MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav nauky o dřevě

Dendrochronologické datování a stavebně technický průzkum roubené stavby v obci Písařov na Šumpersku

Bakalářská práce

2015 Svatopluk Piňos

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Dendrochronologické datování a stavebně technický průzkum roubené stavby v obci Písařov na Šumpersku, zpracoval 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, 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 nákladu spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:..... Podpis studenta

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat především Ing. Janu Baarovi za pomoc při odborném vedení této bakalářské práce. Dále Ing. Tomáši Kolářovi za pomoc v dendrochronologické laboratoři. Děkuji také své rodině a blízkým za podporu během studia.

Jméno Svatopluk Piňos

Název práce Dendrochronologické datování a stavebně technický průzkum roubené stavby v obci Písařov na Šumpersku

Abstrakt

Tématem této bakalářské práce je posouzení stavu konstrukce roubené stavby v obci Písařov na Šumpersku pomocí stavebně-technického průzkumu, za použití nedestruktivních nebo semi-destruktivních metod, a určení stáří dřeva pomocí dendrochronologického datování.

Pro zjištění stavebně technického stavu budovy byly použity přístroje Ultrasonic timer, Resistograph 4453-P a také nový přístroj který je založený na měření odporu při roztlačování čelistí ve vývrtu.

Klíčová slova

Stavebně technický průzkum, dendrochronologické datování, Ultrasonic timer, Resistograph 4453-P

Name Svatopluk Piňos

Title of work Dendrochronological dating and building-technical research of a timbered building in the village Písařov in Šumperk region.

Abstrakt

The bachelor thesis examines complete construction of the timbered building in the village Písařov in Šumperk region by building-technical research with using of non-destructive and semi-destructive methods and defining age of wood by using dendrochronological dating.

The devices Ultrasonic timer, Resistograph 4453-D and new device, which is based on measurment of resistence during pushing jaws in drilled hole, were used to determinate building-technical condition.

Key words

Building-technical research, dendrochronological dating, Ultraconic timer, Resistograph 4453-P

Obsah

1 Úvod 1
2 Cíl práce 2
3 Literární přehled 3
3.1 Stavebně technický průzkum 3
3.1.1 Smyslové metody 4
3.1.2 Přístrojové metody 4
3.1.2.1 Měření vlhkosti 5
3.1.3 Akustické přístroje 5
3.1.4 Ultrazvukové přístroje 6
3.1.5 Mechanicko-odporové metody a přístroje 7
3.2 Dendrochronologie 9
3.2.1 Odběr vzorků 10
3.2.2 Datování vzorků 10
3.3 Dřevěné konstrukce 11
3.3.1 Střešní konstrukce 11
3.3.1.1 Plné vazby klasických krovů 11
3.3.2 Konstrukce roubení 12
3.3.3 Stropní kontrukce 13
3.4 Příčiny poruch konstrukce 14
3.4.1 Biotičtí činitelé 15
3.4.1.1 Dřevokazné houby 15
3.4.1.2 Dřevozbarvující houby 17
3.4.1.3 Plísně 17
3.4.1.4 Z říše živočišné 17
3.4.2 Abiotičtí činitelé 19
4 Materiál a metodika 20
4.1 Identifikace použitého dřeva 20
4.2 Metodika stavebně-technického průzkumu 20
4.2.1 Základní informace o konstrukci 20
4.2.2 Průzkum smyslovými metodami 20
4.2.3 Průzkum přístrojovými metodami 20
4.3 Dendrochronologické datování 23
4.3.1 Odběr vzorků 23
4.3.2 Příprava a měření vzorků 24

4.3.3 Datování vzorků 25
5 Výsledky 26
5.1 Obec Písařov 26
5.2 Popis a historie stavby 27
5.3 Výsledky průzkumu smyslovými metodami 28
5.4 Identifikace druhu použitého dřeva 30
5.5 Výsledky měření rychlosti šíření zvuku 31
5.6 Výsledky měření z přístroje Resistograph 4453-P 33
5.7 Výsledky měření vlhkosti 36
5.8 Výsledky měření při roztlačování čelistí ve vývrtu 37
5.9 Výsledky dendrochronologického datování 37
6 Diskuse 39
7 Závěr 41
8 Literatura 42
9 Seznam obrázků a tabulek 44

1 Úvod

Roubené stavby jsou v dnešní době ukázkou tradičních historických řemesel. Ukazují nám tradiční řešení konstrukčních spojů. Výstavba takovýchto roubených staveb bezesporu vyžadovala vysokou řemeslnou schopnost vzhledem k tomu, že konstrukční spoje byly opracovávány nejrůznějšími tradičními nástroji. Je proto důležité k takovýmto stavbám přihlížet s určitým respektem.

Dřevo na těchto stavbách bylo důležitým, ovšem ne jediným stavebním materiálem. V lidovém stavitelství se do poloviny 20. století používaly i další materiály jako například kámen, hlína, později také keramická cihla. Za zmínku také stojí použití slámy jako střešní krytiny, kterou postupně nahrazoval dřevěný šindel.

Na dochovaných roubených stavbách, můžeme pozorovat postupný vývoj lidové architektury i rozvoj tesařského řemesla, které se předávalo z generace na generaci.

Roubené stavby byly v historii dostupnou variantou výstavby, zejména v lesnatých krajinách. Dřevo bylo základním stavebním materiálem ve všech horských krajích na Moravě i ve Slezsku.

Rozvoj dřevostaveb v dnešní době je poměrně logickým dějem, protože nabízí velmi hygienické podmínky pro bydlení – jsou prodyšné a dobře tepelně izolují. Ovšem jako nevýhoda je často uváděna jejich menší trvanlivost. Toto tvrzení se ale při pohledu na staré roubené stavby jeví jako nesprávné. Je nutno podotknout, že v dobách výstavby těchto staveb neexistovaly impregnační přípravky jako dnes a přesto tyto staré roubené stavby stále stojí a stále ukazují krásu lidové tvořivosti a řemesla.

Dřevo samo o sobě je v porovnání s jinými stavebními materiály méně trvanlivé, zejména v souvislosti nebezpečí napadení dřevokaznými škůdci, ovšem tuto vlastnost dřeva je nutné chápat jako přirozený koloběh života, jako koloběh energie. Výhodou dřeva jako stavebního materiálu je to, že můžeme jeho trvanlivost ovlivňovat nejrůznějšími impregnačními přípravky.

2 Cíl práce

Hlavním cílem práce, je určení stavu dřevěných prvků roubené stavby v obci Písařov na Šumpesku pomoci stavebně-technického průzkumu. Pomoci smyslových a přístrojových metod bude zjištěna příčina poškození, a jeho rozsah. Na základě těchto poznatků bude navržena vhodná sanace dřevěných prvků.

Dalším cílem je určení stáří dřevěných konstrukcí, pomocí dendrochronologického datování. Výsledky z datování budou porovnány s dostupnými informacemi o historii stavby.

3 Literární přehled

U starších objektů dochází ke vzniku statických závad, které jsou způsobené změnou hladiny spodní vody a dalšími vlivy. Vlivem zvýšené vlhkosti dochází ke znehodnocení objektu, ta bývá způsobena chybějící nebo silně narušenou vodorovnou nebo svislou izolací objektu. Před samotným prováděním opravy daného objektu je proto nutné provést podrobný stavebně-technický průzkum (Baier a Týn 2001).

3.1 Stavebně technický průzkum

Základem jakékoli analýzy dřevěných objektů je vizuální průzkum, který je nejstarším a nejjednodušším typem nedestruktivního testování používaným při stavebně technických průzkumech (Reinprecht, 2008).

Pellerin a Ross (2002) dělí nedestruktivní testování do 4 základních skupin:

1. Hodnocení vizuálních vlastností
    - Barva
    - Přítomnost vad
2. Chemické zkoušky
    - Složení
    - Přítomnost léčby: konzervační / retardéry hoření
3. Fyzikální testy
    - Elektrický odpor
    - Dielektrické vlastnosti
    - Vibrační vlastnosti
    - Šíření vln
    - Akustické emise
    - Rentgen
4. Mechanické zkoušky

- Ohybová tuhost
- Odolnost proti zatížení v ohybu, tahu a tlaku

3.1.1 Smyslové metody

Smyslové nedestruktivní testování dřeva, především vizuální je jednou z nejpoužívanějších metod používaných při zkoumání míry poškození dřeva v lesích nebo dřevěných výrobků. Mezi další způsoby smyslového vyhodnocení stavu dřevní hmoty patří sluch, hmat a čich. Pro přesné zjištění stavu je dobré smyslové metody kombinovat například s metodami fyzikálními nebo mechanickými. Díky této kombinaci jsme schopni posoudit nejen povrchový stav suroviny, ale i její vnitřní strukturu (Pellerin a Ross, 2002).

Vizuální hodnocení je základním testováním. Při prvním pohledu na materiál, zjišťujeme případnou přítomnost dřevokazných hub nebo přítomnost dřevokazného hmyzu v podobě výletových otvorů, nebo výskyt drtinek pod výletovými otvory. Problém ovšem nastává, když potřebujeme přesně definovat rozsah poškození (Kotlínová a Kloiber, 2010).

3.1.2 Přístrojové metody

Jednoduchou přístrojovou metodou testování dřeva je například klasické vrtání, které je založeno na výrazné změně tuhosti a houževnatosti hnilého dřeva (Hrivnák a kol., 2013)

Z pohledu snížení funkčnosti dřevěného prvku, po použití přístrojových metod, můžeme přístrojové metody rozdělit na nedestruktivní, semidestruktivní a destruktivní (Reinprecht, 2008).

Základními přístroji pro stavebně technický průzkum jsou například přístroje pro měření vlhkosti, přístroje měřící rychlost zvukových (napěťově-deformačních) vln, přístroje měřící rychlost ultrazvukových vln, nebo přístroje založené na měření odporu (Reinprecht, 2008).

3.1.2.1 *Měření vlhkosti*

Odolnost dřeva proti negativním vlivům biotických škůdců je ovlivněna zejména obsahem vody ve dřevě (Baier a Týn, 2001).

Přímé metody měření vlhkosti

Gravimetrická nebo tak zvaná váhová metoda, která je nejpřesnější a používá se jako referenční metoda pro posuzování přesnosti ostatních metod. Je založená na porovnání hmotnosti vody a hmotnosti absolutně suchého dřeva. Její hlavní nevýhodou je náročnost na přípravu a to pracnost výroby tělísek a nemožnost kontinuálního měření (Horáček, 2008).

Nepřímé metody měření vlhkosti

Podle druhu elektrického napětí, dělíme vlhkoměry na odporové s jednosměrným napětím a dielektrické se střídavým napětím.

Odporové a dielektrické vlhkoměry mají rozdílnou spolehlivost měření v různých vlhkostech. Odporové mají nejvyšší přesnost měření při vlhkosti 5-25%, dielektrické mají rozsah přesného měření vyšší a to 0-30%.

Dále se tyto dva typy vlhkoměrů liší zejména v hloubce měření, protože dielektrické vlhkoměry jsou omezeny pouze na povrchovou vlhkost (Křupalová, 2000).

3.1.3 Akustické přístroje

Fakopp 2D a 3D

Přístroj používaný zejména v parcích a lesích. Přístroj pracuje na jednoduchém principu a to na měření doby přechodu napěťově-deformační vlny. Přístroj je vybavený dvěma zarážecími trny, které se zabodnou do materiálu, následně se používá kladívko a poklepem na jeden z trnů vysíláme zvukový signál (napěťově deformační vlnu), jakmile druhý z trnů tuto vlnu přijme, zobrazí se čas přechodu napěťové vlny v μs. (Hrivnák a kol., 2013).

Protože je dřevo organická látka, materiálové vlastnosti a pevnost se mění, v souladu se směrem orientace buněk. Poklepem na čelo desky nebo nosníku způsobíme vlnu šířící se ve směru délky buňky a hladce tak prochází její strukturou (Obr. 1) .

Obr. 1: Ukázka šíření zvuku ve dřevě s vadou a ve dřevě zdravém.

3.1.4 Ultrazvukové přístroje

Principem těchto přístrojů je šíření akustických vln. Přístroje pracující na tomto principu se skládají ze dvou sond. Jedna z těchto sond plní fci. přijímače a druhá vysílače. Součástí těchto přístrojů je displej, na kterém se zobrazuje čas přechodu (μs) nebo rychlost přechodu akustického signálu ($m.s^{-1}$) přes dřevěný prvek mezi těmito sondami. (Hrivnák a kol., 2013)

Útlum ultrazvukových vln je ovlivňován třemi hlavnímy faktory a to : geometrie ozařování, rozptyl a absorpce. Geometrie ozařování je spojena s použitými snímači. Při šíření zvuku ve dřevě, dochází k určitému útlumu, který je ovlivňován nehomogenní stavbou materiálu. Jde tedy jednak o různé vady materiálu, ale také o směr ve kterém se ultrazvuk šíří. (Bucur, 1995)

Čas přenosu je významně ovlivňován přítomností dřevokazné hniloby nebo hmyzu. Rychlost šíření zvuku dále klesá se vzrůstající vlhkostí dřeva, protože jsou kapiláry vyplněny vodou. V důsledku toho se zvyšuje odpor prostředí proti šíření ultrazvukové vlny. (Kloiber a Kotlínová 2010)

Kollmann a Coté (1968), uvádí průměrnou rychlost šíření zvuku pro dřevo jedle 1033 $m.s^{-1}$.

Ultrasonic Timer

Přístroj, který je modifikovaný z přístroje Fakopp. Je možno použít více typů sond. Ultrasonic Timer pracuje na ultrazvukovém principu, signál vysílá přístroj automaticky, takže není nutné vysílat signál poklepem sondy (Hrivnák a kol., 2013).

Poměr hodnot rychlosti šíření zvuku ve dřevě podél a napříč vláken v radiálním a tangenciálním směru lze vyjádřit přibližně cL : cR : cT = 15 : 5 : 3 (Horáček, 2008).

Obr. 2: Ultrasonic timer

Arborsonic DecayDetektor

Jedná se o japonský nedestruktivní defektoskopický ultrazvukový přístroj, pracující na principu šíření ultrazvukových vln – elastické deformace v materiálu (Hrivnák a kol., 2013).

3.1.5 Mechanicko-odporové metody a přístroje

Mechanicko-odporové metody jsou založené na vzájemných vztazích mezi odporem dřeva vůči vnikání pracovních částí těchto přístrojů (Hrivnák a kol. 2013).

Resistograph 2450-P

Přístroj který vykonává odporové mikrovrtání, následně zaznamenává hodnoty odporu dřeva při vrtání. Průměr vrtáku je 1,5 mm a celková délka vrtáku je 400 mm. Výstupem tohoto přístroje je profil odporu, který se tiskne přímo při odporovém vrtání, případně můžou být data uložena do počítače (Hrivnák a kol. 2013).

Obr. 3: Resistograph 4453-P

Roztlačování čelistí ve vývrtu

Nově navržený přístroj (Obr.4), který umožňuje měření mechanických vlastností v tlaku. Přístroj lze použít jak v laboratoři, tak i v terénu. Zařízení zjišťuje závislost napětí na deformaci. Napětí je vyvoláno symetricky od sebe roztlačovanými čelistmi. Ve vývrtu je možné měřit ve 4 hloubkových pozicích: 5-25; 35-55; 65-85; 95-115 mm.

Závislost deformace na působícím napětí, je měřena v předvrtaném otvoru, kde jsou symetricky uspořádané tlačné čelisti pomocí táhla s rozevíracím klínem roztlačovány do stěn vyvrtaného otvoru. Průběžně je siloměrem snímána a zaznamenávána působící síla, která je vztažená k měřené dráze roztlačování (Kloiber a Drdácký 2013).

Byly zjištěny silné vztahy mezi veličinami získanými při standardních testech, a veličinami získanými a veličinami zjišťovanými pomocí tohoto nového přístroje, zejména mezi pevností dřeva a konvenční pevností dřeva zjišťovanou při roztlačování čelistí ve vývrtu.

Kloiber a Drdácký (2013) popisují závislost těchto pevností podle vztahu;

$y = 1{,}4904x + 5{,}6866$

kde: y = konvenční pevnost (výsledná hodnota z přístroje)

x = pevnost měřená při standardních tlakových zkouškách

Požgaj (1997) uvádí hodnoty pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny pro dřevo jedle od 33,83 do 44,57 MPa.

Obr. 4: Přístroj pro roztlačování čelistí ve vývrtu (Kloiber a Drdácký, 2013)

3.2 Dendrochronologie

Přírůsty kvantitativních veličin jsou výsledkem každoročně opakující se kambiální činnosti a činnosti terminálních buněk (Zach a kol., 1994).

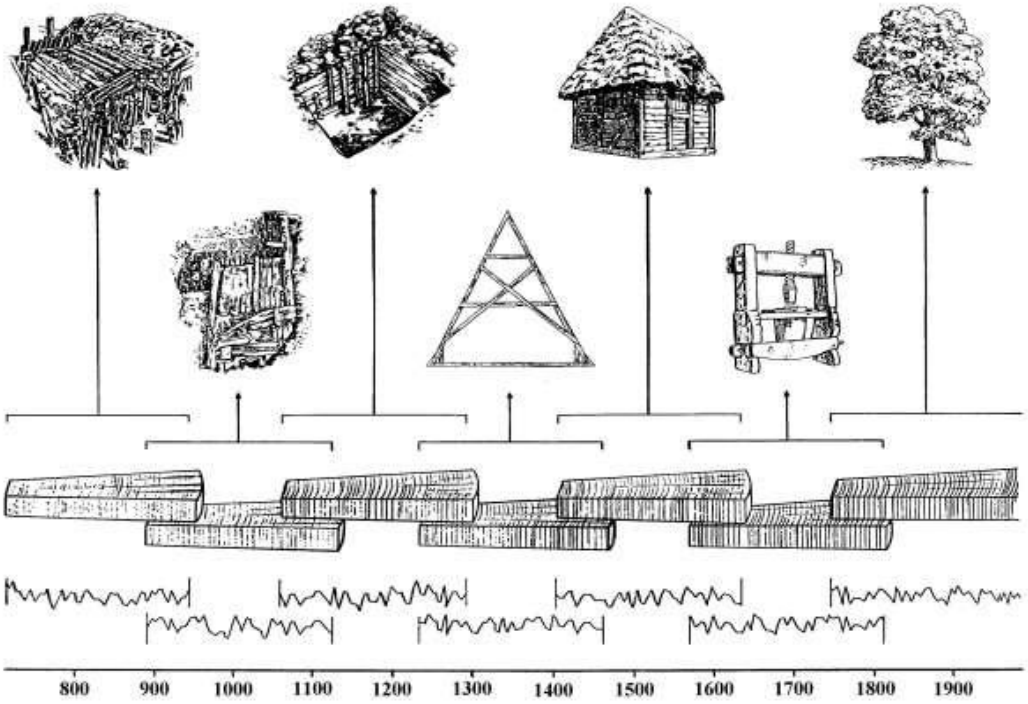
Vědecká metoda založená na letokruhové analýze. Pomoci letokruhové analýzy jsme schopni určit nejen ve kterém roce daný letokruh vznikl ale z různých vlastností letokruhu (jeho šířka a vztah k šířkám ostatních letokruhů) jsme schopni s jistou pravděpodobností určit další informace, například: klimatické podmínky které panovaly v době vzniku letokruhu, výskyt různých významných katastrof a hlavně datování vzniku staveb (Zach a kol., 1994).

Činností dělivých pletiv – kambia a felogenu – zvětšuje strom svoji tloušťku tím, že na stromě vzniká nový plášť dřeva a kůry (Drápela a Zach, 2000).

Při tomto procesu dochází ke vzniku letokruhu, který je popsán jako vrstva letního a jarního dřeva vytvořená během jednoho vegetačního období (Drápela a Zach, 2000).

Samotné dendrochronologické datování je metoda, umožňující přiřadit každému letokruhu rok vzniku pomocí srovnání dvou a více letokruhových serií (Drápela a Zach, 2000).

Po porovnání vzorku se standardní chronologií lze zjistit, ve kterém roce se jednotlivé letokruhy vytvořily (Drápela a Zach, 2000).



Obr. 5: Klasické schéma vzniku standardní chronologie (www.dendrochronologie.cz)

3.2.1 Odběr vzorků

Hlavním předpokladem správného datování je řádný odběr vzorku. Aby bylo možno datovat, musí mít vzorek min. 40 až 50 letokruhů (Rybníček, 2003).

Nejpoužívanější metodou odebírání vzorků pro datování je metoda vývrtů, zpravidla pomocí Presslerova nebozezu. Analyzovaný prvek v konstrukci je poškozen pouze lokálně (Drápela a Zach, 2000).

Přírůstový nebozez je trubka z kvalitní oceli která je na konci vybavena ostrým kruhovým břitem a závitem, pomoci kterého se nebozez zavrtává do dřeva. Dřevěný váleček se následně ze dřeva vytáhne pomoci podélně vyhloubené tyčinky s jemným ozubením hran (Zach a kol., 1994).

3.2.2 Datování vzorků

Jednou z nejjednodušších a nejpoužívanějších metod synchronizace je procento souběžnosti. Procento souběžnosti vyjadřuje v kolika procentech dochází ke shodnému trendu mezi srovnávanými letokruhovými křivkami (shodný trend znamená, že mezi sousedními roky obě křivky stoupají nebo obě klesají) (Drápela a Zach 2000).

Z hlediska statistické významnosti by hodnota souběžnosti neměla být nižší než 60% (Kolář, 2007).

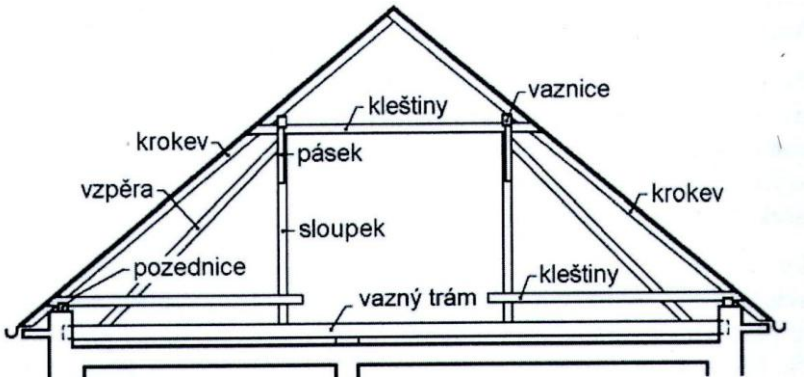
3.3 Dřevěné konstrukce

Dřevěné konstrukce získáváme spojením jednotlivých dřevěných prvků. Dřevěné konstrukce tvoří zpravidla základní kostru celku. Pevnost a trvanlivost těchto konstrukcí je závislá na pevnosti spojů jednotlivých částí, proto je důležité, aby byly jednotlivé spoje provedeny přesně a vhodnými prostředky (Hájek, 1997).

3.3.1 Střešní konstrukce

Krovy jsou nosnou konstrukcí pro šikmé a strmé střechy a dotvářejí tvar střechy. V klasickém provedení se na území České republiky používali až do začátku druhé poloviny 20. století (Jelínek a Červený 2009).

Základními konstrukčními prvky klasických krovů jsou krokve, vaznice, pozednice, vazný trám, sloupky, vzpěry, kleštiny a pásky (Obr. 6) (Jelínek a Červený 2009).



Obr. 6: Popis prvků krovu (Jelínek a Červený 2009)

Vazby u klasického krovu dělíme na plné vazby, které obsahují všechny nosné prvky krovu a na vazby prázdné, neboli jalové, které jsou tvořené jen dvojicí krokví. Mezi plnými vazbami bývají minimálně 3, maximálně 5 vazeb jalových (Jelínek a Červený 2009).

3.3.1.1 *Plné vazby klasických krovů*

Z konstrukčního hlediska rozdělujeme plné vazby na krokevní vaznicové soustavy. Názvy krovových soustav byly odvozeny od použitých prvků v plných vazbách. Mezi základní tvary klasických krovových soustav patří:

krokevní soustavy	a) prostá krokevní soustava;
	b) hambalková soustava;
vaznicové soustavy	c) stojatá stolice;
	d) ležatá stolice;

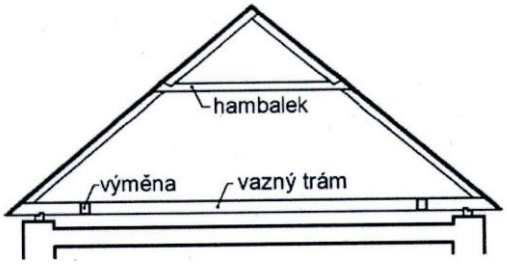
e) věšadlo;

f) vzpěradlo;

g) ležatá stolice bez vazného trámu

Krovy uvedených soustav jsou použité na mnoha stavbách našeho území. Krokevní soustavy byly nahrazovány vaznicovými soustavami od konce devatenáctého století (Jelínek a Červený 2009).

Krov hambalkové soustavy se u nás používal od počátku devatenáctého století, zejména pro rozpětí krovu 6 až 11 metrů. U této soustavy je každý pár krokví rozepřen hranolem, tzv. hambalkem (Jelínek a Červený 2009).



Obr. 7: Hambalkový krov s vazným trámem (Jelínek a Červený 2009)

3.3.2 Konstrukce roubení

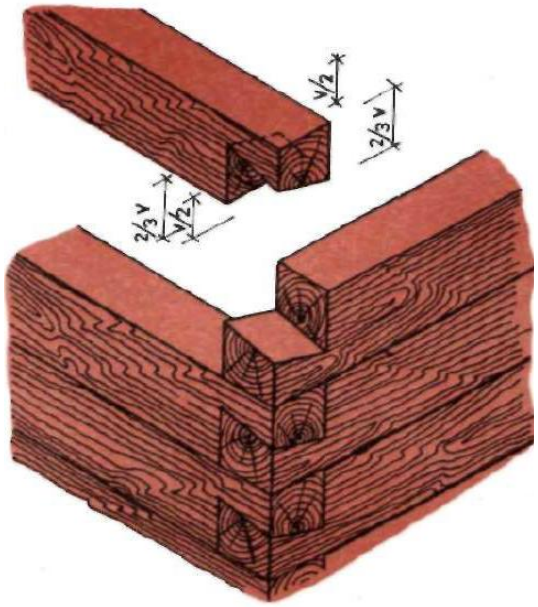
Roubené stěny byly ve střední s severní Evropě hojně staveny již v době ranného středověku, protože lesnaté krajiny poskytovaly dostatek materiálu a také jeho zpracování bylo poměrně jednoduché (Hájek, 1997).

Roubení je základní tradiční dřevěná konstrukce stěn staveb, popsána jako sestava vodorovně vrstvených trámů, vázaných v nároží tesařskými spoji. Bylo užito více způsobů zafixování jednotlivých trámů. Nejjednodušším typem roubení může být doplnění o svislé zaražené kůly, které zamezí vybočení jednotlivých prvků z vazby. Řádně provedené roubení by ale mělo být takové, které zamezí vybočení bez dalších úprav, tj. tvarováním konců tak, aby se z vazby nemohly trámy ani pod tlakem vysunout (Hájek, 1997).

K roubení se používalo rovné jehličnaté dřevo, disproporce silnějších a slabších konců kmenů se vyrovnávala střídavým kladením. Profily stěnových trámů byly různě zpracovány s určitými vývojovými tendencemi. Asi nejjednodušším a nejstarším typem stěnových trámů jsou trámy nehraněné, tedy ,,kuláče,, (Škabrada, 1999).

Tam kde záleželo na těsných ložných spárách se potom používaly trámy hraněné na obou ložných plochách (Hájek, 1997).

Základními typy historických způsobů provedení nároží je spojení rybinové a spojení ,,na zámky,, (Obr. 8), přičemž spojení na zámky je mladším způsobem spojení než spojení rybinové. (Pravděpodobně v souvislosti s větší řemeslnou náročností zámkového spojení) (Škabrada, 1999).

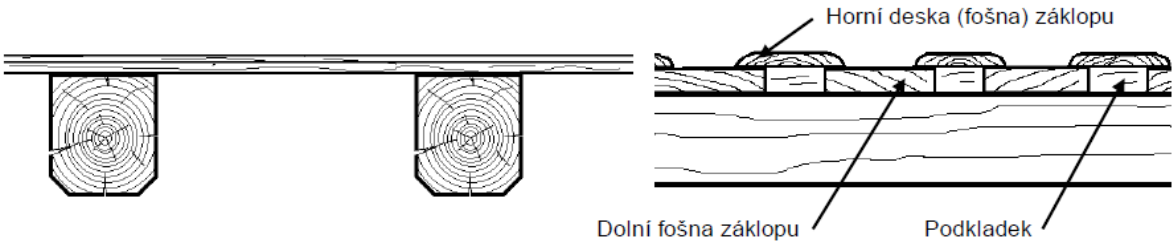


Obr. 8: Vazba rohu úplným přeplátováním rybinovým (Hájek, 1997)

3.3.3 Stropní kontrukce

K zastropení lidových staveb se nejčastěji používalo dřevo. Používalo se několik typů konstrukcí stropů, například strop povalový, trámový strop s povalovým záklopem, trámový strop se záklopem z předkládaných prken, trámové stropy bez podhledu, trámové stropy s dřevěným podhledem nebo lepenične stropy (Hájek, 1997).

Pro vesnické obytné domy byl typický jednoduchý trámový strop s přiznanými stropnicemi, záklopem s překládaných desek o tloušťce 30 mm a škvárovým násypem nebo hliněnou mazaninou. Tím byla zvýšená protipožární odolnost stropu. Jednodušším typem stropu byl trámový strop s viditelným fošnovým záklopem, který se používal na klasických dřevěnicích. Při horním překládání vznikala řada mezer, která se později vyplňovala špalíky se dřeva, aby se neusazovali pavouci a prach (Frolec a Vařeka, 1983).



Obr. 9: Strop s viditelným překládaným fošnovým záklopem (Hájek, 1997)

3.4 Příčiny poruch konstrukce

Obecně, je dřevo degradováno biotickými a abiotickými činiteli. Trvanlivost dřeva je závislá na podmínkách, ve kterých se nachází. Pokud jsou podmínky příznivé pro aktivitu dřevokazných činitelů, nastávají ve dřevě degradační procesy a ty se dále projevují na fyzikálních a mechanických vlastnostech dřeva. Trvanlivost dřeva je závislá na tak zvaném expozičním zatížení dřeva a dále na dokonalosti jeho ochrany (Svatoň, 2000).

Svatoň (2000) uvádí třídění degradačních činitelů, podle původu na biotické a abiotické;

a) Biotičtí

mikroorganismy;

-bakterie

z říše rostlinné;

-plísně (mikroskopické houby)

-dřevozbarvující houby

-dřevokazné houby

-parazitické rostliny semenné

z říše živočišné;

-dřevokazný hmyz

-mořští živočichové

-ostatní (zvířata a ptáci)

b) Abiotičtí

atmosférický;

-voda

-změny vlhkosti

-změny teploty

-sluneční záření

-proudění (kapalin a plynů)

-mechanické vlivy

Termický;

-vysoké teploty

-plamen

Chemický;

-agresivní chemikálie

Rozeznáváme trvanlivost přirozenou a zvýšenou. Trvanlivost přirozená je způsobena vlastními schopnostmi dřeva odolávat vnějším vlivům a současně si zachovávat své původní vlastnosti. Trvanlivost zvýšená znamená zvýšení trvanlivosti lidským zásahem. Dřevo je trvanlivé tehdy, pokud je schopno dlouho odolávat degradačnímu působení biotických činitelů a abiotických faktorů (Reinprecht, 2008).

3.4.1 Biotičtí činitelé

Pokud se dřevo nachází v podmínkách které jsou příznivé pro aktivitu dřevokazných činitelů, nastávají ve dřevě degradační procesy, které v první řadě ovlivňují jeho mechanické a fyzikální vlastnosti. Tyto degradační procesy je nutné chápat jako naprosto nezbytné, protože zajišťují návrat hmoty a energie zpět do stádia vhodného pro vznik nového života (Svatoň, 2000).

Základními předpoklady pro rozvoj těchto činitelů ve dřevě je dostatečné množství vody ve vzduchu a ve dřevě, vhodná teplota a světlo (Vinař, 2005).

Pokud má dřevo vyšší vlhkost než 10%, je v ohrožení napadení dřevokazným hmyzem, dřevokaznými houbami až přivlhkosti vyšší než 18 až 20%. Pokud není možné v některých částech objektu zajistit nižší vlhkost, je nutné dřevo chemicky ošetřit (Bayer a Týn, 2001).

3.4.1.1 *Dřevokazné houby*

Dřevokazné houby jsou největším nebezpečím pro dřevo zabudované ve vlhkých budovách, protože dřevo rozkládají a snižují jeho pevnost. Tím je ve vážném ohrožení celý objekt (Baier a kol., 1989).

Houby mohou napadat živou, nebo neživou organickou hmotu, podle toho je potom dělíme na parazitické (napadají živou organickou hmotu), saprofytické (napadají

neživou organickou hmotu) a paraziticko – saprofytické houby (napadají živou i neživou organickou hmotu) (Reinprecht, 2008).

K rozkladu dřevní hmoty (hnilobě) dochází činností mycelia. Hniloba může být bílá, nebo hnědá (červenohnědá). Bílou hnilobu způsobují ligninovorní houby, které rozkládají celulozní složky i lignin, dřevo se stává měkké a vláknité. Hnědá (červenohnědá) hniloba způsobuje rozklad pouze celulózní složky dřeva, takže se dřevo stává křehkým a lehce se láme (Balabán a Kotlaba, 1970).

Rozklad dřeva v budovách nejčastěji zapříčiňují dva druhy dřevokazných hub – Dřevomorka domácí a Popraška sklepní (Svatoň, 2000).

Dřevomorka domácí - (*Serpula lacrimans*)

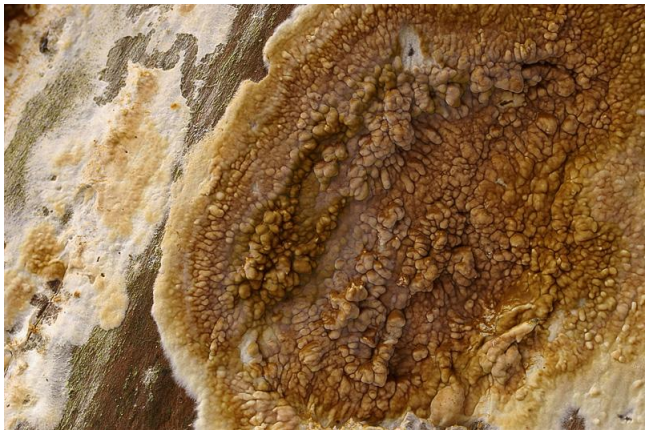
Plodnice většinou zcela rozlité, 5-30 cm veliké. Dospělé plodnice bývají po okrajích v šířce 0,5 – 2 cm bělavé. Plodnice dřevomorky domácí jsou jednoleté a vyrůstají v létě a na podzim. V přírodě se volně nevyskytují, ale napadají dřevo zabudované v budovách a to dřevo listnáčů i jehličnanů. Ke svému vývoji potřebuje málo vlhkosti, takže dokáže napadat i poměrně suché stavby. Podhoubí dřevomorky domácí dokáže pronikat i zdmi a rychle ničí nejen dřevo ale i knihy (Balabán a Kotlaba, 1970).

Dřevomorka domácí se od ostatních dřevokazných hub výrazně liší a to životními podmínkami. Vývoj a aktivitu dokáže zahájit už při nižších vlhkostech dřeva. Minimální kritická hranice vlhkosti je už při 18-20%. Dřevomorka domácí dokáže navazovat vodu na dřevo i z větších vzdáleností pomocí rizomorf, v degradační činnosti tak může pokračovat i po odstranění zdroje vlhkosti (Reinprecht, 2008).

Obr. 10: Dřevomorka domácí (www.biolib.cz)

Popraška sklepní - (*Coniophora putanea*)

Celulozovorní dřevokazná houba, napadá mrtvé dřevo, upřednostňuje jehličnaté dřeviny. Optimální podmínky pro tuto houbu jsou při teplotě 23°C a vlhkosti w = 50 (46-90)%. Velmi odolná proti nízkým teplotám. Popraška sklepní je málo odolná proti nedostatku vody, po dokonalém vysušení dřeva se okamžitě zastaví vývoj podhoubí a houba postupně umírá. Houba je velmi odolná proti fungicidním účinkům anorganických solí, avšak málo odolná proti fungicidním účinkům organických látek (Svatoň, 2000).



Obr. 11: Popraška sklepní (www.mykologie.net)

3.4.1.2 *Dřevozbarvující houby*

Houby které způsobují změnu barvy dřeva, tím ho znehodnocují. Druhy vřeckovýtrusné (*Ascomycota*) nebo nedokonalé (*Deuteromycota*) v první fázi kolonizují parenchymatické buňky dřeňových paprsků, následně způsobují povrchové a vnitřní skvrny. Dřevozbarvující houby obyčejně nenarušují, nebo minimálně narušují polymerní složky buněčných stěn dřeva. Pevnost dřeva tak nebývá ovlivněna, až na rázovou houževnatost v ohybu, při které se dá pozorovat mírný pokles (Reinprecht, 2008).

3.4.1.3 *Plísně*

Plísně vytváří jemné vláknité povlaky, po splnění nutných životních podmínek mohou růst na všech druzích organických i anorganických materiálů (Baier a kol. 1989).

3.4.1.4 *Z říše živočišné*

Červotoč proužkovaný – (*Anobium punctatum*)

Červotoči patří mezi největší škůdce opracovaného dřeva (Baier a kol. 1983).

Je to nejčastěji vyskytující se červotoč u nás i v celé Evropě. Napadá zpracované listnaté a jehličnaté dřevo, ovšem převážně bělovou část, jádro obsahuje třísloviny a

jiné toxické látky. Larvy červotoče jsou citlivé na mráz a jedna generace červotoče proužkovaného je 2 letá, někdy 3 a víceletá (Reinprecht, 2008).

Červotoč proužkovaný (Obr. 12) je 2,5 až 5,0 mm dlouhý a 1,0 až 2,1 mm široký, zbarvený světle hnědě, šedohnědě až tmavohnědě. Oplodněné samičky kladou vajíčka buď jednotlivě, nebo v malých skupinkách. Vajíčka potom umisťují zejména do trhlin a štěrbin, kde je dřevo v trvalém stínu. Vajíčka nejsou pouhým okem viditelná, k substrátu bývají pevně přilepena (Urban, 1997).

Červotoči poškozují dřevo požerky kruhového tvaru s průměrem od 1 až do 4 mm. Požerky od většiny druhů červotočů bývají dokonale vyplněné drtí (Reinprecht, 2008).

Larvy červotoče proužkovaného jsou citlivé na mráz, při – 16 °C v hloubce 1,5 cm pod povrchem uhyne 80 až 100% jedinců (Urban, 1997).

Častý masový výskyt červotoče proužkovaného je v dobře obestavěných, dosti vlhkých, málo větraných a slabě vytápěných objektech (Urban, 1997).

Obr. 12: Červotoč proužkovaný (www.skudci.com)

Tesařík krovový (*Hylotrupes bajulus L.*)

Nejrozšířenějším a nejnebezpečnějším hmyzím škůdcem u nás, který napadá poloopracované a zpracované jehličnaté dřevo. Brouci tesaříka krovového jsou 7 až 25 mm dlouzí, ploší, žlutohnědí, červenohnědí až černí, přičemž samečci jsou podstatně menší než samičky (Urban, 1997).

Tesařík krovový (Obr. 13) nejčastěji napadá 15 až 20 leté objekty, s rostoucím stářím dřeva napadení klesá (Voroncov a Červinková 1986).

Samička klade 80 až 200 vajíček do spár a jiných otvorů ve dřevě, kde následně vylíhlé larvy vyhlodávají chodby pod povrch a dostávají se tak hlouběji. Při vrtání

vydávají charakteristický vrzavý zvuk. Napadené dřevo se následně rozpadá až drtí (Baier a Týn 2001).

Pokud je dřevo ve slabém ohrožení tesaříka, lze na ochranu dřeva použít povrchové aplikační metody (nátěr, postřik), které chrání dřevo po dvou nátěrech do hloubky 2 až 5 mm (Urban, 1997).

Obr. 13: Tesařík krovový (www.skudci.com)

3.4.2 Abiotičtí činitelé

Základní abiotičtí činitelé degradující dřevo jsou například povětrnostní vlivy při kterých dřevo stárne, vysoké teploty za pomoci kterých se dřevo zapálí a hoří, mechanické vlivy které svým působením dřevo opotřebovávají, nebo také přítomnost agresivních chemikálií, které dřevo rozvlákňují a mění jeho barvu (Reinprecht, 2007).

Přírodní vlivy jako voda, sluneční záření a jeho složka UV záření, současným působením v závislosti na ročním období, postupně dřevo degradují. Dochází tak k tomu, že takto napadené dřevo je snadněji napadeno biotickými škůdci, jako jsou například dřevokazné houby, plísně nebo hmyz (Ptáček, 2009).

Fotodegradace dřeva je působení slunečního záření na dřevo, dochází pouze k barevným změnám. Fotodegradace zbarvuje dřevo do tloušťky pouze několika milimetrů (Reinprecht, 2008).

Atmosferická koroze probíhá nepřetržitě s větší a nebo menší intenzitou, v závisloti na okolních podmínkách působících na dřevo (vlhkost, teplota, světlo…) (Reinprecht, 2008).

4 Materiál a metodika

4.1 Identifikace použitého dřeva

Pro dendrochronologické datování vzorku je třeba přesně znát druh dřeva. Určení druhu dřeviny dle makroskopických znaků nebylo možné, proto byla provedena identifikace mikroskopických znaků.

Pro zjištění druhu použitého materiálu byly použity vývrty, které sloužily zároveň jako vzorky při dendrochronologickém datování. Z části vzorku, která nesloužila pro dendrochronologické datování byla dlátem odseknuta jeho část, která byla následně vložena do vody, kde se vzorek dřeva zvlhčil. Následně byly žiletkou zhotoveny základní řezy (příčný, radiální a tangenciální. Jednotlivé řezy byly následně vloženy na podložní sklíčko, zakápnuty vodou a následně přikryty krycím sklíčkem. Na takto zhotovených mikroskopických preparátech byly následně pozorovány diagnostické znaky, podle nichž byl určen druh použitého dřeva.

4.2 Metodika stavebně-technického průzkumu

4.2.1 Základní informace o konstrukci

Prvním krokem bylo získat dostupné informace o stavebně-historickém vývoji roubené stavby, proto byl dotázán majitel této stavby, následně starosta obce Písařov.

4.2.2 Průzkum smyslovými metodami

Prvotní vizuální průzkum sloužil jako základ pro následný průzkum přístrojovými metodami. Při vizuálním průzkumu byla zkoumána přítomnost základních poškození stavby, například poškození základů nebo střechy, spojené se zvýšenou vlhkostí. Dále přítomnost výletových otvorů nebo dřevokazných hub. Při poklepu kladívkem, byl zjištěn základní stav roubení.

4.2.3 Průzkum přístrojovými metodami

Pro získání podrobnějších informací o stavebně technickém stavu budovy byly použity přístrojové metody.

Měření vlhkosti proběhlo pomocí dielektrického vlhkoměru Wagner L612. Vlhkost roubení byla měřena z vnitřní strany budovy, vždy u podlahy, uprostřed a u stropu.

Dále byla měřena vlhkost střešní konstrukce, na 9 vazbách hambalkové soustavy. Vlhkost každé vazby byla změřena celkově v 7 bodech.

Akustická metoda – Ultrasonic Timer

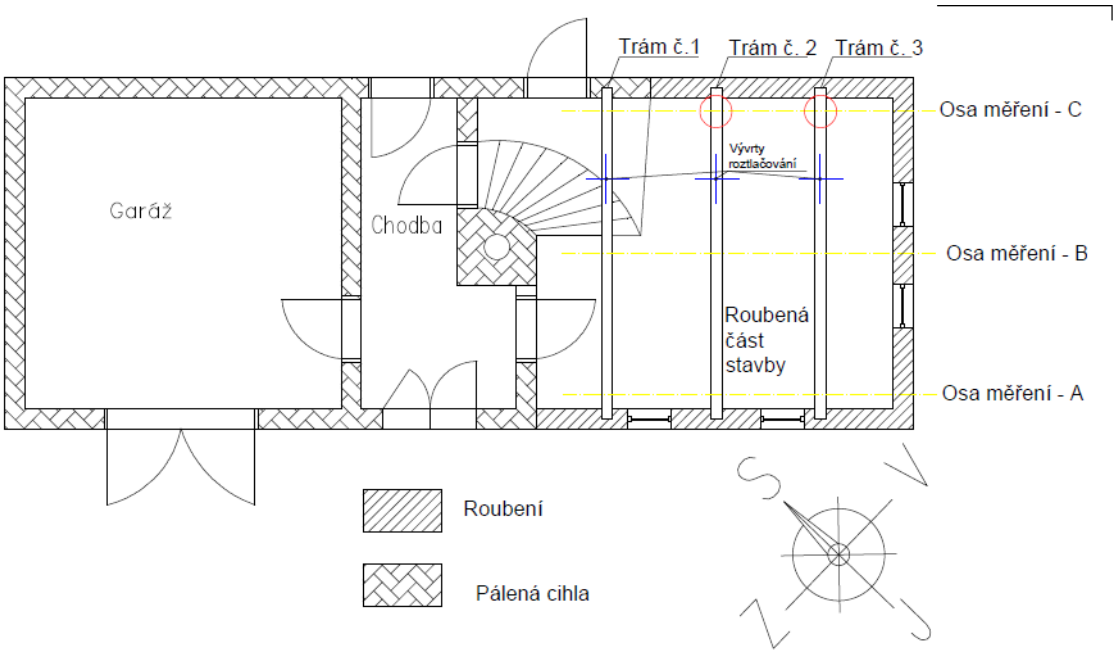
Pro zjištění stavu střešní konstrukce byl použit přístroj Ultrasonic timer. Tento přístroj je založen na šíření ultrazvukových vln, které přístroj automaticky vysílá. Další výhodou byla možnost použití více typů sond. Bylo tak možné provést měření i ve špatně přístupných místech.

Na každé vazbě bylo provedeno celkově 6 měření. Rychlost šíření zvuku byla změřena u každé krokve v místě u pozednice, v úrovni hambalku a u hřebene. Měření probíhalo kolmo na vlákna. V případě potřeby (zjištění poškození dřeva) byly prvky měřeny i na jiných místech. Každá hodnota udávala čas v mikrosekundách, za který prošel vyvolaný zvuk mezi vysílačem a přijímačem. Následně byly hodnoty přepočítány na rychlost šíření zvuku pomocí vzorce:

$$C = \frac{d}{t}$$

Kde: c-rychlost šíření zvuku ($m.s^{-1}$);
d-vzdálenost mezi měřícími sondami (m);
t- čas šíření zvuku mezi sondami (s).

Dále byla přístrojem Ultrasonic timer měřena rychlost šíření zvuku u trámového stropu s deskovým záklopem. U roubené části stavby jsou celkem 3 stropní trámy, na každém byla provedena 3 měření.



Obr. 14: Schematické zakreslení měření v půdoryse

Zařízení pro měření tlaku při roztlačování čelistí ve vývrtu

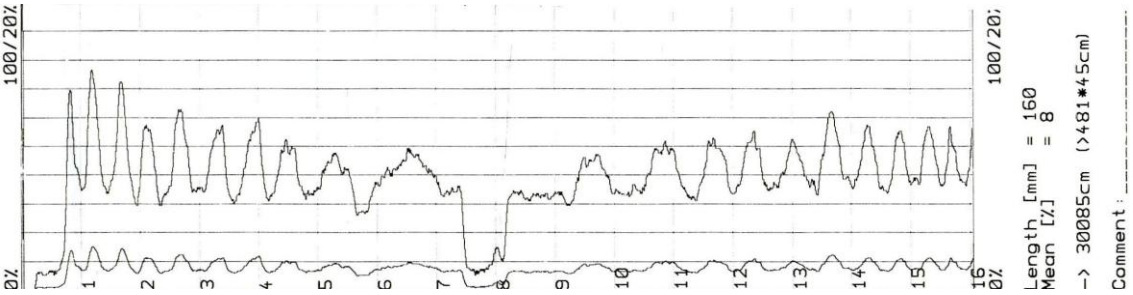
Dále bylo u trámového stropu provedeno měření semidestruktivním přístrojem pracujícím na roztlačování čelistí ve vývrtu. Na každém trámu byl ve střední části prvku vyvrtán jeden otvor o průměru 12 mm, měření probíhalo ve 4 různých hloubkách. Dle nastavení přístroje (Kloiber a Drdácký 2013).

Vyhodnocení proběhlo prostřednictvím hodnoty konvenční pevnosti. Aby bylo možné výsledná data porovnat s literaturou, byly hodnoty konvenční pevnosti přepočítány na pevnost v tlaku podél vláken.

Výsledné hodnoty pevnosti dřeva v tlaku podél vláken byly porovnány s literaturou.

Resistograph 4453-P

Měření pomocí tohoto přístroje proběhlo na jednotlivých trámech roubení vždy uprostřed a u každého konce trámu, ve vzdálenosti 20 cm od rohového spoje roubení. Součástí tohoto přístroje je malá tiskárna, která při měření tiskne profil odporu (Obr.X), na kterém je zaznamenána odporová křivka, která sloužila při hodnocení měřeného prvku.



Obr. 15: Profil odporu z přístroje Resistograph 4453-P

Výše je uveden profil odporu kde osa „x‘‘ zaznamenává konkrétní místo (hloubku měření od povrchu dřeva), osa „y‘‘ zaznamenává tzv. hustotně – odporový profil. Při měření bylo každé části trámu přiřazeno stadium poškození na stupnici od 1 do 4. Například u uvedeného profilu odporu je do 5. cm možné pozorovat poměrně pravidelné střídání hodnoty odporu, což znamená rozdílné hustoty letního a jarního dřeva (této části bychom dle stupnice přiřadili č. 1), mezi 7 a 8 cm můžeme pozorovat značný propad hodnoty odporu, což znamená určitou vadu v měřeném prvku. Této části bychom přiřadili č. 4, jako nejvyšší stadium poškození. S ohledem na poškození a zároveň na zachování co největší historické hodnoty budovy, bylo červenou barvou označeno roubení,

které je navrženo pro výměnu, případně byla navržena výměna pouze určité části roubení (Tab. 3, 4, 5). Křížky v uvedených tabulkách znamenají, že v daném místě nebylo provedeno měření, byl proveden průzkum pouze smyslovými metodami na základě kterých bylo možno konstatovat, že daná část není ve vyšším stádiu hniloby.

Obr. 16: Odporové vrtání přístrojem Resistograph 4453-P

4.3 Dendrochronologické datování

4.3.1 Odběr vzorků

Pomocí Presslerova přírůstového nebozezu bylo odebráno dohromady 10 vzorků z krovové konstrukce a z roubení (Obr. 17). Aby bylo dosaženo co nejpřesnějšího datování, byly vzorky odebrány z dřevěných prvků, které měly velký průřez a kde se ideálně vyskytoval podkorní letokruh. Vývrty se prováděly kolmo na letokruhy. Každému odebranému vzorku bylo přiřazeno číslo, pod kterým byl vzorek popsán v tabulce (Obr. 18). Následně byly vzorky uloženy k přepravě.

Obr. 17: Odběr vzorků pro datování

číslo*	způsob oprac.	značka	tloušťka cm	délka cm	WK*	konstrukce*	popis prvku*
1					N	Vazba č. 2	Vazný trám
2					N	Vazba č. 3	Hambalek
3					A	Vazba č. 4	Vazný trám
4					N	Vazba č. 4	Vazný trám
5					N	Vazba č. 6	Levá krokev (Jihozápad)
6					N	Vazba č. 7	Pravá krokev (Severovýchod
7					A	Roubení	Jihozápadní roubení; Trám č. 4
8					?	Roubení	Jihozápadní roubení, Trám č. 6
9					N	Roubení	Severovýchodní roubení, Trám č. 4
10					A	Roubení	Severovýchodní roubení; Trám č. 6

Obr. 18: Formulář s popisem odebraných vzorků

4.3.2 Příprava a měření vzorků

Odebrané vývrty bylo nutné nejdříve vlepit do dřevěných lišt (Obr. 19), aby se vzorky upevnily, po zaschnutí lepidla byly vzorky obroušeny pomocí kotoučové brusky, aby bylo dosaženo lepší zřetelnosti hranic letokruhů.

Měření proběhlo na měřícím stole, kde byl vzorek měřen od středu směrem k obvodu, vždy kolmo na následující letokruh. Při měření se jednotlivé šířky automaticky zapisovaly do počítače.

Obr. 19: Nalepené vývrty v dřevěných lištách

4.3.3 Datování vzorků

Po změření šířky jednotlivých letokruhů na vzorku se šířky v datovacím programu zobrazí ve formě křivky. Jednotlivé vzorky byly následně porovnány se standardní chronologií jedle. Metodika statistického vyhodnocení proběhla dle Koláře (2007).

5 Výsledky

5.1 Obec Písařov

Písařov je menší obec se sedmi sty obyvatel, která se nachází při státní silnici I/11 mezi Šumperkem a Červenou Vodou a je tvořena za dvou částí – vlastní Písařov a osada Bukovice. Nadmořská výška se pohybuje od 500 m.n.m. do 700 m.n.m..

Obr. 20: Obec Písařov

Obec Písařov patří mezi nejstarší na Štítecku, první zmínka je z roku 1278. Původní latinský název je villa Scriptoris – ves písařova, odtud lze odvodit že ves byla založena nějakým písařem. Již v roce 1350 byla v obci fara i kostel. Ves patřila původně k panství šilperskému, později zábřežskému a rudskému. Nový znak obce tvoří stříbrno-červeně dělený štít (Obr. 21). Nahoře je ve stříbrném poli modrá radlice, která v minulosti symbolizovala pracovitost a píli osadníků při vytváření nových polností z lesní půdy. V dolním červeném poli je husí brk s kalamářem, což symbolizuje původního zakladatele – písaře a rovněž název obce (Obecní vývěska obce Písařov).

Obr. 21: Znak obce Písařov (www.pisarov.cz)

5.2 Popis a historie stavby

Na obecním úřadu v obci Písařov nebyly bohužel dochovány žádné písemné doklady o této stavbě, veškeré informace o historii stavby byly zjištěny od majitele.

Tato stavba nacházející se v obci Písařov byla podle nynějšího majitele postavena jeho pra-pra- dědem. V horní části dveří, které jsou ve zděné části stavby, je uveden letopočet, který už ale bohužel není docela čitelný, ale naznačuje letopočet 1866 nebo 1876. Budova byla obývaná pravděpodobně do roku 1930, kdy sloužila jako budova pro výměnek (budova, která po předání hospodářství mladší generaci, sloužila starší generaci jako budova pro dožití). Po roce 1930 je budova podle dokumentace majitele vedena jako hospodářství. V přízemi se donedávna nacházela funkční chlebová pec.

Jedná se z části o zděnou a z části roubenou stavbu. Roubená konstrukce je zhotovena z 11 vrstev hraněných trámů kladených vodorovně na sebe, rohové spojení je rybinové. Vnitřní strana roubení je omítnuta. Strop trámový s deskovým záklopem.

Střecha sedlová, štíty se svislým deskovým záklopem a větracími otvory. Střešní konstrukce se skládá z 9 vazeb klasické hambalkové soustavy. Vzdálenost jednotlivých vazeb je 140 cm. Krokve s příčnými rozměry 140 x 140 mm, v některých místech se příčné rozměry krokví liší až o 10 mm. Hambalek je připevněn ke krokvím rybinovým plátem Obr. 23). Střešní latě o průřezu 7 x 6 cm, na kterých je střešní krytina složená ze dvou vrstev. Na původní šindele byla pravděpodobně dodatečně položena cementová střešní krytina s obsahem azbestových vláken (Eternit).

Obr. 22: Spojení krokve a hambalku rybinovým plátem

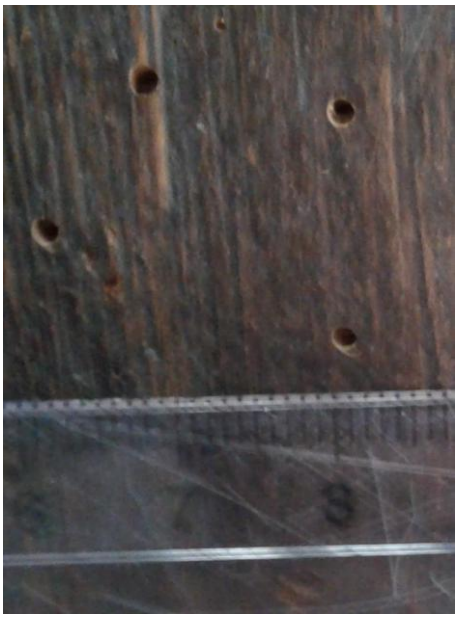
Obr. 23: Jihovýchodní strana roubenky

5.3 Výsledky průzkumu smyslovými metodami

Při prvotním vizuálním průzkumu konstrukce střechy bylo zjištěno napadení štítových vazeb tesaříkem krovovým (Obr. 25). Při dalším vizuálním průzkumu, který probíhal asi po 9 měsících, nebyla aktivita tesaříka potvrzena.

Obr. 24: Napadení štítové vazby tesaříkem krovovým.

Při vizuálním průzkumu trámového stropu s deskovým záklopem, byly zjištěny v deskovém záklopu malé požerky kruhového tvaru, které budou pravděpodobně způsobeny napadením červotoče.



Obr. 25: Napadení deskového záklopu červotočem

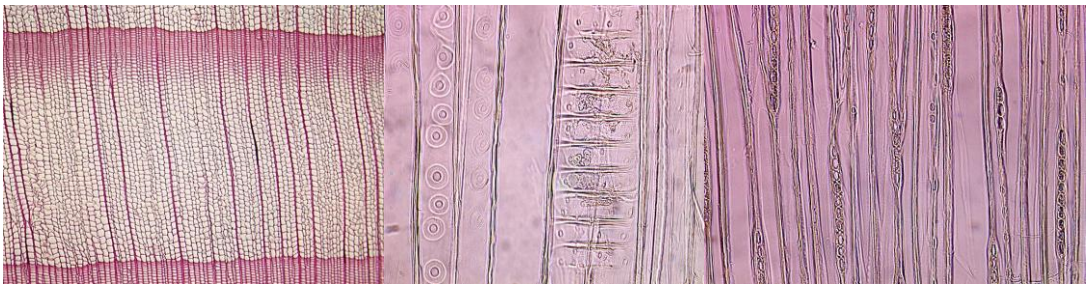
Při pozdějším vizuálním průzkumu, byly pozorovány pod deskovým záklopem pavučiny, ve kterých byly napadané drtinky dřeva, je proto pravděpodobné, že je toto napadení stále aktivní.

Při vizuálním průzkumu roubení, bylo pozorováno vysoké stadium hniloby, a oválné výletové otvory, zejména v nižší úrovni roubení (Obr. 27).

Obr. 26: Oválný výletový otvor v roubení

5.4 Identifikace druhu použitého dřeva

Při porovnávání mikroskopických znaků u odebraných vzorků, bylo zjištěno, že pro stavbu roubenky bylo použito dřevo jedle. Typickým mikroskopickým znakem pro jedli jsou chybějící pryskyřičné kanálky Obr. 28).



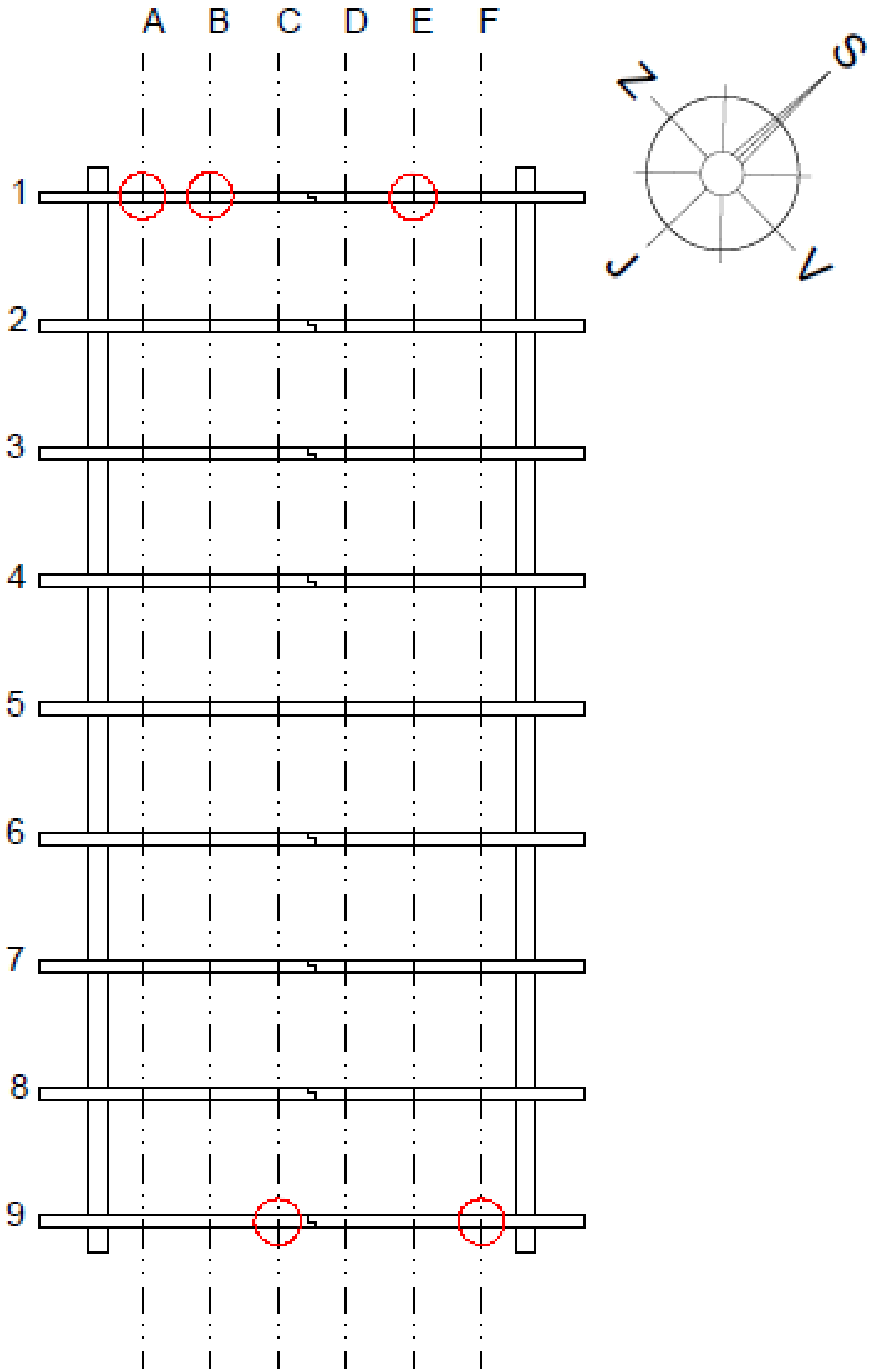
Obr. 27: Jedle mikroskopicky (wood.mendelu.cz)

5.5 Výsledky měření rychlosti šíření zvuku

Přístrojem Ultraconic timer byla měřena rychlost šíření zvuku na vazbách krovu. Naměřené hodnoty byly porovnány s průměrnou rychlostí šíření zvuku pro dřevo jedle,, která je uvedena v literárním přehledu. (1033 $m.s^{-1}$).

Tab. 1: Výsledné rychlosti šíření zvuku v jednotlivých vazbách

Vazba č.	Strana krovu (Jihozápadní/ Severovýchodní	Osa měření	rychlost zvuku(m/s)	Vazba č.	Strana krovu (Jihozápadní/ Severovýchodní	Osa měření	rychlost zvuku(m/s)
1	JZ	A	941,18	6	JZ	A	1 272,73
		B	888,89			B	1 186,44
		C	1 454,55			C	1 794,87
	SV	D	1 602,56		SV	D	1 785,71
		E	1 008,53			E	1 898,73
		F	1 420,45			F	1 875,00
2	JZ	A	1 781,61	7	JZ	A	1 891,89
		B	2 094,59			B	1 555,56
		C	1 674,45			C	1 818,18
	SV	D	1 700,00		SV	D	1 547,62
		E	1 352,84			E	1 238,10
		F	1 574,07			F	1 969,70
3	JZ	A	1 842,11	8	JZ	A	1 917,81
		B	1 647,06			B	1 686,75
		C	1 523,15			C	1 458,33
	SV	D	1 494,85		SV	D	1 421,57
		E	1 726,19			E	1 611,11
		F	1 695,23			F	1 835,44
4	JZ	A	1 730,77	9	JZ	A	1 569,77
		B	1 875,00			B	1 500,00
		C	1 745,38			C	888,16
	SV	D	1 898,73		SV	D	1 421,05
		E	1 807,23			E	1 626,51
		F	1 259,35			F	1 000,00
5	JZ	A	1 948,05				
		B	1 807,23				
		C	1 684,36				
	SV	D	1 923,08				
		E	1 530,61				
		F	1 704,55				

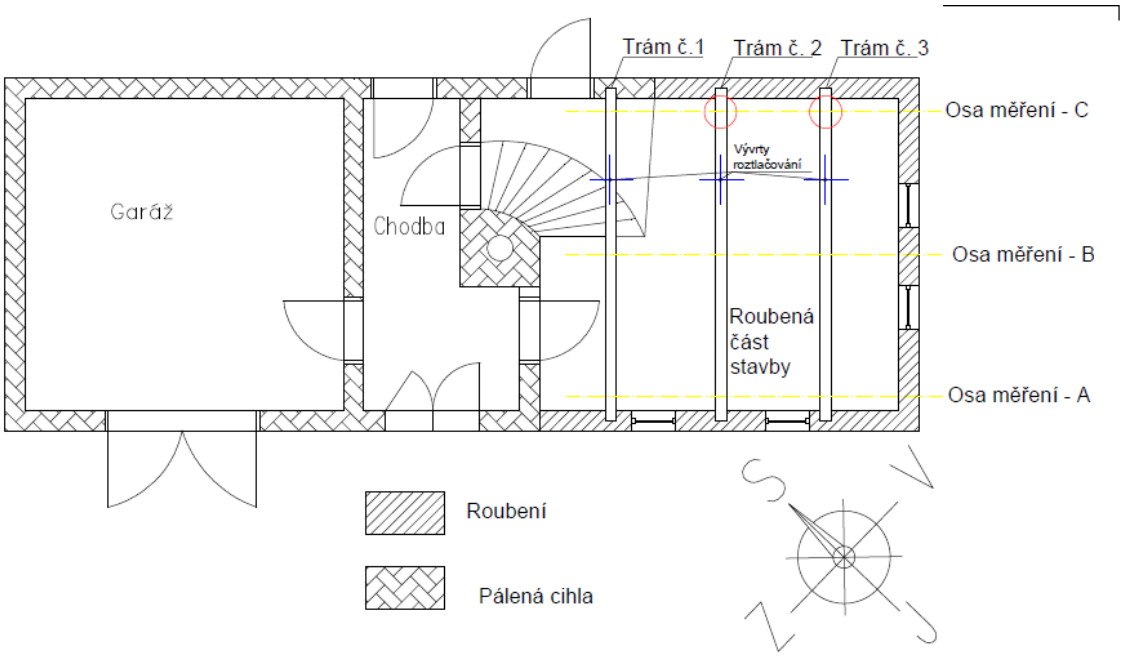


Obr. 28: Schematické naznačení os měření

Dále byla měřena rychlost šíření zvuku u trámového stropu s deskovým záklopem (Tab. 2). Měření proběhlo na třech trámech, ve třech osách měření a to u koncových částí a uprostřed (Obr. 30).

Tab. 2: Výsledné rychlosti šíření zvuku v jednotlivých trámech stropní konstrukce

Osa měření	Číslo trámu	Rychlost šíření zvuku (m/s)
A	1	1068,97
	2	1521,74
	3	1091,55
B	1	1206,90
	2	1325,76
	3	1458,33
C	1	1136,36
	2	993,59
	3	945,95



Obr. 29: Schematické zakreslení měření v půdoryse

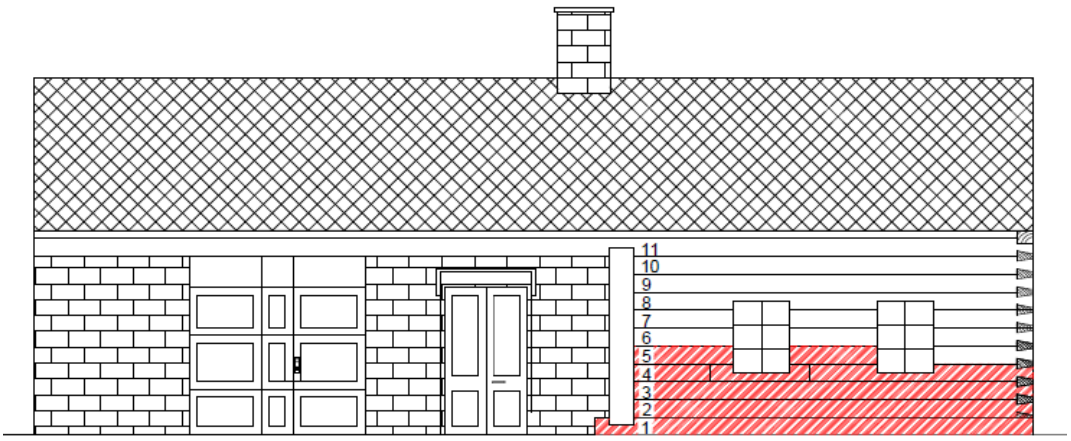
5.6 Výsledky měření z přístroje Resistograph 4453-P

Z přístroje Resistograph 4453-P bylo možné více poznat vnitřní stav roubení. Červeně označené části roubení jsou určeny k výměně.Po vyhodnocení odporové křivky, která byla výstupem z Resistographu, bylo každému vývrtu přiřazeno číslo na stupnici od 1 do 4. Číslo 1 znamená, že je zkoumaná část prvku v pořádku a není porušena hni-

lobou. Označení číslem 4 znamená nejvyšší stupeň poškození hnilobou. S ohledem na poškození a zároveň na zachování co největší historické hodnoty budovy, bylo červenou barvou označeno roubení, které je navrženo pro výměnu, případně byla navržena výměna pouze určité části roubení (Tab. 3; 4; 5). Křížky v níže uvedených tabulkách znamenají, že v daném místě nebylo provedeno měření, byl proveden průzkum pouze smyslovými metodami na základě kterých bylo možno konstatovat, že daná část není ve vyšším stádiu hniloby. Roubení bylo schematicky zakresleno (Obr. 31; 32; 33)

Tab. 3: Přiřazené stupně poškození roubení (Jihozápadní strana)

Roubení - Jihozápad												
Číslo roubení		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Měřená strana roubení	Levá	2-3	3	3-4	3-4	2-3	2-3	2	x	x	x	x
	Střed	3	3	3	x	3	2	2	x	x	x	x
	Pravá	2	2	2	x	x	x	x	x	x	x	x



Obr. 30: Schematické zakreslení poškození roubení (Jihozápadní pohled)

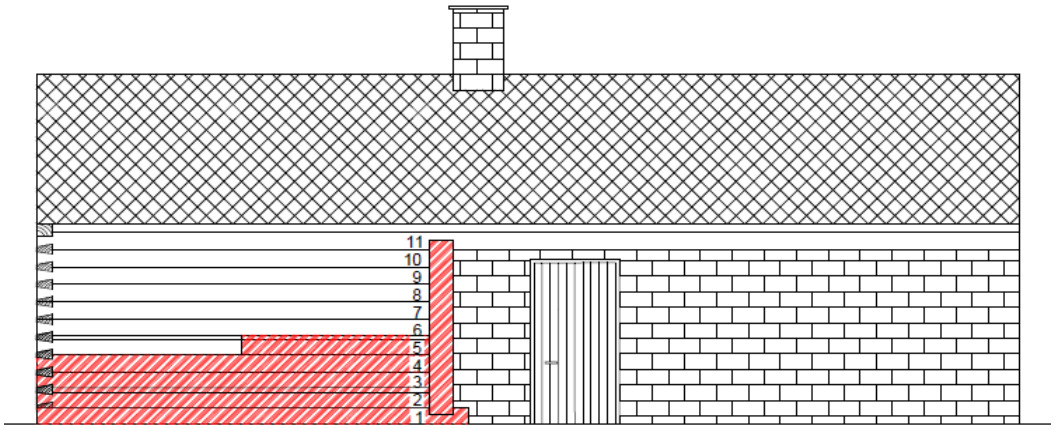
Tab. 4: Přiřazené stupně poškození roubení (Jihovýchodní strana)

Roubení Jihovýchod												
Číslo roubení		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Měřená strana roubení	Levá	2-3	2-3	2-3	1-2	1-2	x	x	x	x	x	2
	Střed	4	4	2-3	2-3	x	x	x	x	x	x	x
	Pravá	4	4	4	4	3	2	2	x	x	x	2

Obr. 31: Schematické zakreslení poškození roubení (Jihovýchodní pohled)

Tab. 5: Přiřazené stupně poškození roubení (Severovýchodní strana)

Roubení - Severovýchod												
číslo roubení		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Měřená strana roubení	Levá	4	3	3	2-3	2	x	x	x	x	x	x
	Střed	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Pravá	4	3	3	3	3	2	x	x	x	x	x



Obr. 32: Schematické zakreslení poškození roubení (Severovýchodní pohled)

5.7 Výsledky měření vlhkosti

Měření vlhkosti bylo provedeno na 9 vazbách hambalkové soustavy. Vlhkost každé vazby byla měřena celkově v 8 bodech (Tab. 6).

Tab. 6: Naměřené hodnoty vlhkostí

	vlhkost jihozápaní strany krovu (%)				vlhkost severovýchodní strany krovu (%)			
Číslo vazby	U pozednice	Střed	U hřebene	Hambalek střed	U pozednice	Střed	U hřebene	Hambalek střed
1	15,5	14	13,5	14,5	23,5	13,5	13	15
2	13,5	14,5	13	12,5	14,5	12	12,5	13
3	13	12,5	12,5	13	13,5	13	12	12
4	13,5	13,5	12	12	13	12	12,5	13,5
5	12	12,5	13	12,5	13	13,5	12,5	14
6	13,5	13	13	13,5	13,5	12,5	13	12
7	13	13,5	13	12,5	13	13	13	13
8	12	13	12,5	13	13	13	12,5	12,5
9	15,5	15,5	16	14	15	14	13,5	16

Měření vlhkosti roubení proběhlo z vnitřní strany budovy, ve třech výškových úrovních. (Tab. 7; 8; 9). Číslo roubení znamená pořadové číslo od nejnižšího roubení. Vlhkost uvedeného roubení byla následně proměřena u koncových částí roubení a uprostřed.

Tab. 7: Naměřené vlhkosti roubení (Jihozápadní strana)

Měření vlhkosti	Číslo roubení	1	5	11
Měřená strana roubení	Levá	17	14	x
	Střed	13	9,5	x
	Pravá	13,5	x	x

Tab. 8: Naměřené vlhkosti roubení (Jihovýchodní strana)

Měření vlhkosti	Číslo roubení	1	5	11
Měřená strana roubení	Levá	17,5	12,5	x
	Střed	15,5	13,5	10,5
	Pravá	26	12	x

Tab. 9: Naměřené vlhkosti roubení (Severovýchodní strana)

Měření vlhkosti	Číslo roubení	1	5	11
Měřená strana roubení	Levá	23	14	x
	Střed	x	x	x
	Pravá	18,5	12	x

Dále byla změřena vlhkost stropních trámů, která se pohybovala mezi 12-14%. Budova je omítnuta z vnitřní strany a v některých částech omítka postupně odpadá. Byla proto změřena vlhkost i pod čerstvě odpadnutou omítkou, kde byla hodnota vlhkosti až 27%.

5.8 Výsledky měření při roztlačování čelistí ve vývrtu

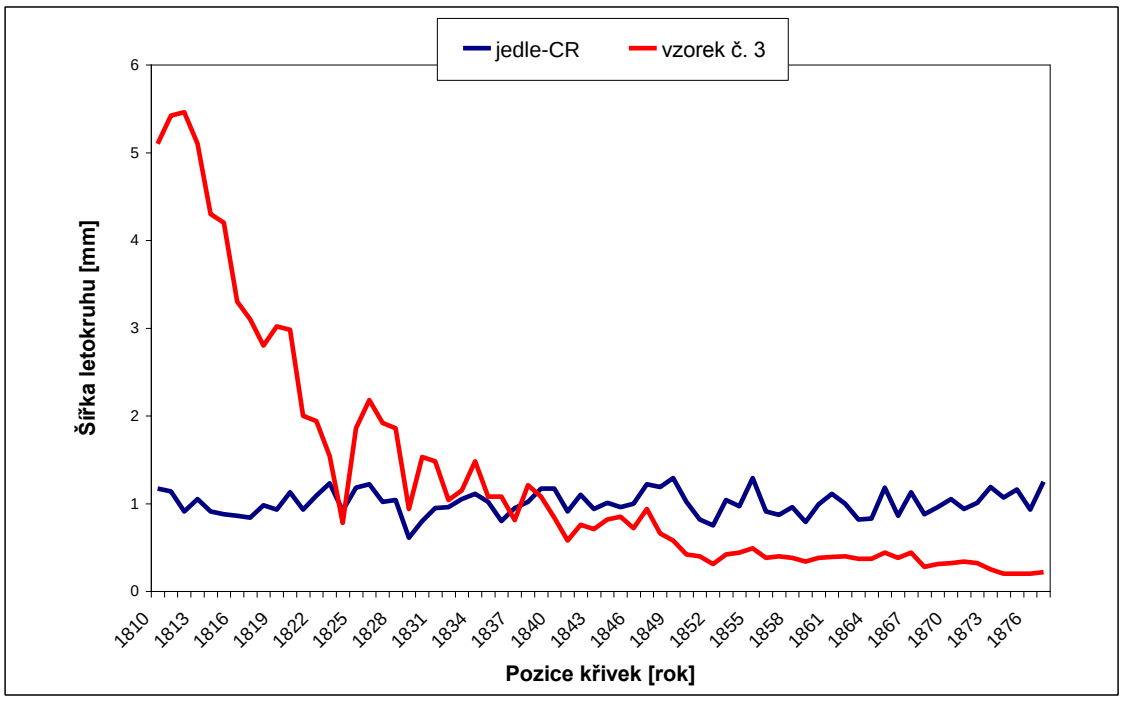
Tab. 10: Výsledná tabulka měření pomocí roztlačování čelistí ve vývrtu

Trám / vrstva	Číslo měřeného vývrtu	Hloubka vývrtu (mm)	Konvenční pevnost (N/mm^2)	Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny (N/mm^2)
Jihovýchod / 1	1	5-25	55,20	31,35
Jihovýchod / 2		35-55	48,67	26,97
Jihovýchod / 3		65-85	44,19	23,96
Jihovýchod / 4		95-115	50,49	28,19
Prostřední / 1	2	5-25	64,86	37,83
Prostřední / 2		35-55	46,06	25,22
Prostřední / 3		65-85	43,91	23,77
Prostřední / 4		95-115	43,26	23,34
Severozápad / 1	3	5-25	55,18	31,34
Severozápad / 2		35-55	52,47	29,52
Severozápad / 3		65-85	45,16	24,61
Severozápad / 4		95-115	47,87	26,43

5.9 Výsledky dendrochronologického datování

Tab. 11: Výsledky korelace vzorku č. 3 se standardní chronologií

Standardní chronologie	t-test1	t-test2	souběžnost křivek (%)	překrytí vzorku se standardem (roky)	datování
jedle- ČR 2005	6,14	6,51	68,50	108	1883



Obr. 33: Synchronizace letokruhové křivky vzorku č. 3 s českým jedlovým standardem JEDLE-ČR

Synchronizací letokruhové křivky ze vzorku č. 3, se standardní chronologií pro jedli vyšly hodnoty t-testů 6,14 a 6,51 při souběžnosti 68,50 % . Překrytí vzorku se standardem u 108 roků (Tab. 11 a Obr. 34).

Datování bylo možné u 4 vzorků, pouze u jednoho vzorku byl zachován podkorní letokruh. U vzorků č. 1, 2, 5, byl tedy pouze zjištěn rok, po kterém byl strom použitý na stavbu objektu pokácen.

Tab. 12: Přehled datovaných vzorků

Číslo vzorku	místo odběru v konstrukci	Podkorní letokruh	Výsledek
1	vazba č. 2	ne	po roce 1843
2	vazba č. 3	ne	po roce 1863
3	vazba č. 4	ano	1883
5	vazba č. 6	ne	po roce 1842

6 Diskuse

Prvotním cílem této bakalářské práce je stavebně technický průzkum a návrh sanace roubené stavby v obci Písařov. Přístrojovými a smyslovými metodami byl zjištěn technický stav roubení a střešní konstrukce.

Vzhledem tomu, že průzkum pomocí přístroje Resistograph 4453-P patří do skupiny semidestruktivních metod (při jejich použití dochází k částečnému poškození materiálu), byl tento průzkum proveden pouze u roubení, kde nebylo možné posoudit stav pomocí nedestruktivních metod. Míra poškození byla schematicky zakreslena. Nejvíce poškozené roubení je ve spodní části stavby.

Tyto spodní části roubení vykazovaly známky napadení tesaříkem, dále vykazovaly pokročilé stádium hniloby. To bylo pravděpodobně zapříčiněno několika faktory.

Jak již bylo řečeno v úvodu, ke znehodnocení objektu dochází často vlivem zvýšené vlhkosti. I u této roubené stavby bude zvýšená vlhkost nejdůležitějším faktorem degradace.

Roubení v horní části, je chráněno přesahem střešní konstrukce, například proti dešťové vodě nebo slunečnímu záření. Roubení ve spodní části nebylo proti těmto vlivům dostatečně chráněno, vlivem prvotní zvýšené vlhkosti následovala hniloba roubení.

Výsledky měření přístrojem Ultrasonic timer poukázaly na poškození střešní konstrukce. Po zpracování naměřených dat, můžeme říci že střešní konstrukce je z většinové části v pořádku, byla ale navržena kompletní výměna obou koncových vazeb.

Tento výsledek je ale poměrně logický, protože zadeskování štítu střechy je poškozené, a tak stejně jako u roubení, je tato destrukce primárně zapříčiněna degradací přírodními vlivy.

V průběhu dlouhé historie této stavby, tak dešťová voda protékala přes zadeskování obou štítů, tím zvyšovala vlhkost koncových vazeb, což mohlo mít za následek napadení tesaříkem krovovým.

Aktivita tesaříka sice na těchto koncových vazbách nebyla prokázána, ale hodnota rychlosti šíření zvuku u těchto prvků byla nižší než průměrná rychlost šíření zvuku pro dřevo jedle, což je ukazatelem nedostatečné pevnosti těchto konstrukčních částí.

Dále byl přístroj Ultrasonic timer použit pro zjištění stavu trámového stropu s deskovým záklopem. Výsledky rychlostí šíření zvuku byly rovněž porovnány s průměrnou rychlostí pro dřevo jedle. Bylo zjištěno, že u trámu číslo 2 a 3 v ose měření C, byly hodnoty rychlosti šíření zvuku nižší než průměrné. Při vizuálním průzku-

mu, bylo pozorováno napadení červotočem, po následném průzkumu pomocí přístroje Ultrasonic timer můžeme konstatovat, že toto napadení není pouze povrchové a došlo k hloubkovému napadení. Tyto trámy by proto měly být vyměněny.

Přístrojem pro měření při roztlačování čelistí ve vývrtu, byla zjištěna konvenční pevnost dřeva, která byla následně přepočítána na pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny. Při porovnání s průměrnou pevností pro dřevo jedle (39,2 MPa), jsou všechny výsledné hodnoty pod tímto průměrem.

Měření tímto přístrojem probíhalo poblíž osy měření C (Obr. 30), kde byla měřena rychlost šíření zvuku u trámu číslo 2 a 3 také podprůměrná. Tento výsledek proto potvrzuje hloubkové napadení nejen trámu číslo 2 a 3, ale také trámu číslo 1.

7 Závěr

Bakalářská práce se zabývá zejména posouzením roubené konstrukce roubené stavby v obci Písařov na Šumpersku. V první fázi byl proveden průzkum smyslovými metodami, díky kterému bylo odhaleno napadení štítových vazeb tesaříkem krovovým, dále bylo zjištěno napadení červotočem stropních trámů a vyšší stádium hniloby ve spodní úrovni roubení. Dále byl proveden průzkum přístrojovými metodami, díky kterému byl upřesněn rozsah poškození. Výměna poškozených částí byla zakreslena ve schematickém nákrese.

Dalším cílem této bakalářské práce bylo dendrochronologicky datovat stavbu a výsledek porovnat s předpokládaným rokem výstavby, který majitel stanovil na rok 1866, nebo 1876. Dendrochronologický výzkum však ukázal, že tento odhad je nesprávný. Dendrochronologické datování prokázalo že roubenka byla postavena roku 1883.

RESUMÉ

The bachelor thesis especially examines condition of the timbered cottage in the village Písařov in Šumperk region. In the first phase, sensory methods were used to identified biological damage - gable was attacked by Wood Boring Beetle (*Hylotrupes Bajulus)*, ceiling beams were attacked by Woodworm (*Anonium)* and higher state of the rot in the lower part of the timbering. In the second phase the extention of these dameges was researched by devices methods. Ultrasound device Ultrasonic timer was aset to measure sonic speed in roof construction and beam ceiling. Recorded values were compared with the average values of speed of sound in wood noticed in technical literature. Sonic speed in pine wood upright the fibre is 1033 metres per second. Elements which had lower mesuared values were highlited in schematic drawing and their replacement was suggested. The condition of timbering was measured by device Resistograph 4453-P. Each profile of resistence was evaluated and replacement of damaged parts of timbering was suggested.

The aim of bachelor thesis was also dendrochronological dating of building and comparison to supposed year of build which was dated 1866 or 1876 by owner of the cottage.

Dendrochronological research turned out that this assumption is incorrect. Dendrochronological dating determined that cottage was built in 1883.

8 Literatura

BAIER, J., PEKLÍK V., TÝN Z., 1989. *Ochrana dřeva v bytech, chatách a chalupách*. 2. přeprac. a dopl. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 79 s. Polytechnická knižnice (SNTL).

BAIER, J., TÝN, Z., 2001. *Ochrana dřeva*. 4. přeprac. a dopl. vyd., Praha, Grada, 93 s., [4] s. obr. příl. Profi

BALABÁN, K., KOTLABA, F., 1970. *Atlas dřevokazných hub*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 133 s. Lesnická knihovna (Státní zemědělské nakladatelství).

BUCUR, V., 1995. *Acoustics of wood*. Boca Raton: CRC Press, 284 s. ISBN 0849348013.

ČERVINKOVÁ, H., VORONCOV, A., 1986. *Škůdci dřeva*. Praha : SZN, 162 s.

DRÁPELA, K., ZACH, J., 2000. *Dendrometrie: (dendrochronologie)*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 149 s. ISBN 8071571784.

FROLEC, V., VAŘEKA, J., 1983. *Lidová architektura: encyklopedie*. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 359 s.

HÁJEK, V., 1997. *Stavíme ze dřeva*. Vyd. 1. Praha: Sobotáles, 153 s. ISBN 8085920441.

HRIVNÁK, J. et al., 2013 *Skúmanie kvality a poškodenia ihličnatého dreva akustickými a mechanicko-odporovými metódami: Searching of quality and damage of structural coniferous wood with acoustic and mechanical-resistance methods*. 1. vyd. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, 78 s. ISBN 978-80-228-2552-8.

HORÁČEK, P., 2008. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I*. 2., přeprac. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 124 s. ISBN 9788073751692.

JELÍNEK, L., ČERVENÝ, P., 2012. *Tesařské konstrukce*. 3. vyd. Praha, Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 294 s. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 9788087438343.

KLOIBER, M., DRDÁCKÝ. M., 2013. *Nový přístroj pro stanovení mechanických vlastností dřeva.*

KOLLMANN, F., CÔTÉ W., 1968. *Principles of wood science and technology*. Berlin: Springer-Verlag, ISBN 9783642879302.

KŘUPALOVÁ, Z., 2000. *Technologie pro 1. ročník SOU oborů zpracování dřeva*. Vyd. 1. Praha, Sobotáles, 162 s. ISBN 8085920743.

KOLÁŘ. M., 2007. *Dendrochronologické datování a stavebně technický průzkum mlýna ve Slupi,* Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, *76 s.*

PELLERIN, R., ROSS, R., 2002. *Nondestructive evaluation of wood*. Madison, WI: Forest Products Society, 210 s. ISBN 18-925-2926-2.

POŽGAJ, A., CHOVANEC, D., KURJATKO, S., BABIAK, M., 1997. *Štruktúra a vlastnosti dreva*, Príroda Bratislava, ISBN 80-07-00960-4

PTÁČEK, P., 2009. *Ochrana dřeva*. 1. vyd. Praha: Grada, 95 s. Profi

SVATOŇ, J., 2000. *Ochrana dřeva*. Vyd. 1. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2000, 203 s. ISBN 807157435.

ŠKABRADA, J., 1999. *Lidové stavby: architektura českého venkova*. Vyd. 1. Praha: Argo, 246 s. ISBN 8072030825.

PTÁČEK, P., 2009. *Ochrana dřeva*. 1. vyd. Praha, Grada, 95 s. Profi

REINPRECHT, L., 2008. *Ochrana dreva: vysokoškolská učebnica*. 1. vyd. Vo Zvolene, Technická univerzita, 453 s. ISBN 9788022818636.

URBAN, J., 1997. *Ochrana dřeva I: hlavní hmyzí dřevokazní škůdci*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 131 s. ISBN 8071572543.

VINAŘ, J., 2005. *Historické krovy*. 1. vyd. Praha: Grada, 301 s. Stavitel. ISBN 8024711117.

ZACH, J., DRÁPELA, K., SIMON, J., 1994. *Dendrometrie: Cvičení : Určeno pro posl. lesnické fak.* 1. vyd. Brno: Vysoká škola zemědělská, 166 s. ISBN 8071571210.

Internetové zdroje;

KLOIBER, M., KOTLÍNOVÁ, M., Nedestruktivní defektoskopické přístroje používané při provádění stavebně technických průzkumů historických dřevěných konstrukcí . citováno 15. března 2015. Dostupné na World Wide Web: < http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/6295-nedestruktivni-defektoskopicke-pristroje-pouzivane-pri-provadeni-stavebne-technickych-pruzkumu-historickych-drevenych-konstrukci>

Dostupné z: http://www.dendrochronologie.cz/standard [cit. 2015-02-18]

http://www.skudci.com/ [cit. 2015-02-10]

http://www.biolib.cz/ [cit. 2015-02-15]

http://mykologie.net/ [cit. 2015-03-14]

http://www.pisarov.cz/ [cit. 2015-04-06]

9 Seznam obrázků a tabulek

Tabulky

Tab. 1: Výsledné rychlosti šíření zvuku v jednotlivých vazbách 31
Tab. 2: Výsledné rychlosti šíření zvuku v jednotlivých trámech stropní konstrukce 33
Tab. 3: Přiřazené stupně poškození roubení (Jihozápadní strana) 34
Tab. 4: Přiřazené stupně poškození roubení (Jihovýchodní strana).....34
Tab. 5: Přiřazené stupně poškození roubení (Severovýchodní strana) 35
Tab. 6: Naměřené hodnoty vlhkostí 36
Tab. 7: Naměřené vlhkosti roubení (Jihozápadní strana) 36
Tab. 8: Naměřené vlhkosti roubení (Jihovýchodní strana).....36
Tab. 9: Naměřené vlhkosti roubení (Severovýchodní strana) 36
Tab. 10: Výsledná tabulka měření pomocí roztlačování čelistí ve vývrtu 37
Tab. 11: Výsledky korelace vzorku č. 3 se standardní chronologií 37
Tab. 12: Přehled datovaných vzorků.....38

Obrázky

Obr. 1: Ukázka šíření zvuku ve dřevě s vadou a ve dřevě zdravém. 6
Obr. 2: Ultrasonic timer.....7
Obr. 3: Resistograph 4453-P.....8
Obr. 4: Přístroj pro roztlačování čelistí ve vývrtu (Kloiber a Drdácký, 2013) 9
Obr. 5: Klasické schéma vzniku standardní chronologie (www.dendrochronologie.cz) 10
Obr. 6: Popis prvků krovu (Jelínek a Červený 2009).....11
Obr. 7: Hambalkový krov s vazným trámem (Jelínek a Červený 2009) 12
Obr. 8: Vazba rohu úplným přeplátováním rybinovým (Hájek, 1997) 13
Obr. 9: Strop s viditelným překládaným fošnovým záklopem (Hájek, 1997).....14
Obr. 10: Dřevomorka domácí (www.biolib.cz) 16
Obr. 11: Popraška sklepní (www.mykologie.net).....17
Obr. 12: Červotoč proužkovaný (www.skudci.com) 18
Obr. 13: Tesařík krovový (www.skudci.com) 19
Obr. 14: Schematické zakreslení měření v půdoryse 21
Obr. 15: Profil odporu z přístroje Resistograph 4453-P.....22
Obr. 16: Odporové vrtání přístrojem Resistograph 4453-P.....23
Obr. 17: Odběr vzorků pro datování 24
Obr. 18: Formulář s popisem odebraných vzorků.....24

Obr. 19: Nalepené vývrty v dřevěných lištách.....25
Obr. 20: Obec Písařov 26
Obr. 21: Znak obce Písařov (www.pisarov.cz).....26
Obr. 22: Spojení krokve a hambalku rybinovým plátem 27
Obr. 23: Jihovýchodní strana roubenky.....28
Obr. 24: Napadení štítové vazby tesaříkem krovovým. 28
Obr. 25: Napadení deskového záklopu červotočem.....29
Obr. 26: Oválný výletový otvor v roubení.....29
Obr. 27: Jedle mikroskopicky (wood.mendelu.cz) 30
Obr. 28: Schematické naznačení os měření.....32
Obr. 29: Schematické zakreslení měření v půdoryse 33
Obr. 30: Schematické zakreslení poškození roubení (Jihozápadní pohled) 34
Obr. 31: Schematické zakreslení poškození roubení (Jihovýchodní pohled).....35
Obr. 32: Schematické zakreslení poškození roubení (Severovýchodní pohled).....35
Obr. 33: Synchronizace letokruhové křivky vzorku č. 3 s českým jedlovým standardem JEDLE-ČR.....38