časově náročné a značně by to překročilo rozsah zadání mé diplomové práce.

Pokud jde o zkušební vzorky, které jsem použil při měření, snažil jsem se, aby byl pokud možno vzorek dřeva s vadou i bez vady z jednoho kusu materiálu. Zdaleka ne vždy se to však podařilo. Na druhou stranu nutno dodat, že když jsem provedl zkoušku na dvou vzorcích bez vad z jednoho kusu latě, výsledky shodné nebyly. Nepodařilo se mi připravit vždy vzorky jedné série o stejném průřezu (mnohdy to ani vzhledem k charakteru vad nešlo), ale protože se výsledné hodnoty přepočítávají na plochu průřezu, výsledky tím nebyly nijak ovlivněny.

Z vyhodnocení zkoušek vyplývá, že největší vliv na pevnost dřeva mají škůdci. Jak dřevokazné houby, tak dřevokazný hmyz dokáží materiál narušit natolik, že k jeho destrukci postačují zcela zanedbatelné síly. Často je dřevo napadeno houbami i hmyzem zároveň a proces jeho degradace se tím ještě urychlí. U dřevozbarvujících hub jsem se obával, že se rozdíl vůbec neprojeví, ale nakonec byl výsledek rozdílnější, než jsem předpokládal.

Z vad dřeva mají velký význam suky a vychýlená vlákna v jejich okolí. Zkoušky ukázaly, že vzorky se suky snesou zpravidla jen 40-60 % zátěže vzorků bez vad. Ostatní vady tak velký vliv neměly, ale přesto byly rozdíly dobře patrné.

3. Ochrana dřeva

Dřevo je technickým materiálem, který je dobře dostupný a snadno obrobiteľný, zejména v porovnání s kovy a plasty. Jednou z jeho slabín je poměrně nízká trvanlivost v podmínkách, které pro něj nejsou ideální. Největší problém představuje vlhkost. V kombinaci s dalšími parametry, zejména s teplotou vzduchu a rychlosti jeho proudění, vystavuje dřevo a částečně i materiály na bázi dřeva nebezpečí ze strany dřevokazných hub a škůdců.

Abychom dřevu jako technickému a konstrukčnímu materiálu zajistili co nejdelší životnost, chráníme ho postupy, které se někdy rozdělují na přirozené a umělé → přirozená / umělá ochrana dřeva. Mezi způsoby přirozené ochrany lze řadit zejména změnu vlhkosti a to na takovou hodnotu, aby bylo dřevo pro škůdce příliš vlhké, nebo naopak příliš vysušené. Hlavními způsoby umělé ochrany jsou chemická a konstrukční ochrana. Rozdělení ochrany dřeva jsem převzal a upravil z [13].

PŘIROZENÁ: vlhké ošetření kulatiny a výřezů (uložení do vody, postřik vodou, zmrazení), využít lze také přechodnou ochranu toxickými látkami.

FYZIKÁLNÍ: vysušení, paření, vaření, vyluhování H₂O, mořská voda, nejedovaté (nepropustné) nátěry.

CHEMICKÁ: beztlaková (nátěry, postřiky, máčení, ponořování, difúze)
tlaková + vákuová

KONSTRUKČNÍ: účelné řešení dřevěných konstrukcí tak, aby nedocházelo ke hromadění vlhkosti, zejména v místech spojů a styku dřeva s půdou, zdivem apod.

První dvě kategorie uvedeného rozdělení obnášejí zejména změnu vlhkosti, a to buď pod, nebo nad hranici, kdy by mohly dřevokazné houby materiál napadnout. Přirozená ochrana se zpravidla používá pro ochranu kulatiny.

Chemická ochrana je v široké veřejnosti asi nejznámější, nicméně důležitější je konstrukční ochrana. Ta by měla být chemickým ošetřením doplněna, aby tak bylo dřevo co nejvíce chráněno a hrozba jeho poškození (nejen houbami a hmyzem) byla co možná nejdůsledněji minimalizována.

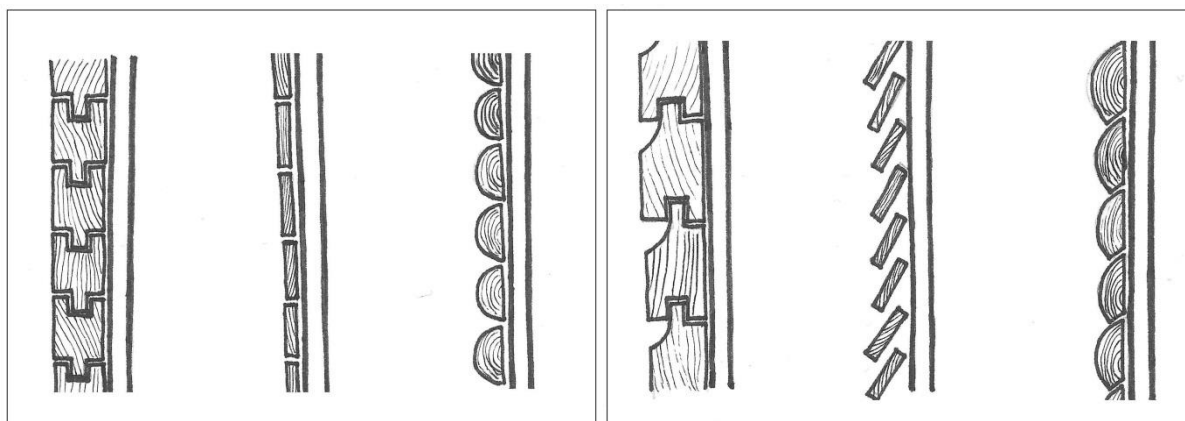
Obě tyto kategorie (chemickou a konstrukční ochranu dřeva) je třeba uplatňovat u všech dřevěných konstrukcí v interiéru i exteriéru, kde hrozí riziko výskytu zvýšené vlhkosti. Na následujících stránkách nastiňuji principy konstrukční ochrany dřeva a následně popisuji způsoby chemické ochrany, včetně příkladů několika podniků v našem regionu, které se chemickou ochranou dřeva zabývají.

3.1 KONSTRUKČNÍ OCHRANA DŘEVA

Základním principem konstrukční ochrany dřeva je zajištění takového uspořádání a uložení jednotlivých částí dřevěné konstrukce, aby v žádném místě nedocházelo k dlouhodobějšímu působení vlhkosti. Nežádoucí vlhkost v budovách má nejčastěji původ v **dešťové vodě**, která proniká střešní konstrukcí nebo zdivem, ve **vadné vodoinstalaci** a špatné izolaci koupelen, ve **spodní vodě** nebo nahromaděné povrchové vodě. Zapomenout nelze ani na vodní páry, jejichž zdrojem je v případě obytných prostor každodenní běžný provoz, zejména vaření. Pokud je vlhkost vzduchu v interiéru dlouhodobě zvýšená (nad 70%), je výskyt plísně a hniloby v podstatě jen otázkou času.

Celá dřevěná konstrukce by proto měla být bez problémů přístupná pravidelným kontrolám, aby bylo případně možné včas zjistit možnou závadu a odstranit jí dříve, než dojde rozsáhlejšímu poškození.

Na obrázcích níže je znázorněno několik příkladů vhodného a nevhodného řešení dřevěných konstrukcí a také ukázka kovových kování, která se používají k odizolování dřevěných nosníků, příček či sloupků od země.

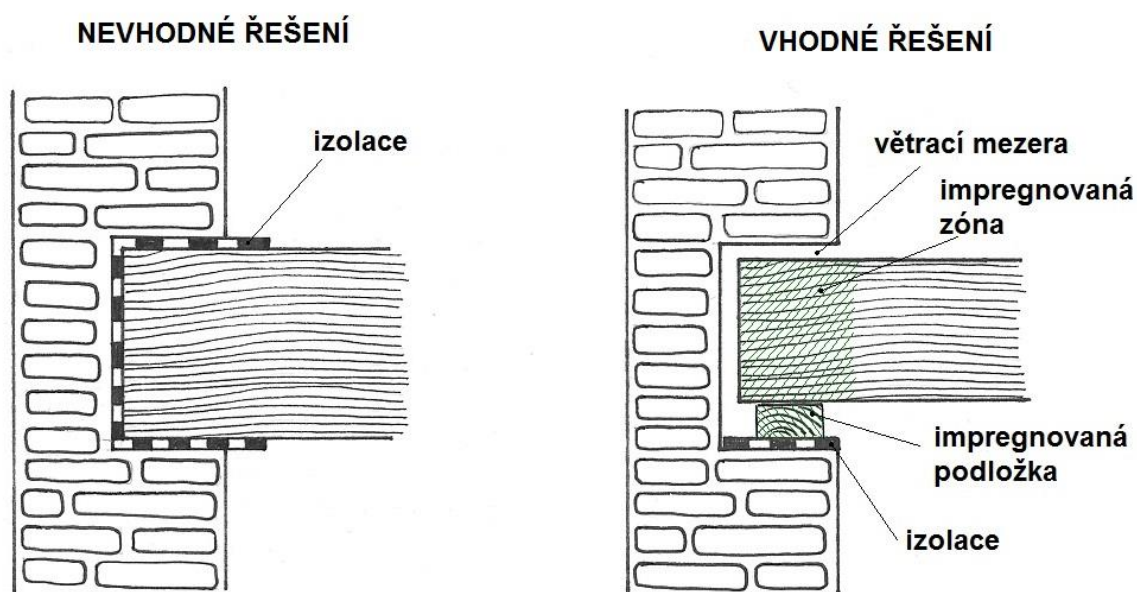


nevhodné řešení

vhodné řešení

Obrázek č. 47 – obložení stěn

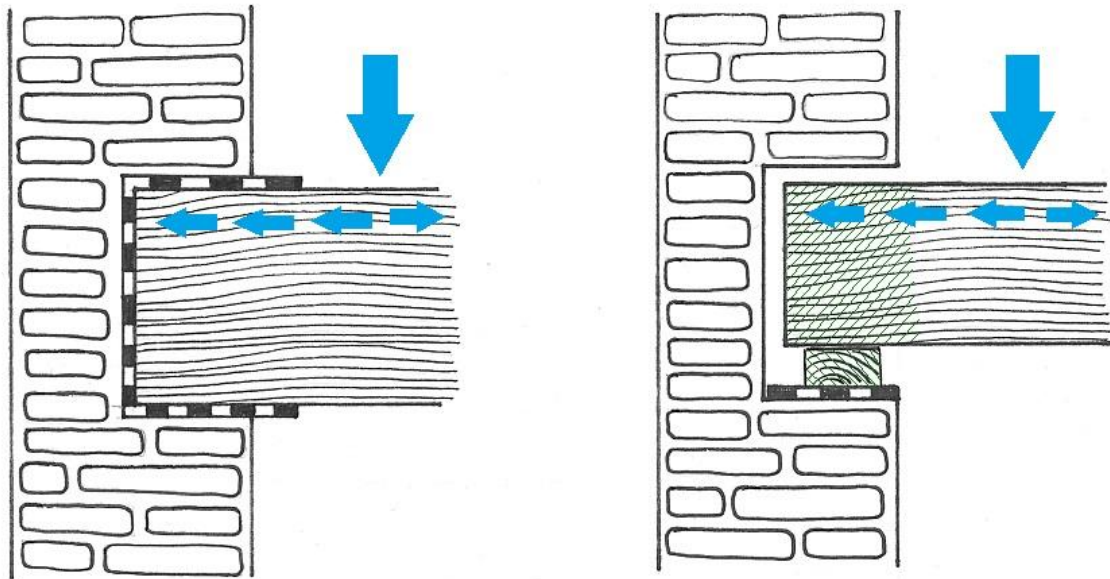
Na obrázku č. 47 je znázorněno vnější obložení stěn. Levá část zobrazuje několik způsobů nevhodných řešení, vpravo jsou řešení vhodná. Obložení vlevo bude trpět opakovaným zatékáním dešťové vody do spár a mezer, zatímco obložení vpravo umožňuje dešťové vodě volně stékat dolů.



Obrázek č. 48 - dřevěný nosník I

Na obrázku č. 48 je zobrazeno uložení dřevěného nosníku do zdiva. Pokud by docházelo k opakovanému pronikání dešťové vody na povrch nosníku, mohlo

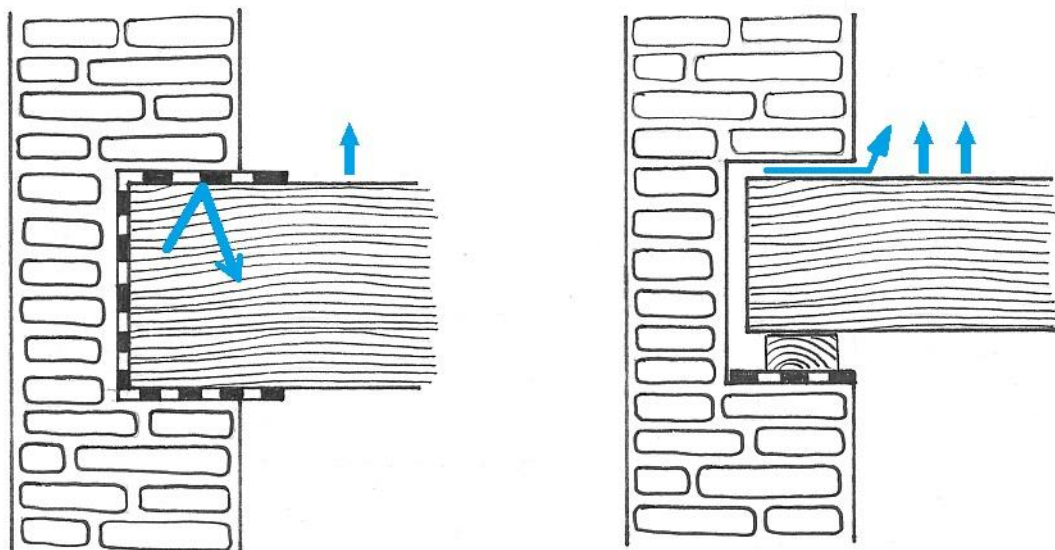
by dojit k jeho poškození hnilobou. Následující obrázky zjednodušeně ukazují, co by mohlo nastat.



Obrázek č. 49 - dřevěný nosník II

Je-li nosník opakovaně exponován skapávající dešťovou vodou, voda se vsakuje do dřeva a díky difúzi se šíří dřevními vlákny, což znázorňuje obrázek č. 49. Voda se nejvíce šíří se směru "po vláknech", proto se snadno dostane i do míst, kde je dřevěný nosník uložen do zdiva. O pohybu vody ve dřevě podrobně v [2, s.107-112].

U správně uloženého nosníku by dřevo zase postupně vyschlo a riziko poškození by bylo minimálně. V případě nevhodného uložení nosníku by bylo riziko větší, protože voda by se v místě styku se zdivem držela mnohem déle a pokud by se zatékání vody na nosník opakovalo, došlo by k nežádoucímu a nebezpečnému nahromadění vlhkosti (obrázek č. 50).



Obrázek č. 50 – dřevěný nosník III

V případě opakovaného zatékání dešťové vody na nosník, zobrazený na obrázku č. 50 vlevo, by nikoho nemělo překvapit, pokud by po čase začal hnit.

K uchycení dřevěných sloupků a příček do země se používají různá kování, která je od půdy izolují. Příklad takového kování je znázorněn na obrázcích č. 51 a 52.



**Obrázek č. 51 – kování I,
převzato a upraveno z [34]**



**Obrázek č. 52 – kování II,
převzato a upraveno z [35]**

3.2 CHEMICKÁ OCHRANA DŘEVA

S pojmem chemická ochrana dřeva se často pojí další pojem a to je impregnace dřeva. Jedná se o vpravování různých chemických látek do dřeva, aby došlo ke zvýšení jeho trvanlivosti a odolnosti, zejména vůči biologickým škůdcům. Autor v [13, s. 128] charakterizuje impregnaci dřeva jako: „chemicko-fyzikální proces, při kterém se ochranná látka vnáší do kapilárního systému dřeva, aby se toto stalo odolné vůči účinkům biologických škůdců, abiotických činitelů nebo aby změnilo některé své vlastnosti.“

Některé dřeviny se impregnují lépe než jiné. Mezi obtížně impregnovatelné patří smrk a jedle a jádrové dřevo dubu, buku či borovice [13]. Svou roli při tom hraje vlhkost dřeva, hustota, velikost a tvar impregnovaných ploch, drsnost povrchu, obsah pryskyřic, dynamická viskozita (vnitřní tření částic v kapalině) a další.

Aby byla impregnace účinná, musí impregnační látka proniknout dostatečně hluboko do dřeva. Podle hloubky průniku se rozlišuje impregnace:

- povrchová (do 2 mm)
- mělká (2-10 mm)
- hluboká (nad 10 mm)

Existuje řada způsobů impregnace dřeva, z nichž níže popisuji ty nejběžnější. Lze je rozdělit na dvě základní skupiny, které se krom samotných postupů liší zejména v hloubce průniku chemických látek do dřeva.

Beztlaková impregnace

- nátěr
- postřik
- ponořování
- máčení

Tlaková impregnace

- impregnace tlakem a vakuem s plným nasycením buněk
- Rüpingův způsob
- vakuová impregnace

Beztlaká impregnace

Způsoby beztlaké impregnace jsou všeobecně mnohem méně náročné na vybavení, lze je provádět v malém i velkém rozsahu ručně i strojně. Nátěry a postřiky lze provádět i na hotových konstrukcích. Nevýhodou je hloubka průniku impregnační látky, v těchto případech lze docílit zpravidla jen povrchové, maximálně mělké impregnace.

- **Nátěr**

Nátěr impregnačních látek se v podstatě neliší od aplikace běžných nátěrových hmot. Zpravidla se nanáší štětcem a ze všech způsobů je nejjednodušší. Pro dosažení lepších výsledků je třeba nátěr opakovat a dodržovat pokyny výrobce.

- **Postřik**

Provádí se nejčastěji stříkací pistolí (pod tlakem), buď ve výrobě, nebo ručně. Stejně jako u nátěru je vhodný opakovaný nános. Nevýhodou ruční aplikace je značná ztráta impregnační látky a nutnost ochranných prostředků.

- **Ponořování**

Tento způsob je oproti předchozím účinnější (látka proniká hlouběji a také do mezer). Lze ponořit různě velké dílce. Ponoření trvá krátkou dobu, v [13] je uvedeno max. 5 minut. Metoda je běžná pro ošetření stavebního řeziva.

- **Máčení**

Jednoduchý proces, při němž se dřevo ponořuje pod hladinu nádrže s impregnační látkou na dobu několika hodin až několika dnů. Máčí se dřevo s vlhkostí pod bodem nasycení vláken (cca 30%). Ohřátím ochranné látky dochází k jejímu rychlejšímu pronikání do dřeva.

Tlaková impregnace

Oproti předchozím způsobům nabízí tlaková impregnace hlubší průnik ochranné látky do materiálu (až několik cm) a tedy vyšší efektivnost. Je k ní však potřebné nákladné impregnační zařízení (tlakový kotel) a rozsáhlé zázemí pro skladování.

- Impregnace tlakem a vakuem s plným nasycením buněk

Patříčně upravené a vysušené dřevo se umístí do tlakové nádoby, z níž se odsaje vzduch. Poté se zalije impregnační látkou o teplotě 60-100°C [13] a pod tlakem se natlačuje do materiálu, až vyplní všechny kapiláry dřeva. Proces trvá několik hodin a jeho nevýhodou je velká spotřeba ochranné látky.

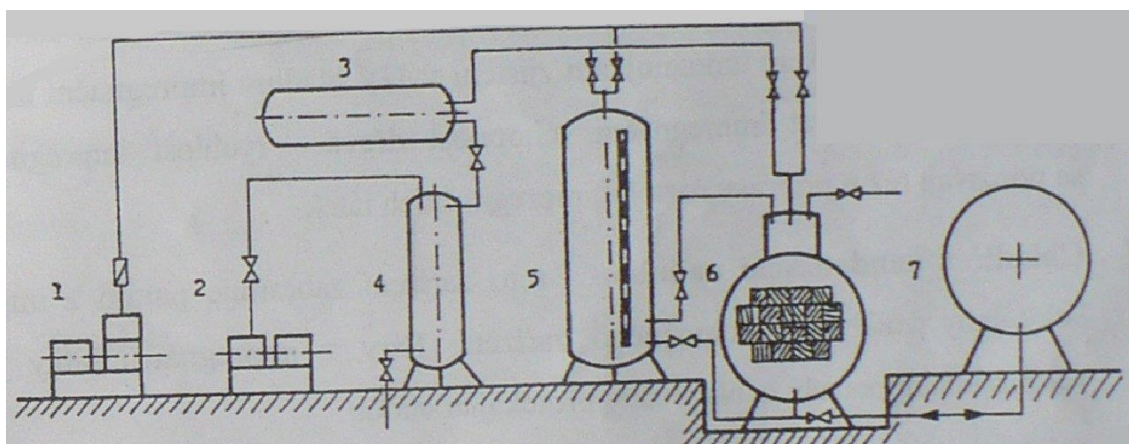
- Rüpingův způsob

Tento způsob se vyznačuje značnou úsporou impregnační látky a přitom je velmi účinný. Princip spočívá v tom, že před samotnou impregnační látkou (olejem) se do dřeva vhání pod tlakem vzduch, který na závěr vytlačí přebytečný olej zpět do tlakové nádoby. Tím se šetří ochranná látka a z takto ošetřeného dřeva se pak neuvolňuje.

- Vakuová impregnace

Při této metodě působí na ochrannou látku střídavě vakuum a atmosférický tlak. Lze provádět i dodatečnou ochranu v terénu pomocí speciálního vaku. Běžný je však postup, kdy se v tlakové nádrži vytvoří podtlak a přivede se impregnační látka. Následně se podtlak zruší a opět se vytvoří až v závěru procesu, kdy pomůže s odsátím přebytečné látky.

Na obrázku č. 53 je zjednodušené schéma impregnační stanice.



1 - kompresor, 2 - vývěva, 3 - kondenzační nádoba, 4 - podtlaková nádoba, 5 - odměrná nádoba, 6 - impregnační kotel, 7 - zásobní nádoba

Obrázek č. 53 – impregnační stanice, převzato a upraveno z [13]

PŘÍKLAD PODNIKŮ V NAŠEM REGIONU, KTERÉ PROVÁDĚJÍ CHEMICKOU OCHRANU DŘEVA

Při hledání podniků, které se v jihočeském kraji zabývají impregnací dřeva, jsem zjistil, že jich zase tolik není. Přesněji řečeno, našel jsem jeden, a sice v Soběslavi. Proto jsem se rozhodl zmínit ještě další dvě společnosti, které nejsou od Strakonice, kde bydlím, dále než Soběslav. Jde o firmu Sublima v Březnici a Palis v Plzni.

Impregnace Soběslav

Společnost Impregnace Soběslav s.r.o. byla založena už v roce 1914 a je v ČR největším podnikem v tomto oboru.

Vyrábí zejména sloupy, sloupky pro chmelnicové konstrukce, viničné kůly, kolejové pražce, řezivo a latě, či dolovinu a palisády. Na webových stránkách je uvedeno, že jsou na přání zákazníka schopni impregnovat prakticky cokoli.

Kromě vakuově tlakové impregnace nabízí také speciální technologii navrtávání pat sloupů, která zaručuje hlubší průnik impregnační látky a tím i vyšší minimální garantovanou životnost. [22]

Sublima Březnice

Dalším velkým podnikem, zabývajícím se impregnací dřeva, je Sublima Březnice s.r.o., která byla založena v roce 1932.

Vyrábí zejména železniční pražce, sloupy a palisády. Nabízí jak tlakovou impregnaci (s průnikem ochranných látek až několik cm do dřeva), tak povrchovou impregnaci máčením v kotli (průnik 1 až 3 mm).

Zákazník má na výběr mezi tzv. černou impregnací (olej Wei-B) a tzv. bílou impregnací (vodou ředitelný Wolmanit CX8M).

V březnické Sublimě jsem byl před lety na exkurzi (během studia na VOŠ a SPŠ ve Volyni) a měl jsem možnost vidět celý provoz, včetně zavážení sloupů do impregnačního kotle, jehož snímek je na obrázku č. 54. [23]



Obrázek č. 54 – impregnační kotel, převzato a upraveno z [23]

Palis Plzeň

Nejmenším a nejmladším ze zmíněných tří podniků je Palis Plzeň s.r.o. Společnost vznikla v roce 1991 a nabízí tlakovou impregnaci dřeva.

Vyrábí zejména dětská hřiště, palisády, kůly, ploty a terasová prkna. K impregnaci používají přípravek Wolmanit CX, který dřevu zajišťuje ochranu jak proti houbám, tak proti dřevokaznému hmyzu (je zdravotně nezávadný a šetrný k životnímu prostředí). [24]

Při zpracování kapitoly o konstrukční a chemické ochraně dřeva jsem vycházel zejména z [13], dále pak z [2, 15, 22, 23 a 24] a z poznatků, získaných během studia na VOŠ a SPŠ ve Volyni.

ZÁVĚR

Na tomto místě bych se rád vrátil na úplný začátek své práce a posoudil, do jaké míry se mi podařilo naplnit cíle práce a nakolik její obsah odpovídá zadání a samotnému názvu.

Provedl jsem tři ze čtyř původně zvažovaných zkoušek. Důvody, kvůli kterým jsem tahovou zkoušku neprováděl, uvádím v úvodu ke kapitole o destruktivních zkouškách. Ostatní zkoušky jsem vykonal s pomocí pana doktora Veselého.

Jsem přesvědčen, že jsem základní mechanická namáhání těmito zkouškami pokryl. Zkouška vrubové houževnatosti dobře vystihuje pružné vlastnosti dřeva, které jsou opakem jeho křehkosti. Tahová zkouška může být do značné míry nahrazena zkouškou ohybovou, kde v horní vrstvě vzorku vzniká tlak a ve spodní části tah. Pevnost v tahu se tedy na výsledku ohybové zkoušky přímo úměrně projeví. U tlakové zkoušky mne překvapilo, že zvláště tvrdá dřeva (dub) se chovají obdobně jako křehké kovy (např. litina).

Na základě předchozího studia odborné literatury jsem měl představu o tom, jaký vliv asi budou jednotlivé vady mít na výsledky zkoušek. Přesto jsem byl ve dvou případech překvapen, protože vzorky s vadou vydržely větší zátěž, než vzorky bez vady.

Vzhledem k omezenému objemu získaných dat musím připomenout, že výsledky nejsou statisticky významné, tedy reprezentativní. U jednotlivých vad nebylo možné statistické vyhodnocení provést a to pro nedostatek vhodných dostupných vzorků. Těch by bylo zapotřebí mnohem větší množství a jejich příprava by byla časově velmi náročná. Zároveň bych značně překročil rozsah zadané práce.

Potíže při realizaci:

Praktická část byla limitována nedostatkem typických vzorků s vadami a nehomogeností zasažení dřeva vadami. Při přípravě vzorků byl problém se získáním vhodných kusů s některými vadami, které se objeví až po rozřezání dřeva. Konkrétně se jednalo třeba o smolníky, které jsou sice běžnou vadou, ale malé svými rozměry. Musel jsem proto zpracovat poměrně velký objem dřeva.

Během samotného zkoušení problému nenastaly, pouze se nepodařila první zkouška na Charpyho kladivu. Vzorek byl příliš široký a vzpříčil se. Ostatní vzorky jsem tedy upravil na správný rozměr a chyba se již neopakovala.

Přesto, že vykonané zkoušky nelze považovat vzhledem k již zmíněnému malému objemu dat za zcela relevantní, pro mě osobně byly přínosem. Zdokonalil jsem své praktické dovednosti, dospěl jsem k několika zajímavým výsledkům a ověřil jsem si údaje, které jsem načerpal v odborné literatuře. Získané závěry jsou mi dobrým námětem např. k laboratornímu cvičení, které bych rád praktikoval, kdybych vyučoval na střední škole příslušného oboru.

V tomto ohledu myslím, že jsem nejdůležitější cíl práce splnil. Závěrečnou kapitolu o ochraně dřeva jsem zařadil hlavně proto, aby má práce o dřevě (bakalářská + diplomová) byla ucelená a kompletní. I přesto, že jsem ochranu dřeva výrazně zkrátil, tak práce přesáhla svůj plánovaný rozsah. Jde přitom o důležité a obsáhlé téma, které by zasluhovalo samostatné zpracování.

Jsem přesvědčen, že dané poznatky i celá práce budou dobře využitelné ve vyučovací praxi.

Seznam obrázků:

- Obrázek č. 1 – Nahnílý vypadavý suk a zátka
- Obrázek č. 2 – Suk a závitková zóna
- Obrázek č. 3 – Výsušné trhliny
- Obrázek č. 4 – Odklon vláken [20]
- Obrázek č. 5 – Smolník
- Obrázek č. 6 – Smolník a prosmol
- Obrázek č. 7 – Reakční dřevo (křemenitost) [20]
- Obrázek č. 8 – Nepravé jádro (bříza)
- Obrázek č. 9 – Složené nepravé jádro (buk) [20]
- Obrázek č. 10 – Dřeň
- Obrázek č. 11 – Napadení dřevokaznou houbou
- Obrázek č. 12 – Tesařík krovový (brouk) [25]
- Obrázek č. 13 – Tesařík krovový (larvy) [26]
- Obrázek č. 14 – Požerky tesaříka krovového
- Obrázek č. 15 – Červotoč proužkovaný [27]
- Obrázek č. 16 – Požerky červotoče (silné poškození)
- Obrázek č. 17 – Poškozený hoblík
- Obrázek č. 18 – Dřevokaz čárkovaný (vývojová stádia) [28]
- Obrázek č. 19 – Chodbičky dřevokazů (detail)
- Obrázek č. 20 – Pilořitka velká (dospělý jedinec) [29]
- Obrázek č. 21 – Larva pilořitky a chodba [30]
- Obrázek č. 22 – Výletové otvory
- Obrázek č. 23 – Hnědá hniloba
- Obrázek č. 24 – Bílá hniloba
- Obrázek č. 25 – Hnědá hniloba (dřevomorka)
- Obrázek č. 26 – Dřevomorka domácí (plodnice) [31]
- Obrázek č. 27 – Pokusný vzorek pro tahovou zkoušku
- Obrázek č. 28 – Výsledná hodnota tahové zkoušky
- Obrázek č. 29 – Zkouška ohybem [32]
- Obrázek č. 30 – Univerzální zkušební zařízení
- Obrázek č. 31 – Zkušební vzorky (ohyb)
- Obrázek č. 32 – Vzorek připravený ke zkoušce ohybem
- Obrázek č. 33 – Přelomený vzorek
- Obrázek č. 34 – Naměřená hodnota
- Obrázek č. 35 – Zkouška tlakem
- Obrázek č. 36 – Zkušební vzorky (tlak)
- Obrázek č. 37 – Vzorek před zatížením
- Obrázek č. 38 – Deformovaný vzorek
- Obrázek č. 39 – Naměřená hodnota
- Obrázek č. 40 – Vzorky porušené pod úhlem 45°

Obrázek č. 41 – Charpyho kladivo
Obrázek č. 42 – Schéma Charpyho zkoušky [33]
Obrázek č. 43 – Zkušební vzorky opatřené vrubem
Obrázek č. 44 – Vzorek na podpěrách Charpyho kladiva
Obrázek č. 45 – Přeražené vzorky
Obrázek č. 46 – Naměřená hodnota na stupnici Charpyho kladiva
Obrázek č. 47 – Obložení stěn
Obrázek č. 48 – Dřevěný nosník I
Obrázek č. 49 – Dřevěný nosník II
Obrázek č. 50 – Dřevěný nosník III
Obrázek č. 51 – Kování I [34]
Obrázek č. 52 – Kování II [35]
Obrázek č. 53 – Impregnační stanice [13]
Obrázek č. 54 – Impregnační kotel [23]

Seznam tabulek:

Tabulka č. 1 – Výsledky statické zkoušky v ohybu
Tabulka č. 2 – Výsledky statické zkoušky v tlaku
Tabulka č. 3 – Výsledky rázové zkoušky vrubové houževnatosti

Seznam použitých zdrojů:

Literatura:

- [1] BALABÁN, Karel – KOTLABA, František. *Atlas dřevokazných hub*. 1. vydání, Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1970. ISBN neuvedeno.
- [2] GANDELOVÁ, Libuše a kolektiv. *Nauka o dřevě*. 2. vydání, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. ISBN 80-7157-577-1.
- [3] HORÁČEK, Petr. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I*. 2. vydání, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008. ISBN 978-80-7375-169-2.
- [4] JOSTEN, Elmar – REICHE, Thomas – WITTCHEN, Bernd. *Dřevo a jeho obrábění*. 1. vydání, Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2961-9.
- [5] KLÍR, Josef. *Vady dřeva*. 1. vydání, Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981. ISBN neuvedeno.
- [6] KŘÍSTEK, Jaroslav – URBAN, Jaroslav. *Lesnická entomologie*. 1. vydání, Praha: Academia, 2004. ISBN 80-200-1052-1.
- [7] KUDELA, Michael. *Atlas lesního hmyzu: škůdci na jehličnanech*. 1. vydání, Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1970. ISBN neuvedeno.
- [8] KURJATKO, Stanislav. *Nauka o dreve*. 1. vydání, Zvolen: Vysoká škola lesnícka a drevárska, 1990. ISBN 80-228-0089-9.
- [9] MORÁVEK, Věroslav – HLADKÝ, Jan. *Materiály a technologie - cvičení I*. 1. vydání, Ústí nad Labem: Pedagogická fakulta v Ústí nad Labem, 1987. ISBN neuvedeno.
- [10] NOVÁK, Vladimír a kolektiv. *Atlas hmyzích škůdců lesních dřevin*. 1. vydání, Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1974. ISBN neuvedeno.
- [11] PECINA, Pavel – PECINA, Josef. *Materiály a technologie – dřevo*. 1. vydání, Brno: Masarykova univerzita, 2006. ISBN 80-210-4013-0.
- [12] POŽGAJ, Alexander. *Nauka o dřevě: metody zisťovania mechanických vlastností dreva a drevných veľkoplošných kompozitných materiálov*. 3. vydání, Zvolen, 1987. ISBN neuvedeno.
- [13] SVATOŇ, Josef. *Ochrana dřeva*. 1. vydání, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2000. ISBN 80-7157-435-X.
- [14] ŠTEFKO, Josef – REINPRECHT, Ladislav. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba*. 1. vydání, Bratislava: Jaga group, 2004. ISBN 80-88905-95-8.

[15] URBAN, Jaroslav. *Ochrana dřeva I: hlavní hmyzí dřevokazní škůdci*. 1. vydání, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1997. ISBN 80-715-7254-3.

[16] VORONCOV, Alexej I. – ČERVINKOVÁ, Hana. *Škůdci dřeva*. 1. vydání, Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1986. ISBN neuvedeno.

[17] WALLA, Viktor. *Zkoušení materiálu*. 1. Vydání, Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1961. ISBN neuvedeno.

Periodika:

[18] GABRIEL, Jiří. *Dřevokazné houby v interiérech*. *Živa*. 2013, č. 2, s. 54-57. ISSN 0044-4812.

Internetové zdroje:

Text:

[19] ČERMÁK, Petr – PALOVČÍKOVÁ, Dagmar – BERÁNEK, Jakub. *Atlas poškození dřevin* [online]. 2011 [cit. 2013-04-10].

Dostupné z: <http://atlasposkozeni.mendelu.cz/>

[20] ZEIDLER, Aleš. *Lexikon vad dřeva* [online]. 2011 [cit. 2013-04-10].

Dostupné z: http://fld.czu.cz/~zeidler/lexikon_vad/index.htm

[21] http://www.sps-vitkovice.cz/texty/texty/KOM/KOM_3_9_SPU-zkouska_vrubove_houzenvnatosti.pdf, [cit. 2016-06-17].

[22] <http://www.impregnacesobeslav.cz/>, [cit. 2016-06-21].

[23] <http://www.sublima.cz/vyrobn-program/impregnace-dreva/>, [cit. 2016-06-21].

[24] <http://www.palis.cz/sluzby/tlakova-impregnace/>, [cit. 2016-06-21].

Obrázky:

[25] <http://www.biolib.cz/>, [cit. 2013-06-02].

[26]

[http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:130312_Tesarik_krovovy_Hylotrupes_bajulus_\(6\).JPG](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:130312_Tesarik_krovovy_Hylotrupes_bajulus_(6).JPG), (autor: Vít Švajcr), [cit. 2013-06-02].

[27] <http://www.desinsekta.cz/cs/atlas-kdc/atlas-kdc/33-cervotoc-prouzkovany>, [cit. 2013-04-21].

- [28] http://www.pohoda.joste.cz/ii/ochrana_lesa-zaklady/scripta/obrazky_skudcu/, [cit. 2013-06-02].
- [29] <http://www.flickr.com/photos/macropixels/1460497446/in/faves-nuclearlakeside/>, [cit. 2013-04-21].
- [30] <http://www.ekowood.cz/category/uncategorized/>, [cit. 2013-06-02].
- [31] <http://www.sanace-dreva.cz/drevokazne-houby.html>, [cit. 2013-05-28].
- [32] http://www.strojirenstvi.wz.cz/stt/rocnik1/06a_pruznost_pevnost.php, [cit. 2016-06-04].
- [33] <http://www.scrigroup.com/limba/ceha-slovaca/51/Samostatn-prce-z-nauky-o-mater65942.php>, [cit. 2016-06-20].
- [34] <http://www.metalfix.cz/tk-kotevni-patka-s-deskou-60-60/d-3793/>, [cit. 2016-02-09].
- [35] <http://www.visimpex.cz/filesimages/ImageFilewintech-woodwork-kovani-katalog-2009.pdf>, [cit. 2016-02-09].