Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta

Stavebně-technický průzkum krovové konstrukce kostela sv. Františka Serafínského v Lipníku nad Bečvou

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Vypracovala:

Ing. Jan Baar, Ph.D. Bc. Jiřina Hašová

BRNO 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Stavebně-technický průzkum krovové konstrukce kostela sv. Františka Serafínského v Lipníku nad Bečvou“ vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny 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 vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

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

V Brně dne:

……

podpis

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Baarovi, Ph.D a Ing. Tomáši Kolářovi, Ph.D za jejich rady, obětavost, pomoc, vstřícnost a věcné připomínky, které vedly ke zlepšení této práce. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Stanislavu Suchánkovi a Pavlu Tomášovi za jejich čas a ochotu při návštěvách kostela. Díky patří i Mgr. Terezii Odstrčilové, DiS za korekturu.

Jméno a příjmení: **Bc. Jiřina Hašová**

Název práce: **Stavebně-technický průzkum krovové konstrukce kostela sv. Františka Serafínského v Lipníku nad Bečvou**

ABSTRAKT

Předmětem této závěrečné práce bylo provést stavebně-technický průzkum krovu kostela sv. Františka Serafínského v Lipníku nad Bečvou. Kostel je zapsán do státního seznamu jako památka pod registračním číslem 29870/8-485. Jedná se o goticko-renesanční stavbu z let 1590 – 1593. Krov nad presbytářem a chrámovou lodí je tvořen třemi patry hambalků, ležatou stolicí a věšadly. Cílem bylo odhalit biotické a abiotické poškození jednotlivých prvků krovu a určit rozsah poškození. Hodnocení krovu probíhalo na základě průzkumu smyslovými a přístrojovými metodami. Krov byl napadený převážně tesaříkem krovovým a hnilobou, zejména v místech, kde se vyskytovala zvýšená vlhkost. Převážně byly poškozeny pozednice a zhlaví vazných trámů. Na základě dosažených výsledků se navrhla sanační opatření, která směřují k zachování zabudovaného dřeva, které je ve vyhovujícím stavu. Práce se také zabývá dendrochronologickým datováním, kde byla snaha určit stáří konstrukce pomocí dendrochronologické analýzy. Krov nad chrámovou lodí a presbytářem byl datován do období 1769 – 1771. Další krovové konstrukce se nepodařilo datovat. Práce je doplněná o anatomické určení dřeva použitého v jednotlivých částech krovu. Dosažené výsledky poskytují informace pro plánovanou rekonstrukci památky s ohledem na její současný stavebně-technický stav.

Klíčová slova: dendrochronologické datování dřevokazný hmyz, dřevokazné houby, kostelní věž, krov, sanace, stavebně–technický průzkum.

Name and surname: **Bc. Jiřina Hašová**

Name of work: **Construction-technical survey of roof structure of the church of St. Francis Seraphic in Lipník nad Bečvou**

ABSTRACT

The subject of this thesis was to make a constructive-technical research on timbers of St. Francis Seraph church in Lipník nad Bečvou. This church is registered into national list of sights as a sight number 29870/8-485. It is a Gothic-Renaissance building dating from 1590 – 1593. The roof above the cancel and nave consists of free floors dollar beams, queen post and truss frames. The aim was to reveal biotic damage to individual elements of timbers and to determine the extent of the damage. The evaluation of timbers was based on sensory and devices research. The roof was attacked mostly house longhorn beetle, rotting, especially in places where there was high humidity. The damage was caused mainly on wall beams and camping piece of tie beams. Based on achieved results we suggested remedial measures which are intended to preserve the built of wood, which is in a satisfactory condition. This thesis also deals with dendrochronological dating where we tried to determine the age of construction by dendrochronological analysis. The roof above the nave and chancel was dated to the period 1769 – 1771. Thesis is completed with anatomical determination of forest species which were used in individual parts of timbers. The results provide information for planned reconstruction of monument considering its current constructive - technical condition.

Keywords: dendrochronological dating, wood-destroying insect, wood-rotting fungi, church tower, roof, rehabilitation, construction-technical survey.

Obsah

1 ÚVOD 9

2 CÍL PRÁCE 10

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED 11

3.1 Stavebně-historický průzkum 11

3.1.1 Dendrochronologie 11

3.1.1.1 Dendrochronologie a dendrochronologické datování 11

3.1.1.2 Standardní chronologie 12

3.1.1.3 Letokruhy a druhové určení dřevin 14

3.1.2 Typologie a konstrukce krovů 15

3.1.2.1 Krov krokevní soustavy – ležatá stolice s věšadlem 16

3.1.2.2 Krovy věží 19

3.1.2.3 Zvonová stolice 20

3.2 Stavebně-technický průzkum 22

3.2.1 Smyslové metody 22

3.2.2 Přístrojové metody 23

3.2.2.1 Přístrojové metody nedestruktivní – měření rychlosti šíření zvuku 23

3.2.3 Příčiny poruch 25

3.2.3.1 Degradace dřeva biotickými škůdci 26

3.2.4 Ochrana dřeva 30

3.2.4.1 Konstrukční ochrana 30

3.2.4.2 Chemická ochrana 32

3.2.5 Sanace dřevěných konstrukcí 33

3.2.5.1 Konstrukční sanace 33

3.2.5.2 Chemická sanace 36

4 METODIKA A MATERIÁL 37

4.1 Stavebně-technický průzkum 37

4.1.1 Získání základních poznatků o konstrukci 37

4.1.2 Měření poruch 38

4.1.3 Identifikace dřevokazného hmyzu ... 39
4.2 Dendrochronologické datování ... 39
4.2.1 Odběr a příprava vzorků ... 39
4.2.2 Identifikace druhu dřeva ... 41
4.2.3 Měření vzorků ... 41
4.2.4 Statistické výpočty ... 42
4.2.4.1 Souběžnost ... 42
4.2.4.2 Studentův T–test ... 43
4.2.4.3 Překrytí vzorku se standardem ... 43
5 VÝSLEDKY ... 44
5.1 Historický vývoj objektu ... 44
5.1.1 Stavba a opravy budovy ... 44
5.2 Současný stav objektu ... 45
5.2.1 Vizuální hodnocení krovu ... 53
5.2.2 Výsledky měření pomocí přístroje Arbosonic Decay Detector ... 54
5.3 Dendrochronologické datování ... 67
5.3.1 Krov presbytáře a chrámové lodi ... 67
5.3.2 Krovy věží a zvonové stolice ... 68
6 DISKUSE ... 69
7 ZÁVĚR ... 73
8 SUMMARY ... 74
9 LITERATURA ... 75
10 POUŽITÉ NORMY ... 78
11 INTERNETOVÉ ZDROJE ... 79
12 SEZNAM OBRÁZKŮ ... 80
13 SEZNAM TABULEK ... 83
14 PŘÍLOHY ... 84

1 ÚVOD

Krov je nosná část střechy vyskytující se téměř u každé stavby. Základním stavebním materiálem v dřívějších dobách bylo dřevo, jelikož se jednalo o snadno dostupnou surovinu. Co se týká krovů, vyráběly se a stále se v převážné míře vyrábějí ze dřeva. Bylo to dáno především blízkosti lesa, jakožto zdroje vstupní suroviny, dále dobrou opracovatelností, dlouhodobou životností a trvalou obnovitelností. Dřevo se také vyznačuje dobrými fyzikálními a mechanickými vlastnostmi. Nachází-li se však dřevo v nevhodných podmínkách, můžou na něj působit i nepříznivé vlivy. Mezi negativní vlastnosti dřeva lze zařadit nízkou odolnost před povětrnostními vlivy či napadení plísněmi, dřevokazným hmyzem a dřevokaznými houbami. Pokud chceme zachovat co nejdelší životnost krovové konstrukce, je zapotřebí provádět prohlídku krovu. V prvé řadě zkontrolovat celistvost krytiny, zda v některých místech nezatéká. Kritickými místy nejčastěji bývá oblast u štítu, hřeben a úžlabí. Dále je důležitý průzkum zejména nosných dřevěných konstrukcí, jelikož ty zajišťují tuhost celé konstrukce**.** Dlouhodobé působení škůdců totiž snižuje mechanické vlastnosti dřeva a může se stát, že prvek v konstrukci pak přestává plnit svou funkci.

V minulosti byly krovové konstrukce nejčastěji ohroženy a zničeny požárem. Postupem času při opravách, stavebních úpravách či přestavbách docházelo ke změně tvaru střech, což vedlo také ke změně řešení samotného krovu. I u krovu lze říct, že má svou historickou hodnotu. V posledních letech však došlo ke ztrátě mnoha krovů, které stavěli naši předkové. Důvodů bylo mnoho: samovolné zanikání objektu, devastace, přestavba a neznalost funkce jednotlivých prvků umístěných v krovu. V drtivé většině je to právě lidský faktor, který snižuje životnost konstrukce. Naši předkové neměli takové možnosti a moderní techniku jako máme my dnes a přesto dokázali vytvořit tak úžasná díla, která můžeme ještě v současné době obdivovat. Lidé v dřívějších dobách byli kvalifikovaní a ve svém řemesle se vyznali, důkazem toho jsou důmyslně řešené sestavy střešních konstrukcí.

2 CÍL PRÁCE

Primárním cílem bylo posoudit současný stav krovové konstrukce kostela sv. Františka Serafínského, identifikovat poškození, určit lokaci poškozených míst a rozsah napadení, zhotovit fotodokumentaci dřevěné konstrukce. Dalším krokem bylo navrhnutí vhodných preventivních a sanačních opatření při zohlednění zařazení stavby mezi kulturní památky. Stavebně-technický průzkum se týkal severní věže, jižní věže, krovu nad presbytářem, krovové konstrukce chrámové lodi a dvou postranních pultových střech. Druhotným cílem bylo zhodnotit krov po stavebně-historické stránce, což bylo provedeno na základě dostupné archivní dokumentace a za pomocí dendrochronologické analýzy.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Stavebně-historický průzkum

Stavebně-historický průzkum (dále už jen SHP) zjišťuje, shromažďuje a zpracovává všechny vědecky dosažitelné poznatky o historické stavbě. Informace jsou získávány ze znalostí umění dějin, historických konstrukcí, typologie, technologie výroby a písemných pramenů. Dle metodiky vyvinuté Dr. D. Líbalem v SÚRPMU, obsahuje SHP několik částí, které zpracovávají odborníci různých profesí. Je vhodné, aby byla doplněna důležitými historickými plány a fotografiemi. Výsledky slouží nejen pro památkovou péči, ale také k rozšiřování a doplňování obecného poznání v rámci základního výzkumu (Macek, 2001).

3.1.1 Dendrochronologie

3.1.1.1 Dendrochronologie a dendrochronologické datování

Písemné odkazy o pozorování letokruhů sahají až do dob Leonarda da Vinciho, který si uvědomil souvislost mezi letokruhem a prostředím. Za zakladatele exaktního oboru je považován americký astronom Andrew Ellicott Douglass. Dendrochronologie však byla uznána vědní disciplínou až na počátku 20. století. Průkopníky v této problematice pro oblast Moravy, Čech a Slezska byli meteorolog Hanzlík a astronom Bečvář (Drápela, 2000).

Pojem dendrochronologie pochází z řečtiny. Rozdělíme-li toto slovo na tři části, získáme význam tohoto slova. *Dendron* značí strom, *chronos* – čas a *logos* vědu (Klimeš, 1981). Jedná se o exaktní metodu, kde datujeme dobu růstu dřeva, zabýváme se analýzou letokruhů. Tato metoda je založena na sledování a porovnání diferenciací ve velikostech letokruhových přírůstků (Škabrada, 2004).

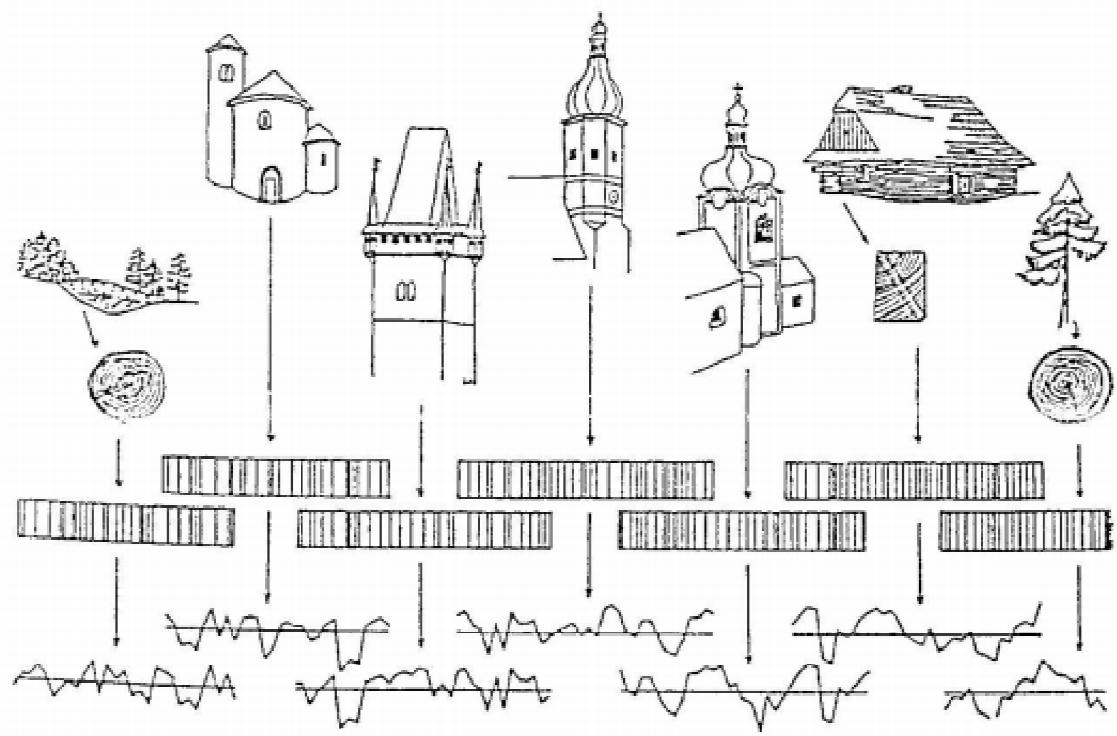
Datování je možné aplikovat na veškeré listnaté a jehličnaté dřeviny mírného pásma. V oblasti mírného pásma pod vlivem vegetačního klidu dochází k přerušení tloušťkového růstu dřeva a vytvoří se tak letokruh, který umožňuje datovat dřevěné prvky (Šlezingerová, Gandelová, 2008). Důležitým parametrem je počet letokruhů datovaného vzorku dřeva. Pro statistické výpočty je zapotřebí, aby vzorky obsahovaly minimálně 40 – 50 letokruhů. Při posuzování většího množství dřev z jedné lokality lze někdy datovat i dřeva s nižším počtem letokruhů na základě již datované střední křivky z dřev s vyšším počtem letokruhů (Rybníček, 2003).

Vhodné je, aby vzorek obsahoval i podkorní letokruh, což je poslední letokruh vytvořený před skácením (uschnutím) stromu. Jeho přítomnost na vzorku přesně datuje rok, kdy byl daný strom smýcen (www.dendrochnonologie.cz, 2015). Zcela spolehlivě lze tento letokruh rozeznat podle přítomnosti kůry či lýka. Ve většině případů lze však jeho přítomnost usuzovat podle zaobleného tvaru hrany trámu bez patrných záseků. Pro podkorní letokruh jsou také charakteristické požerky hmyzu.

Pod pojmem letokruhová řada se rozumí číselná řada hodnot šířek po sobě následujících letokruhů. Graficky to lze vyjádřit křivkou, přesněji lomenými čarami, kde na vodorovné ose se nachází letopočet a na svislé ose šířka. Pokud existuje pro srovnávací a datovací práci v určitém regionu tzv. střední křivka, zbavená nahodilých výkyvů (daných místními specifickými podmínkami stanoviště, ve kterém strom rostl), můžeme porovnáním s křivkou získanou na zkoumané konstrukci, zjistit jejich styčné pásmo. Jestliže je křivka absolutně datována (zpravidla tak, že je dovedena až do současnosti), a pokud vzorek, který chceme měřit, obsahuje poslední, tedy podkorní letokruh, je možné přesně stanovit rok, ve kterém byl strom skácen. Toto datum bývá zpravidla blízké stavbě samotné konstrukce. Podle dosavadních vědomostí se doba kácení dřeva a jeho použití ve stavební konstrukci našich historických staveb většinou diferencuje na jeden až tři roky (www.roofs.cz, 2015).

3.1.1.2 Standardní chronologie

Pro korektní dataci vzorků je nezbytně nutná existence standardní chronologie. Standardní chronologie se vytváří pro určité území a dřevinu. Rozsah území je dán geografickou variabilitou letokruhových řad. Ve střední Evropě se jedná o čtyři základní dřeviny: dub, jedle, borovice a smrk (viz Tab. 1). Standardní chronologie vzniká postupným překrýváním letokruhových sekvencí od současnosti do minulosti (Rybníček, 2007). Pro její sestavení je zapotřebí co největší množství výborně spolu korelujících středních křivek, ze kterých se vytvoří průměrná křivka – standardní chronologie (viz Obr. 1), (Kaennel, Schweingruber, 1995). Při sestavování standardních chronologií primárně vycházíme z velmi starých stromů vykazujících 100 – 200 let. U těchto stromů je totiž znám přesný rok vzniku jednotlivého letokruhu. Poté vzniklé křivky synchronizujeme s křivkami, které byly opatřeny z dřevěných prvků historických objektů, případně jiných dřevěných nálezů. V oblasti stavebního dřeva je možné se dostat asi do 11. století.



Obr. 1 Tvorba standardní chronologie od současnosti do raného středověku (www.roofs.cz, 2009)

Tab. 1 Standardní chronologie pro ČR (www.dendrochronologie.cz)

Standard	Oblast použití	Autor	Délka	Začátek	Konec
Dub					
czges2004	ČR	Rybníček	1537	462	1998
cechges2004	Čechy	Rybníček	835	974	1808
morges2004a	Morava	Rybníček	402	881	1282
morges2004b	Morava	Rybníček	658	1341	1998
Jedle					
je-cr05	ČR	Kyncl	1048	949	1996
je-mp05	Morava	Kyncl	1048	949	1996
je-ce05	Čechy	Kyncl	718	1131	1911
Borovice					
bo-mo05	Morava	Kyncl	528	1468	1995
bo-ce05	Čechy	Kyncl	816	1183	1996
Smrk					
sm-cr05	ČR	Kyncl	897	1101	1997
sm-mo05	Morava	Kyncl	665	1333	1997
sm-ce05	Čechy	Kyncl	795	1150	1944

3.1.1.3 Letokruhy a druhové určení dřevin

Velmi důležitou roli při dendrochronologickém datování hraje letokruh. Jedná se o tloušťkový (radiální) přírůst dřeva, který se vytváří během vegetačního období u dřevin mírného a chladného pásma. Dřeviny, které se nacházejí v tropických a subtropických oblastech, tvoří přírůstové zóny, vlivem střídání vlhkých a suchých období (Šlezingerová, Gandelová, 2008). Tloušťkový přírůst vzniká periodickou činností dělivých buněk (kambia) (Požgaj et al., 1993). Tloušťkový přírůst dřeva můžeme pozorovat na příčném řezu ve formě koncentrických kružnic obklopujících dřeň. Letokruh je složen z jarního a letního dřeva. Jarní dřevo se produkuje začátkem vegetace stromu. Toto dřevo je světlejší, řidší, jelikož obsahuje elementy s tenkými stěnami a širokým lumenem, má vodivou funkci. Letní dřevo je tvořeno později (konec července, začátek srpna), bývá tmavší, hustší (elementy jsou užší a tlustostěnné) a ve dřevě má funkci mechanickou (Vanin, 1955). Hranice mezi letním a jarním dřevem následujícího roku je hranice letokruhu. Dobře rozpoznatelná hranice letokruhů je velmi důležitá pro přesné dendrochronologické datování. Na základě odlišnosti letokruhu jarního a letního dřeva lze dřeviny rozdělit na jehličnaté a listnaté (kruhovitě pórovité, roztroušeně pórovité a polokruhovitě pórovité). Rozpoznatelnost letokruhů je možná u jehličnatých a listnatých kruhovitě pórovitých dřevin (Šlezingerová, Gandelová, 2008).

Šířka letokruhů se u většiny významných hospodářských dřevin pohybuje v rozmezí od 1 mm do 5 mm. Při běžných podmínkách může dosahovat 5 – 10 mm (Požgaj, et al., 1993). Na počátku se u většiny stromů zprvu vytvářejí širší letokruhy (juvenilní dřevo) a s přibývajícím věkem dochází ke zmenšení jejich šířky (Zobel, Buijtenen, 1989). Samozřejmě rozdílnost tloušťkových přírůstků ovlivňuje celá řada faktorů. Mezi vnější faktory můžeme zařadit daného jedince (zdravotní stav, odraz jeho ontogeneze, konkurence s ostatními stromy), klimatické (teplota, srážky) a sezónní vlivy prostředí (kyselé deště, imise, záplavy), zeměpisnou šířku, nadmořskou výšku lokality (Rybníček, 2007).

3.1.2 Typologie a konstrukce krovů

Koncepce krovů bývá často rozmanitá (materiál, sestrojení, osazení). V minulosti patřilo tesařství k váženým specializacím bezpochyby proto, že bylo zapotřebí mimořádné prostorové představivosti, řemeslné zručnosti, dovednosti a také dostatek odvahy při manipulaci s těžkými břemeny na malém prostoru a ve výškách. Vědomosti o historických krovech na území České republiky jsou minimální. Pro historické krovy je charakteristické, že setrvávají v zavedené soustavě, příznačné vždy pro dané období. V České republice existují krovové soustavy typické pro gotiku, pozdní gotiku, renesanci, baroko i klasicismus (Škabrada, 2004).

Pro orientaci ve stavebně-technickém a stavebně-historickém průzkumu, poté i ochranu a opravu krovových konstrukcí, je nutné znát jejich konstrukci. Konstrukce krovu nemá ustálené rozdělení a názvosloví, každý autor používá své rozdělení. Pro názornost je zde uvedeno rozdělení dle Bláhy (1999).

1. Krokevní krovy
    1.1. Konstrukce bez podélného vázání
        1.1.1. Hambalkové krovy prosté (s patními vzpěrami krokví)
        1.1.2. Hambalkové krovy s křížem vyztuženými krokvemi
    1.2. Konstrukce podélně vázané
        1.2.1. Hambalkové krovy s hřebenovým rámem
        1.2.2. Hambalkové krovy se stojatými stolicemi
        1.2.3. Hambalkové krovy s ležatou stolicí (raná forma, vyspělá forma)
    1.3. Soustavy Ránkovy
2. Vaznicové krovy
    2.1. Soustavy věšadlové
    2.2. Soustavy vzpěradlové
3. Skružové krovy
    3.1. Vyřezávané
    3.2. Ohýbané
4. Vazníkové krovy
    4.1. Soustavy vlašské
    4.2. Soustavy příhradové
5. Ardantovy krovy

Ve starších objektech se můžeme často setkat s kombinací již zmiňovaných soustav (Ruman, 2009). Na krovovou konstrukci jsou kladeny vysoké požadavky. Nezbytně důležitá je vhodná dimenze prvků. Průřezové rozměry jednotlivých trámů mají odpovídat velikosti působících vnitřních sil, zde bychom měli brát v úvahu i zeslabení některých prvků. Konstrukce musí být v podélném i příčném směru dostatečně tuhá a řádně zavětrovaná. Vyztužení po délce zajišťují pásky, ondřejské kříže, aj. Krovová konstrukce by měla zatěžovat podpory (zdi, pilíře, sloupy) svisle. U prvků, kde síly působí šikmým směrem, se provádí opatření pomocí kleštin, vazného trámu či železných táhel. Vazné trámy mají být namáhány co nejméně na průhyb (Nahůnek, 1944).

3.1.2.1 Krov krokevní soustavy – ležatá stolice s věšadlem

Postupem času, jak se krovy vyvíjely, docházelo ke snížení sklonu střech. Zatímco v období gotiky střechy dosahovaly sklonu 60°, v období baroka se sklon pohyboval v rozmezí 40° – 55° (Vinař et al., 2010). Změna sklonu vedla k postupnému vývoji krovové konstrukce. U krokevních soustav je nosným prvkem krokev, což je šikmý nosník kladen v párech ve směru spádu střechy (Škabrada, 2007). Zatímco v gotice postačovaly krokve štíhlé, změnou sklonu střechy byly krokve namáhány na ohyb. Tento problém se vyřešil, ve 2. polovině 17. století, nosným prvkem, vznikla ležatá stolice (Škabrada, 2007). Ležatou stolici můžeme chápat jako příčná vzpěradla, vytvářející tuhý rám, který převádí zatížení od horních vaznic a od horních částí krovu a zachycuje vodorovnou sílu a převádí svislé zatížení do uložení vazného trámu. Pomocí podélného zavětrování je dosaženo tuhosti konstrukce. U ležaté stolice bývají vzpěry namáhány na tlak a ohyb. Pro správně fungování konstrukce je důležité, aby v konstrukci byly použity masivní prvky a vzpěry, aby dosahovaly sklonu 50° – 60° (Vinař, Kufner, 2004). Pokud řešíme situaci střechy s menším sklonem, pak se vzpěra ležaté stolice posunuje dovnitř. Starší typy stolic měly dvě i více pater. Nejvyššího rozmachu dosahovala ležatá konstrukce ve 2. polovině 17. století a během 18. století (Vinař et al., 2010).

Věšadlo je nosná konstrukce, kde centrálně umístěné sloupky, věšadla, jsou symetricky vzepřeny vzpěrami a vynáší vazné trámy. Věšadlová konstrukce přenáší zatížení od vazných trámů co nejblíže k podporám (Frolec et al., 2007). Věšadlo je namáháno tahem, vzpěry tlakem, vazný trám na průhyb. Z tohoto důvodu má věšák čtvercový profil, vazný trám a vzpěry mají profil obdélníkový. Poměr jednotlivých stran bývá 5:7, případně 3:4 (Nahůnek, 1944). Podle počtu věšadel rozlišujeme jednoduchá, dvojitá (mezi věšáky použity vodorovné rozpěry) a trojitá. Tato konstrukce bývá nejčastěji užívaná tam, kde z dispozičních či statických důvodů, nelze podepřít její střední část (Škabrada, 2007). Je tedy vhodná pro zastřešení prostoru s velkým rozpětím (např. krovy kostelů).

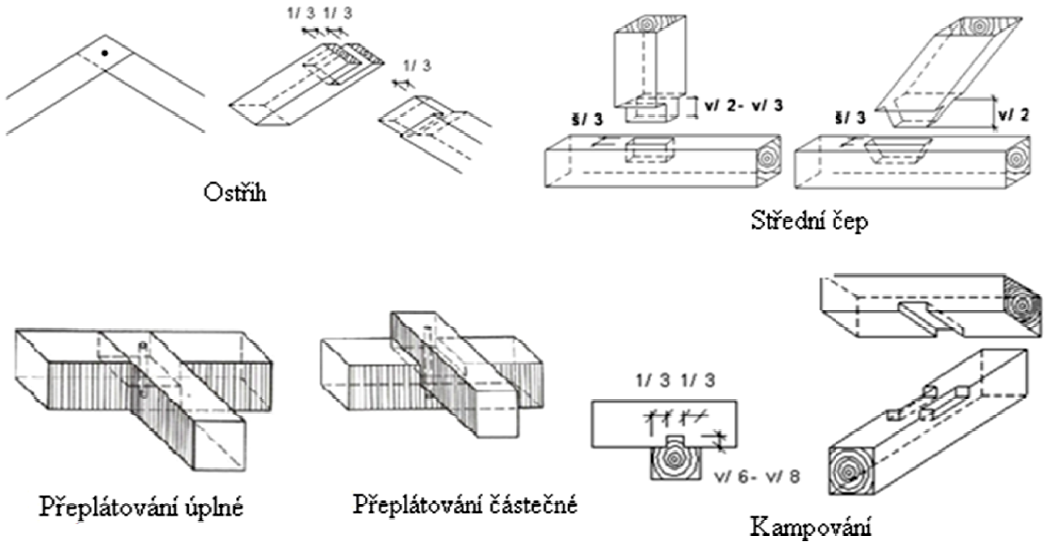
Krovy s ležatou stolicí vykazují velkou četnost prvků, které jsou sestaveny tak, aby tvořily trojúhelníky vyznačující se vysokou tuhostí. To ovšem platí za předpokladu, mají-li prvky důkladně provedeny spoje. Díky principu vytvořit trojúhelníky, a tím zajistit tuhost, konstrukce snášejí i určitý rozsah poškození, jelikož funkci, která je dána jednotlivým prvkům, mohou převzít jiné prvky. Vzhledem k velkému množství prvků bylo zapotřebí jednotlivé díly označit pomocí dláta, sekery, tužky nebo rudky (Vinař, 2010).

Prvky vyskytující se v ležaté stolici jsou charakteristické především svým tvarem. Pro baroko je typická ležatá stolice, u které se vyskytuje pětiboký práh (spodní vaznice). Středová vaznice bývá obdélníková, kosoúhlá, lichoběžníková nebo pětiboká. Sloupek věšadla je u paty sloupku čtyřboký, kvůli opření vzpěr a krokví bývá na vrcholu víceboký. Profil vzpěry se vyznačuje svou proměnlivostí. Profil se zpravidla rozšiřuje od spodního konce k hornímu (Vinař, 2010).

Jednotlivé spoje prvků (viz Obr. 2) vyskytující se v krovu jsou odlišné v závislosti na způsobu namáhání. Typickými spoji pro ležatou stolici jsou: ostřih (spojení krokví ve vrcholu), střední čep (vaznice – vzpěra, vzpěra – spodní vaznice, zavětrování – vaznice a vzpěra, krokev – vazný trám, vzpěra – vazný trám), střední čep s kolíkem (rozpěra – vzpěra, hambálek – krokev, kráče – výměna, výměna – vazný trám), krátký čep s kolíkem (pásek – vzpěra a rozpěra), kamp, křížový kamp (spodní vaznice – vazný trám, vazný trám – pozednice), plát (ondřejské kříže, diagonály zajišťující tuhost krovu v podélném směru) (Vinař et al., 2010). Užívají se také železné spoje (třmeny věšáků), kde se objevují šrouby se čtvercovými matkami (Škabrada, 2007).

U starších krovů se můžeme setkat s případem, že se v krovu nevyskytují pozednice (vazné trámy ukládány přímo na zdivo). V období baroka již bylo obvyklé uložení vazných trámů na pozednice (jednu nebo dvě). Tyto pozednice byly zpravidla zazděny, což vedlo k lepšímu ztužení stavby. Pro dosažení snížení hmotnosti krovu, byly odstraněny vazné trámy v prázdných vazbách, které byly nahrazeny kráčaty a doplněny výměnou (Vinař et al., 2010).

Materiálem používaným pro výrobu krovu bylo převážně jehličnaté dřevo (nejčastěji smrk a jedle). Z tvrdého dřeva, převážně dubového, se zhotovovaly kolíky, které byly namáhány na smyk (Škabrada 2007). Dále se můžeme s dubovým dřevem setkat u zvonových stolic, stropních trámů, překladů nebo sloupů, zvláště pak u sloupků barokních věšadel.

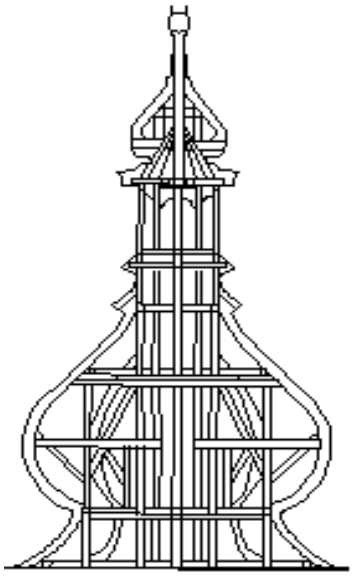


Obr. 2 Tesařské spoje (www.fast10.vsb.cz, 2003)

3.1.2.2 Krovy věží

Krovové konstrukce kostelních věží můžeme zařadit do soustav krokevních, štenýřových, hambalkových, vaznicových, ležatých stolic, krovů se vzpěrami a sanktusníků (Vinař, Kufner, 2004). Z hlediska tvaru věže rozlišujeme střechy stanové, cibulové či jiné. Statické chování krovových konstrukcí věží je závislé na tvaru střechy, sklonu střešní roviny a uložení nosných prvků na zdivo (Lunga, Solař, 2010). Při zvětšování sklonu střechy (nad 60°) klesá zatížení sněhem, sníh se na střeše neudrží. Pochopitelně, čím je vyšší sklon, tím je větší plocha vystavená větru. Konstrukcím věží připadají tyto požadavky: řádná fixace krovu v místě uložení, tuhost a pevnost stěn, použití co nejméně nastavovaných trámů (užívat celistvé trámy), nárožní krokve byly zhotoveny z jednoho kusu (pokud je nutné nastavovat krokev, pak v místě podpory, spoj dostatečně zpevnit), dodržet podporu krokví (maximální vzdálenost na 4 – 5 m), vzdálenost krokví od sebe 90 – 100 cm, správná dimenze trámů (doloženo statickým výpočtem, aby byla zajištěna tuhost konstrukce), řádné zavětrování ve všech směrech, přičemž má být zachován vnitřní volný prostor, přístupnost osvětlenost a větratelnost. (Nahůnek, 1944).

Barokní věže se vyznačují báněmi s cibulovitě vydutým tvarem, jejichž půdorysný tvar může být čtverec, pravidelný šestiúhelník, osmiúhelník, mnohoúhelník (jehlan) nebo kruh (kužel). Výška střechy se převážně rovná dvojnásobné délce úhlopříčny (půdorysu) (Kohout et al., 1996). Pro věže je charakteristická středová souměrnost (krokví, ramenátů, základového roštu). Jádrem konstrukce je vždy víceboká sestava sloupků, umístěná zpravidla radiálně na vějířovitě sestaveném základovém roštu (Škabrada, 2007). Ke sloupkům jsou většinou ještě přisazeny šikmé vzpěry, na které se teprve fixují skružové krokve. V prostorovém uspořádání bývá konstrukce dvoudílná. Sloupkové jádro konstrukce prostupuje nahoru až do lucerny, nad ní je vytvořen trámový rošt, o který se opírá hrotnice (svislý středový sloup procházející střechou). Na hrotnici bývá osazena makovice a kříž. Sloupek bývá ve spodní části přichycen k trámovému roštu pomocí skob či železných táhel. Středový sloup zatěžuje trámový rošt, který je uprostřed rozpětí oslaben. Pro zmenšení zatížení bývá středový sloup vynášen vzpěrami (Vinař et al., 2010). Krytinou, používanou na těchto věžích, byl nejčastěji plech, případně i šindel. Nezbytně důležité je propojení krovu pomocí železných kotevních táhel se stavbou tak, aby nedošlo účinkem větru k převrácení věže.



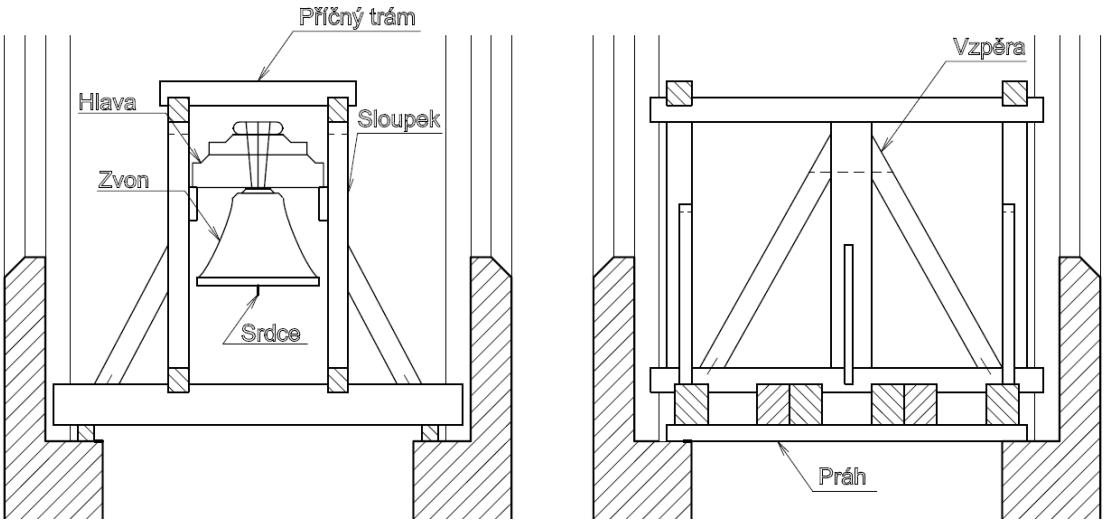
Obr. 3 Schéma barokní věže (Jiřina Hašová, 2015)

3.1.2.3 Zvonová stolice

Jedná se o konstrukci sloužící pro zavěšení zvonů. Jejím hlavním úkolem je nejen nést tíhu všech zvonů a být stabilní, ale hlavně snášet statické a dynamické síly způsobené odstředivou silou zvonů v pohybu. Ty závisí na způsobu montáže a hlavně na amplitudě houpání. Například při způsobu zavěšení s přímým úhozem a velkém úhlu houpání (více jak 180°) může tlak (statická síla) dosáhnout až 3,25 násobku hmotnosti zvonu v momentě, kdy se zvon "vrací" a prochází vertikální osou - tedy v jeho nejnižší poloze. Boční síly (ve směru houpání) dosahují přibližně 1,5 násobku hmotnosti zvonu. Přitom tentýž zvon houpaný pouze ve 120° vytvoří tlak ve vertikálním směru, který se rovná maximálně hmotnosti zvonu a boční dynamické síly jsou zanedbatelné (Talich, 2014).

Zvonová stolice může nést jeden zvon, případně i více zvonů. Zvony jsou uloženy vedle sebe, za sebou nebo nad sebou (menší zvony uloženy nahoře, větší zvony umístěny dole). Zvonová stolice není nikdy pevně spojena s věžní konstrukcí, je pouze uložena na stropních trámech, ty bývají uloženy na ústupek zdiva (nikdy ne do kapes). Z hlediska materiálu mohou být zvonové stolice dřevěné nebo ocelové. Přičemž dřevěné stolice vykazují větší tlumení dynamických účinků (Lunga, Solař, 2010).

Dřevěné zvonové stolice se zpravidla zhotovovaly z dubového dřeva, díky jeho mechanickým vlastnostem. Pevnost dubového dřeva je ve všech způsobech namáhání vyšší, než je tomu u jehličnatých dřev. Rovněž i hodnoty modulu pružnosti v tahu a ve smyku vykazují vyšší hodnoty, tzn. menší deformace dřevěných prvků v důsledku jejich namáhání. Při rekonstrukci zvonových stolic je nutné vždy používat stejný druh dřeva a dřevo vysušit na hmotnostní vlhkost (rovnovážnou vlhkost dřeva v daném prostředí), aby nedošlo k sesychání konstrukce, které by mělo za následek deformace a následně uvolňování prvků v jednotlivých spojích. Jednotlivé vazby dřevěných prvků zvonové stolice se prováděly pomocí tesařských spojů (čepy, zadrápnutí, lípnutí, kampování), můžeme se ale také setkat s ocelovými prvky (skoby, svorníky, šrouby, objímky), které spojují prvky (Lunga, Solař, 2010).



Obr. 4 Názvosloví dřevěné zvonové stolice jednoho zvonu (Jiřina Hašová, 2015)

3.2 Stavebně-technický průzkum

Stavebně-technický průzkum dává kompaktní a objektivní informace o stavu objektu. Průzkumy jsou zásadní při rozhodování o rekonstrukci a posouzení závažnosti poruch. Rozsah stavebně technického průzkumu závisí na stavu objektu, čase, přístupnosti jednotlivých částí konstrukce, finančních možnostech a samozřejmě také důvodu, proč se celý průzkum provádí. Dle Reinprechta a Štefka (2000) se může průzkum provádět pomocí smyslových nebo přístrojových metod. V závislosti na porušení materiálu rozdělujeme metody na destruktivní (odběr části nebo celého prvku), semidestruktivní (vývrt) a nedestruktivní. Z hlediska místa zjištění se může jednat o metodu „in situ“ (přímo v místě objektu) nebo laboratorní metody.

3.2.1 Smyslové metody

Smysl je schopnost člověka pomocí receptorů přijímat určitý druh informací z okolí. Na základě smyslů (zrak, čich, hmat, sluch) posuzujeme stav konstrukce (Reinprecht, Štefko, 2000). Můžeme si pomoci jednoduchými nástroji a pomůckami jako je baterka, lupa, metr, pásmo, dláto, kladívko, hřebík, nůž, fotoaparát, aj.

- ***Vizuální metodou zjistíme:*** poškození dřeva biotickými činiteli (dřevokaznými houbami, dřevozbarvujícími houbami, dřevokazným hmyzem a plísněmi), poškození dřeva požárem, trhliny ve dřevě, deformace dřevěných prvků, případně celé konstrukce, stav konstrukčních spojů, povrchové poškození dřeva povětrnostními vlivy.
- ***Čichovou metodou zjistíme:*** přítomnost hub, plísní, požáru nebo jeho následků, zvýšenou vlhkost v objektu.
- ***Hmatovou metodou zjistíme:*** povrchové poškození dřeva (trhliny), vysoký stupeň poškození dřeva (změna tvrdosti dřeva), vysokou vlhkost.
- ***Sluchovou metodou zjistíme:*** přítomnost larev dřevokazného hmyzu, poruchy dřevěných prvků pomocí poklepu.

3.2.2 Přístrojové metody

Použitím přístrojových metod získáme podrobnější průzkum, objektivní hodnocení poškození prvku. Využívání přístrojových metod nemusí být vždy podmínkou. Pomocí těchto metod můžeme přesně stanovit rozsah a stupeň poškození dřevěných prvků v konstrukci a analyzovat příčiny poruch. Reinprecht a Štefko (2000) uvádějí následující metody (zkráceno):

- ***Vlhkoměry*** stanovují vlhkost dřeva.
- ***Endoskopy*** slouží k určení kvality dřeva nebo napadení biotickými činiteli tam, kde je obtížné se dostat.
- ***Mikroskopy*** určují stupeň poškození buněk dřeva, přítomnost hyf, výtrusů hub, vajíček, larev, kukel a dospělých jedinců dřevokazného hmyzu, přítomnost chemikálií.
- ***Přístroje destruktivní či semidestruktivní*** ukazují pokles tuhosti, pevnosti nebo tvrdosti dřeva. Ohybové vlastnosti vzorků zjišťuje Fraktometr, měření odporu vůči dřevu pomocí tenkého vrtáku (Resistograph), tvrdost dřeva zajišťuje Baumannovo kladívko s pružinou a ocelovou kuličkou o průměru 20 mm.
- ***Přístroje nedestruktivní*** ukazují pokles tuhosti dřevěných prvků na základě rychlosti šíření zvuku (Arbosonic Decay Detector), zjištění požerků, hniloby a trhlin.

3.2.2.1 Přístrojové metody nedestruktivní – měření rychlosti šíření zvuku

Zvukem se nazývá mechanické vlnění prostředí, které vnímáme sluchovým orgánem jako zvukový vjem. Jeho vnější příčinou je uspořádaný kmitavý pohyb molekul přenášený působením sil, kterými molekuly na sebe vzájemně působí. Zvuk se proto šíří jen v hmotném prostředí nikoli ve vakuu. Subjektivně se dají zachytit zvukové vlny s frekvencí 16 – 20 000 Hz. Zvuk jako mechanické vlnění může být charakterizován vlnovou délkou, amplitudou vlnění, frekvencí a rychlostí šíření zvuku (Požgaj et al., 1997).

Testování akustických vlastností dřeva se využívá při posuzování kvality materiálu. Akustickou vlastnosti dřeva je schopnost utlumit, vést, zesílit zvuk. Na rozdíl od šíření akustických vln jiných materiálů (např. kovů) je ve dřevě výrazně složitější. Rychlost šíření zvuku ve dřevě ovlivňuje celá řada faktorů. Dřevo je anizotropní materiál, který vykazuje vlastnosti závisející na chemickém složení a anatomické stavbě, tedy závisí i na hustotě materiálu (Horáček, 2008). Poměr hodnot rychlosti šíření zvuku v jednotlivých směrech lze vyjádřit $c_{\parallel} : c_{\perp r} : c_{\perp t} = 15 : 5 : 3$ (Požgaj et al., 1997).

Tab. 2 Průměrná rychlost šíření zvuku ve zdravém dřevě u některých dřevin (Kollman, Côté, 1968)

Druh dřeva	Průměrná hustota ρ [kg.m^{-3}]	Modul pružnosti E [MPa]		Rychlost zvuku c [m.s^{-1}]		Poměr rychlosti zvuku $c_{\parallel} / c_{\perp}$
		∥	⊥	∥	⊥	
Jedle	460	11 000	490	4 890	1 033	4,73
Smrk	470	11 000	550	4 790	1 072	4,47
Dub	690	13 000	1 000	4 304	1 193	3,61

Výpočet rychlosti šíření zvuku ve dřevě:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad [m.s^{-1}]$$

kde: E – modul pružnosti [Pa]

ρ – hustota dřeva [kg.m^{-3}]

(Horáček, 2008)

Se zvyšujícím se modulem pružnosti bude rychlost šíření zvuku vyšší. Rychlost šíření zvuku ve dřevě závisí také na vlhkosti dřeva. Se vzrůstající vlhkostí rychlost šíření zvukových vln klesá. Dochází k tomu, že voda vyplní kapiláry dřeva, kde se předtím nacházel vzduch a v důsledku toho dojde ke zvýšení odporu prostředí. V místech, kde se vyskytují vady, jako jsou suky, trhliny, dutiny, hniloba, poškození hmyzem, cizorodé prvky, dochází ke změně vodivosti dřeva a významně tak ovlivňují výslednou rychlost. Je-li prvek degradovaný biotickými činiteli, výrazně se prodlužuje doba přenosu vln, což je dáno tím, že došlo ke snížení hustoty. Měříme-li kolmo na vlákna a doba přenosu ultrazvukové vlny se prodlouží o 30 %, pak se jedná o 50% ztrátu pevnosti. V případě 50% prodloužení to signalizuje velmi degradované dřevo (Bláha, 2007).

Tab. 3 Stupeň poškození dřeva (w = 12 - 16 %) na základě rychlosti šíření ultrazvukového vlnění (Kloiber, 2010)

Průměrná rychlost zvuku kolmo na vlákna [$m.s^{-1}$]			
Stupeň poškození		Druh dřeva	
		smrk, jedle	dub
1	slabě poškozený prvek	1 260 – 1 800	1 640 – 2 100
2	středně poškozený prvek	920 – 1260	1 180 – 1 640
3	silně poškozený prvek	750 – 920	850 – 1 180
4	totální destrukce prvku	500 – 750	600 – 850

3.2.3 Příčiny poruch

Lunga a Solař (2010) rozdělují poruchy statického charakteru a poruchy způsobené klimatickými vlivy. Pod statickým charakterem můžeme rozumět uvolnění spojů mezi jednotlivými prvky. Tento případ nastává u dřevěné stolice v důsledku dynamického namáhání. Zvonová stolice ztrácí svou tuhost a postupně dochází k její deformaci. Prostorovou tuhost můžeme zvýšit zesílením jednotlivých prvků pomocí příložek, přidáním kleštin, vodorovných rozpěr či šikmých diagonálních prvků. Poruchy zapříčiněné klimatickými vlivy jsou spjaty se zvýšenou vlhkostí v konstrukci a způsobují napadení biotickými činiteli (dřevokazné houby, dřevokazný hmyz, plísně). Tento problém lze vyřešit dostatečným odvětráváním, aby bylo v konstrukci zajištěno proudění vzduchu. Odvětrávání se zpravidla řeší průduchy, které jsou chráněny pletivem, aby nedocházelo k vniknutí ptactva, jelikož i ptačí trus může působit na konstrukci destruktivně.

V památkově chráněných objektech bývá zvonová stolice považována za součást nemovité kulturní památky, proto je nutné při úpravách či opravách toto kritérium zohlednit. Památková péče má většinou své specifické požadavky: zachování spojů v konstrukci, jak bude možné provést opravu, zesílení konstrukce, jaký bude materiál apod. (Lunga, Solař, 2010).

Nejčastěji se můžeme setkat s rozdělením dle degradačních činitelů napadající konstrukci, jejich podrobnější členění je popsáno níže (www.imaterialy.cz, 2015).

Biotičtí – bakterie, plísně, dřevozbarvující a dřevokazné houby, dřevokazný hmyz a ptáci (agresivní exkrementy).

Abiotičtí

- Atmosférický – voda, změny vlhkosti, změny teploty, sluneční záření, proudění (kapalin a plynů), mechanické vlivy.
- Termický – degradace teplem, degradace plamenem.
- Chemický – agresivní chemikálie.

3.2.3.1 Degradace dřeva biotickými škůdci

Houby a hmyz potřebují ke svému životu vedle dřeva dostatečnou vlhkost, přístup vzduchu a teplo. Dřevokazné houby rozkládají chemické látky ve dřevě a způsobují tak tlení dřeva. Pro dřevokazné houby je vyhovující vlhkost dřeva 18 – 20 %, teplota bývá závislá na druhu houby (Baier, Týn, 1996). Tlení dřeva dělíme do tří základních skupin: hnědá, bílá a měkká hniloba.

Dřevo střešních konstrukcí bývá nejčastěji napadáno dřevokazným hmyzem. Pro rozvoj hmyzu je potřebná teplota nad 10 °C a minimální vlhkost dřeva 12 % (Šefců et al., 2000). Hmyz škodí dřevu ve stádiu larvy. Nejběžnější dřevokazný hmyz, vyskytující se v krovových konstrukcích, bývá z čeledi *Cerambycidae* (tesaříkovití) a *Anobiidae* (červotočovití).

Dřevokazný hmyz

Tesařík krovový (*Hylotrupes bajulus)*

Tesařík krovový napadá výhradně jehličnaté dřevo, zpravidla starší 7 let. Larvy jsou bílé s hnědou hlavou, třemi páry krátkých hrudních nožiček a dlouhé 15 – 22 mm. Vyhlodávají chodby pod povrchem, později se zavrtávají hlouběji. Larva se vyvíjí 3 – 10 let. Optimálními podmínkami pro vývoj jedince jsou teplota 29 °C a vlhkost dřeva se pohybuje v rozmezí 10 – 35 %. Výskyt larev mohou signalizovat drtinky, které vypadávají z trhlin. Charakteristickým znakem napadeného dřeva jsou oválné výletové otvory o velikosti 4 x 7 mm (Straka et al., 2013). Stálou činností těchto škůdců ztrácí dřevěné prvky svou statickou pevnost a soudržnost (Šefců et al., 2000).

Obr. 5 Tesařík krovový (vlevo larva, vpravo samička tesaříka krovového), (www.sanace-dreva.cz, 2011)

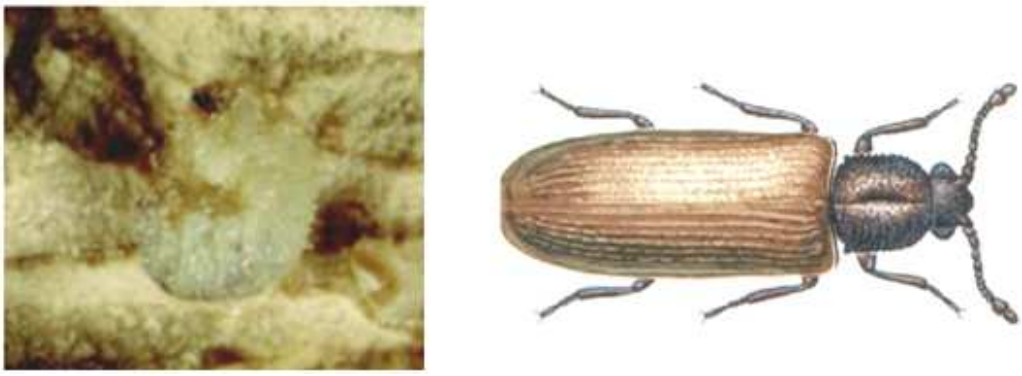
Červotoč umrlčí (*Anobium pertinax*)

Červotoč napadá jehličnaté i listnaté zpracované dřevo, které je již několik let zabudováno. Především napadá dřevo v místech vystavených působení mrazů. Ve zděných stavbách ho můžeme nalézt v krovové konstrukci (např. krokve, pozednice, vazné trámy, kráčata), kde napadá především konce trámů. Podle podmínek se larva vyvíjí 2 – 3 roky. Červotoč umrlčí potřebuje ke svému životu vlhkost dřeva nad 20 % a dočasné snížení teploty pod bod mrazu. Larvy po sobě zanechávají drtinky. Výletový otvor je kruhovitý o průměru 2,5 – 3 mm (Šefců et al., 2000).

Obr. 6 Larva a dospělý jedinec červotoče umrlčího (Pacovský, 2016)

Hrbohlavi *(Lyctus spp.)*

Hrbohlav se vyskytuje převážně v dubovém a akátovém dřevě. Napadá zejména běl, protože obsahuje škrob a bílkoviny. Dospělé larvy jsou masité a žlutobílé. Larvy se zavrtávají do dřeva a chodby za sebou zasypávají drtí. Dospělý jedinec se prokouše ven pomocí otvoru o velikosti 0,8 až 1,5 mm. Délka jejich životního cyklu je 1 až 2 roky (Reinprecht, 2008).



Obr. 7 Larva a dospělý jedinec hrbohlava dubového (www.projects.centralbaltic.eu, 2007)

Dřevokazné houby

Houby hnědého tlení

Tyto houby rozkládají ve dřevě všechny polysacharidy (celulózy, hemicelulózy), což způsobuje odkrytí ligninu, který na světle degraduje a hnědne. Dřevo ztrácí na objemu a hmotnosti, stává se křehčí a kostkovitě se rozpadá (Reinprecht, 2008).

Dřevomorka domácí (*Serpula lacrymans)*

Vyskytuje se v zabudovaných konstrukcích z jehličnatého i listnatého dřeva. Dřeviny obsahující více tříslovin jsou odolnější. Tepelná a vlhkostní optima se přibližují podmínkám vytvářejícím se v uzavřených, špatně větratelných prostorách se stálejšími teplotami a zvýšenou relativní vlhkostí. Optimální teplota pro vývoj je 18 – 22 °C. Podhoubí se nejlépe vyvíjí při vlhkosti 30 – 40 %. Dřevomorka vytváří bílé až šedobílé povrchové povlaky mycelia a při vhodných podmínkách tvoří rozlité, nepravidelné, oválné červenohnědé plodnice s bílými okraji o průměru až 30 cm, tloušťky 3 cm.(Baier, Týn, 1996).

Obr. 8 Dřevomorka domácí (Deml, 2006)

Houby bílého tlení

Houby rozkládají polysacharidy (celulózu, hemicelulózy) i fenolické látky (lignin). Napadené dřevo je světlé, mění svoji hmotnost i mechanické vlastnosti (Reinprecht, 2008).

Outkovka pestrá *(Trametes versicolor)*

Vhodným prostředím se stává dřevo ve vlhkých a nevětraných konstrukcích. Rozkládá dřevěné konstrukce převážně listnatých dřevin, méně jehličnaté. Optimální teplota se pohybuje v rozhraní 26 – 29 °C, vlhkost 40 – 45 %. Plodnice dosahuje průměru od 1 do 8 cm, tloušťky 1 – 3 mm. Svrchní strana plodnice má sametové zóny a okraj je bělavý. Napadené dřevo je zpočátku okrově bílé, tvrdé a křehké. V pozdější fázi dřevo měkne a rozpadá se podél dřeňových paprsků (Voroncov, Červinková, 1986).

Obr. 9 Outkovka pestrá (Jurvetson, 2004)

3.2.4 Ochrana dřeva

Dřevo je organický materiál, který napadají primárně biotičtí činitelé z říše hub a živočišné říše. Abychom předešli narušení dřeva, případně úplné destrukci dřeva, je nezbytně nutné provést určitá opatření, kterými jsou (Baier, Týn, 1996):

1. Konstrukční ochrana.
2. Chemická ochrana dřeva proti biotickým škůdcům.
3. Povrchová úprava dřeva proti vlivům povětrnosti.
4. Protipožární ochrana pyroretardačními prostředky.
5. Fyzikální metody: sterilizace teplotou, radioaktivním ozářením.

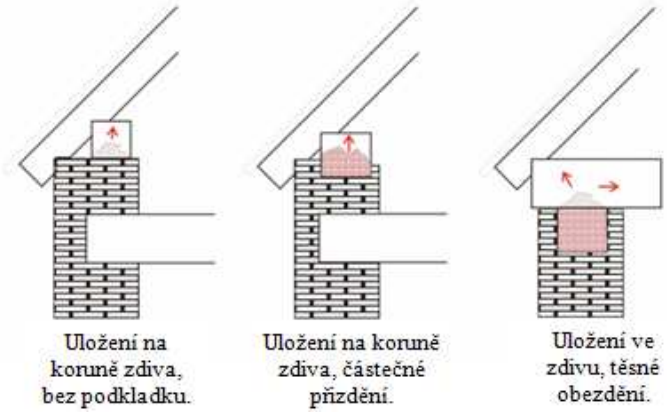
Podle expozičního zatížení dřeva se opatření mohou kombinovat. Správnou ochranou docílíme toho, že prodloužíme životnost dřeva (Žák, Reinprecht, 1998). Ochranou dřeva se zabývá řada norem. Vlastní trvanlivostí dřeva se řídí norma ČSN EN 1995-1-1, ČSN EN 350-2 se zabývá třídou ohrožení, která je definovaná normou ČSN EN-335-1,2,3 nebo musí být dřevo chráněno úpravami dle ČSN EN 351-1 a ČSN EN 460, zásady konstrukční ochrany určuje norma ČSN 73 1701, provádění dřevěných konstrukcí stanovuje norma ČSN 73 2810.

3.2.4.1 Konstrukční ochrana

Konstrukční ochrana je základní a nejdůležitější metoda ochrany týkající se všech dřevěných konstrukcí a stavebních prvků. Princip této metody spočívá v zabránění zvýšení vlhkosti dřevěných konstrukcí zatékáním srážkové vody, kondenzací vzdušné vlhkosti a izolaci vůči zemní vlhkosti a spodní vodě, a tím předejít napadení dřeva houbami a dřevokazným hmyzem. Dřevěné konstrukce musí být uloženy takovým způsobem, který umožňuje proudění a výměnu vzduchu. To znamená, že by mělo být vhodným způsobem zajištěno větrání. Při zabezpečení volného proudění vzduchu postačí velikost mezery 2 až 3 cm. Konstrukční ochrana zahrnuje i výběr vhodných druhů dřeva se zvýšenou přirozenou odolností proti biotickým činitelům, povětrnostním vlivům a požáru, aby se tak dosáhlo co největší trvanlivosti dřeva (Baier, Týn 1996). K významným úlohám konstrukční ochrany dřevěných konstrukcí a ostatních prvků ze dřeva patří především jejich optimální přeprava, skladování (nevhodné pokládat dílce přímo na zem, hrozí absorpce zemní vlhkosti) a také samotná montáž na určeném místě. Vlhkost dřevěných prvků při montáži by měla odpovídat rovnovážné vlhkosti dřeva v daném prostředí (Straka, 2013).

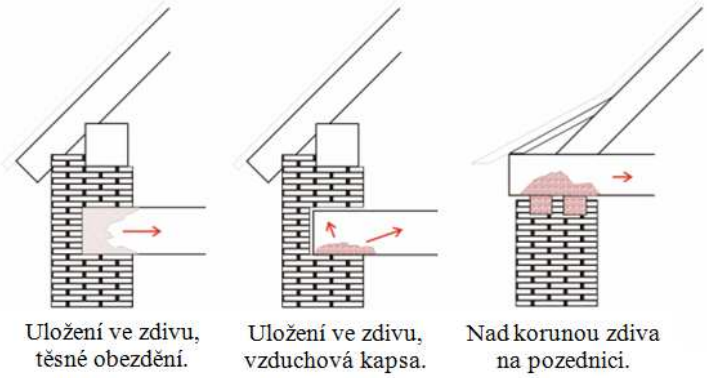
Nejčastějším problémem u krovů méně udržovaných či neudržovaných vůbec, bývá zatékání střechou, což způsobuje zvýšenou vlhkost v konstrukci. Příčinou vlhkosti může být porušená střešní krytina, závady oplechování (úžlabí, štítových zdí, za atikou), otevřená nebo poškozená střešní okna, narušené a znečištěné okapy (Vinař et al., 2010). Dalším problémem, který vede ke zvýšené vlhkosti je nedostatečné odvětrávání. V krovových konstrukcích bývají napadeny a ohroženy zejména (Straka et al., 2013):

- ***Pozednice*** – v místě, kde dochází ke styku se zdivem, při zasypání stavební sutí a jiným materiálem.



Obr. 10 Poškození pozednice (Frankl, 2010)

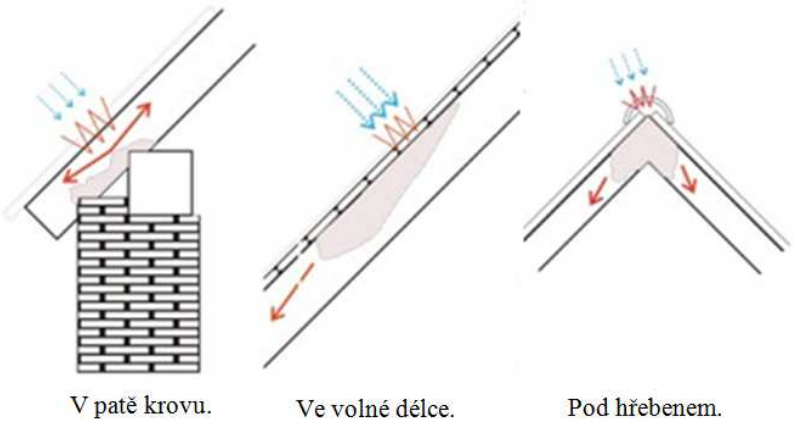
- ***Vazné trámy*** – v místech uložení do zdiva.



Obr. 11 Poškození vazných trámů (Frankl, 2010)

- ***Vaznice*** – v místech uložení na štítové zdi.
- ***Hambalky, rozpěry, kleštiny, vzpěry*** – v místech spojení.

- ***Krokve*** – v místech podepření na pozednici a v místech, kde dochází k pronikání vody střešním pláštěm.



Obr. 12 Poškození krokví (Frankl, 2010)

3.2.4.2 Chemická ochrana

Chemická ochrana dřeva spočívá v nasycení alespoň povrchové vrstvy dřeva toxickými látkami pro dřevokazný hmyz, dřevokazné a dřevozbarvující houby. Ochranné prostředky na dřevo obsahují jednu nebo více směrově účinných látek (baktericidy, fungicidy, insekticidy) a doprovodných složek (rozpouštědla, ředidla, stabilizátory, emulgátory, barviva, aj.). Baktericidy účinkují proti bakteriím, fungicidy likvidují dřevokazné houby a insekticidy zabraňují napadení dřevokazným hmyzem. Ochranné prostředky musí být zdravotně nezávadné, ekologické, nesmí zhoršovat mechanické a fyzikální vlastnosti dřeva (Vinař et al., 2010).

Před prováděním chemické ochrany se dřevo musí zbavit prachu a starých nátěrů. Chemická ochrana se provádí nejlépe při teplotách 20 °C. Teplota nižší než 10 °C způsobuje snížení penetrace ochranného prostředku do dřeva. Ochrana proti hmyzu se provádí v době výletu dospělých jedinců (květen – září). Kvalita chemické ochrany především závisí na aplikačních a ochranných vlastnostech chemického ochranného prostředku, na struktuře a vlhkosti dřeva a na použité technologii. Ochranná látka se nejčastěji aplikuje nátěrem a máčením. Dalším způsobem, jak vpravit látku do dřeva, je injektáž a bandážování (Baier, Týn, 1996).

Pro správný výběr prostředku na ochranu dřeva musíme znát typové označení. Účinnost ochranných prostředků dle normy ČSN 49 0600-1 je charakterizováno takto:

- F_A účinnost proti dřevokazným houbám, které způsobují měkkou hnilobu (*Ascomycetes*)
- F_B účinnost proti dřevokazným houbám, které způsobují hnědou a bílou hnilobu (*Basidiomycetes*)
- B účinnost proti dřevozbarvujícím houbám
- P účinnost proti plísním
- I_p preventivní účinnost proti dřevokaznému hmyzu
- I_i intenzivní (likvidační) účinnost proti dřevokaznému hmyzu
- D ochranné účinky proti povětrnostním vlivům
- v látka vyluhovatelná vodou
- n látka nevyluhovatelná vodou

3.2.5 Sanace dřevěných konstrukcí

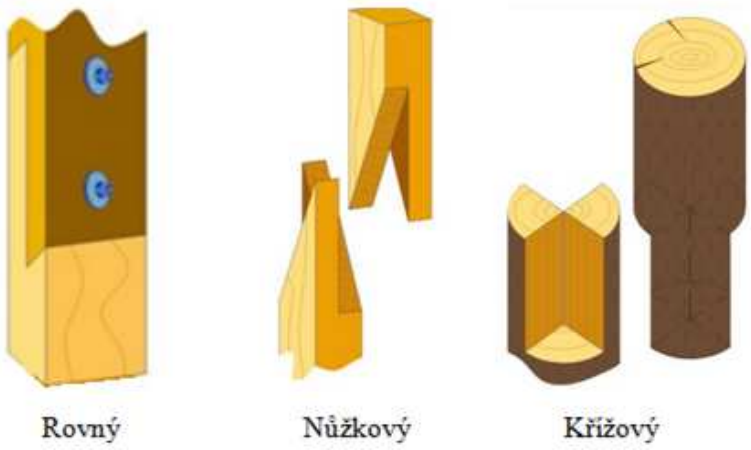
Sanaci historických dřevěných konstrukcí se snažíme navrhovat s maximálním podílem původních dřevěných prvků a s minimem neopodstatněných zásahů, které by mohly natrvalo pozměnit charakter konstrukce. V prvé řadě je nutné provést diagnostiku poškozeného dřeva. Dále odstranit zdroje vlhkosti, provést konstrukční sanaci (částečnou nebo úplnou výměnu prvků), sterilizovat napadené dřevo a provést chemickou ochranu původního i nově zabudovaného dřeva v konstrukci.

3.2.5.1 Konstrukční sanace

Do konstrukční sanace řadíme přímé zpevnění jednotlivých prvků, nepřímé zpevnění jednotlivých prvků (podepření, odlehčení, aj.) a zpevnění konstrukčních celků (spřažením dřevo – dřevo, dřevo – beton, stáhnutí ocelovými táhly). Zpevnění dřevěné konstrukce se může provádět zvětšením průřezu (přiložkování, výškové nastavení), nahrazením poškozené části prvku zdravým dřevem nebo jiným materiálem. Spojení částí je řešeno přiložkováním nebo ukotvením zdravé části do ocelové konzoly. Dalším způsobem zpevnění je nahrazení, respektive doplnění poškozeného prvku dřeva pomocí protézování (tesařské, beta – metoda), plombování a impregnace (epoxidová pryskyřice) (Reinprecht, 2008).

Tesařské protézování

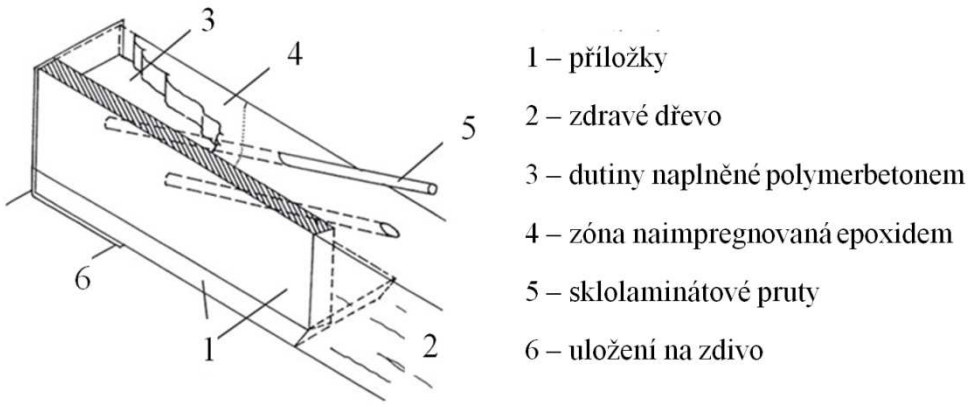
Cílem protézování je obnovit původní pevnost a tuhost konstrukce. Pro spojení zdravé části prvku a protézy se používá různých tesařských spojů (viz Obr. 13**)**. Volba spoje závisí především na funkčnosti (způsobu namáhání) a na estetických požadavcích architekta a památkářů. Rovné plátované spoje zajištěné svorníky se užívají u prvků, které jsou namáhány na tlak. Šikmé plátované spoje lze použít pro prvky namáhané na ohyb (oprava krokví). Pro prvky namáhané na krut a vzpěr je vhodné aplikovat nůžkové spoje. Tesařský spoj bývá zajištěn svorníky a lepidlem. Pokud použijeme patřičnou tesařskou metodu, pak se může dřevěný prvek rovnat svou tuhostí a pevností původnímu prvku před poškozením (Reinprecht, 2008).



Obr. 13 Tesařské metody protézování dřevěných prvků (Matas, 2015)

Protézování beta-metodou

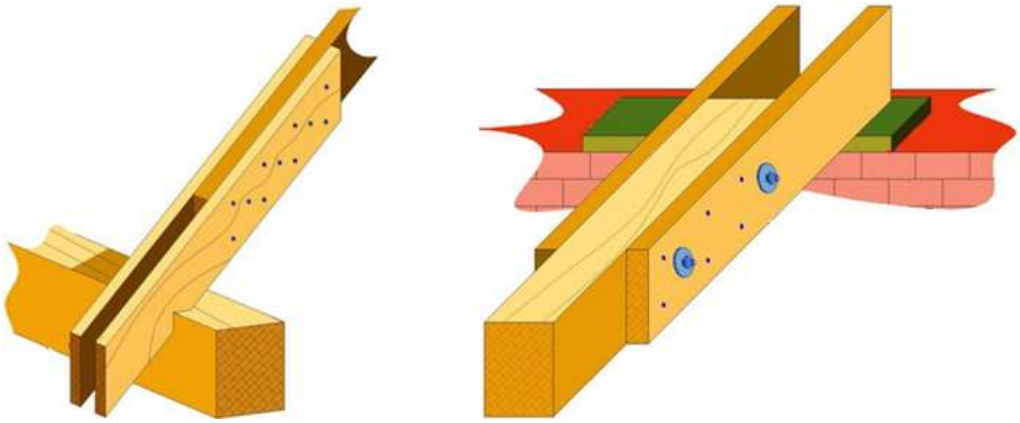
Tato metoda se převážně uplatňuje u prvků s vyšší památkovou hodnotou (stropní trámy s řezbou, malbou, polychromií). Dřevěný prvek je protézován pomocí polymerbetonu (směs epoxidové nebo polyesterové pryskyřice a křemičitého písku či dřevěných částic) v kombinaci s výstužnými pruty. Výstužné pruty zachytávají tahová i ohybová napětí. Polymerbetonová protéza nemění své vlastnosti a dobře odolává vůči biotickým škůdcům (Reinprecht, Joščák, 1996).



Obr. 14 Protézování beta-metodou (Reinprecht, 2008)

Příložkování dřevěných prvků

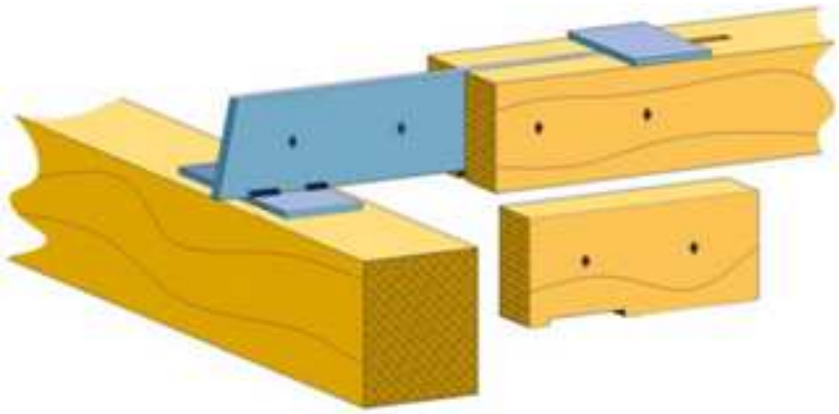
Příložkování slouží k zesílení poškozených prvků a ke zvýšení nosnosti konstrukce. Příložkou může být deska, hranol, vrstvené dřevo, překližka, ocel či jiný materiál. Příložky se připevňují pomocí hřebíků nebo šroubů z jedné, ze dvou, ze tří nebo ze čtyř stran. Dřevěné prvky lze zpevnit příložkami po celé délce či pouze lokálně. Prvky, které jsou namáhány na ohyb, se doporučuje příložkovat z vrchní a spodní strany prvku (Reinprecht, 2008).



Obr. 15 Příložkování krokve (vlevo) a příložkování vazného trámu (vpravo) (Matas, 2015)

Ukotvení dřevěných prvků do ocelových konzol

Ocelové konzoly se používají pro zpevnění poškozených zhlaví vazných trámů. Zdravá část se vloží do ocelové konzoly, kde se zajistí svorníky a koncový úsek ocelové konzoly je pevně fixován ve zdivu. Tento způsob bývá nejčastěji využíván k rekonstrukci památkově cenných trámů (viz Obr. 16). Předností je zachování původního vzhledu restaurovaného prvku.



Obr. 16 Ukotvení trámu do ocelové konzoly (Matas, 2015)

3.2.5.2 Chemická sanace

Tlaková injektáž

Tlaková injektáž spočívá v napuštění dřeva insekticidním či fungicidním přípravkem pod tlakem 40 – 100 barů. Díky vyvinutému tlaku se účinná chemická látka dostane do celého profilu dřeva. Před tlakovou injektáží musí být dřevo důkladně očištěno. Do dřeva se navrtají injektážní vrty, jejichž hloubka je do 1/3 profilu trámu z každé strany střídavě. Poté se do připravených otvorů naklepne injektážní hlavice a dochází k impregnaci (Flora, 2015).

- **Obr. 17 Postup tlakové injektáže (www.sanace-dreva.cz, 2011)**

4 METODIKA A MATERIÁL

4.1 Stavebně-technický průzkum

4.1.1 Získání základních poznatků o konstrukci

Nejprve bylo zapotřebí získat dostupné dokumentace (písemné, výkresové) o stavbě. Výkresovou dokumentaci se podařilo okopírovat na památkovém ústavě v Olomouci a písemné zmínky bylo možné shlédnout a nafotit ve farní kronice. Další materiál byl poskytnut v Přerově ve státním okresním archívu. Informace se týkaly zejména historie, konstrukčního řešení, oprav a rekonstrukcí.

Dalším krokem byla vizuální prohlídka objektu se zaměřením na dřevěnou střešní konstrukci. Důležitý byl dostatek světla, k tomu nám posloužily halogenové lampy a příruční svítilny. Zvýšená pozornost se věnovala tzv. kritickým místům, tj. místům, kde se poruchy vyskytují nejčastěji. Jednalo se zejména o zlomy střech, pozednice, zhlaví vazných trámů, oblast kolem štítu, vrcholovou vaznici, spoje dřevěných prvků, krokve ve spodní a horní části. Pomocí kladívka byly zjišťovány vnitřní poruchy v prvcích na základě odezvy na poklep. Poškozený prvek vykazoval tzv. „dutý zvuk“. V některých případech bylo díky vibracím, vyvolané kladivem, odhaleno biotické poškození dřevokazným hmyzem (vypadávající požerky z výletových otvorů). Poté bylo poškození prvků zaznamenáno do výkresové dokumentace. Tento podklad nám posloužil pro podrobnější průzkum. Při tomto průzkumu byla použita nedestruktivní metoda založena na měření rychlosti šíření ultrazvukové vlny.

Tab. 4 Odhad stupně poškození dřeva požerky dřevokazného hmyzu podle počtu výletových otvorů připadající na 1 m^2 povrchu (Reinprecht, Štefko, 2000)

Stupeň poškození	Počet výletových otvorů	
	Tesařík (4 x 7 mm)	Červotoč (2 – 3 mm)
Slabý	2 – 4	6 – 10
Střední	6 – 16	12 – 24
Silný	více než 16	více než 24

4.1.2 Měření poruch

Ke zjišťování stavu dřevěných prvků byl použit ultrazvukový přístroj Arbosonic Decay Detector. Jeho výhodou je rychlost, jednoduchost a nedestruktivnost. Měření přístrojem probíhalo v konstrukci věží, krovu chrámové lodi, presbytáře, na zvonové stolici a v pultových střechách. Všechna měření probíhala kolmo na vlákna, zvuk tedy procházel průřezem prvku. Vytipované prvky z předešlého průzkumu se měřily od degradovaného dřeva až do oblasti zdravého dřeva, abychom tak zjistili rozsah poškození.

Zařízení pracuje na principu ultrazvukového šíření vln. Přístroj je opatřen dvěma sondami, z nichž jedna vysílá a druhá přijímá ultrazvukové vlny. Sondy se proti sobě přiložily k dřevěnému prvku a stiskly se, přičemž bylo zapotřebí dbát na to, aby byly sondy přiloženy v ose naproti sobě, nedošlo k překřížení vodících kabelů a v místě měření se nevyskytovala trhlina, suk či cizorodý předmět. Stisknutím sond, vysílací sonda vybudila krátký impulz do prostředí. Na protilehlém povrchu zachytila přijímací sonda ultrazvukový impulz, který následně transformovala na elektrický signál a zařízení zobrazilo výsledek na LCD display v mikrosekundách. K vypočtení rychlosti bylo zapotřebí změřit vzdálenost sond. Rychlost šíření zvuku (c) se vypočítala ze vztahu:

$$c = \frac{d}{t} \qquad [m.s^{-1}]$$

kde: d – vzdálenost mezi sondami [m]
t – čas šíření zvuku [s]

(Horáček, 2008)

Měření probíhalo od štítové strany směrem k presbytáři (od západu na východ), u příčných trámů (vazné trámy, hambalky) se začínalo vždy z jižní strany. Vzdálenost mezi jednotlivými měřeními byla jeden metr, pokud jsme se přibližovali k poškozenému místu, měření probíhalo po 0,5 metru. Nejprve byly přeměřeny zdravé prvky, u kterých se určila průměrná hodnota zdravého dřeva v daném krovu. Průměrná rychlost šíření zvuku u zdravého dřeva vyšla 1023 $m.s^{-1}$. Prvky vykazující nižší hodnoty byly poškozené a bylo zapotřebí určit návrh sanace, přičemž bylo bráno v úvahu, že se jedná o kulturní památku.

4.1.3 Identifikace dřevokazného hmyzu

Zjišťování dřevokazných škůdců ve dřevě probíhalo vizuálně na základě vzhledu požerků a výletových otvorů (tvar a velikost). Výjimkou byla zvonová stolice, u které se prováděla mikroskopická analýza. Pomocí dlátka byl ze sloupku zvonové stolice, který vykazoval četné napadení, odštípnut kousek dřeva, pod kterým se nacházely chodbičky zaplněné drtí. Tato drť byla odejmuta do igelitového uzavíratelného sáčku. Identifikace dřevokazných hub byla prováděna vizuálně (výskyt barevných skvrn, vatovitý povlak, vlákna mycelia či plodnice houby).

4.2 Dendrochronologické datování

4.2.1 Odběr a příprava vzorků

K provedení dendrochronologické analýzy bylo zapotřebí zajistit správný odběr vzorků (Rybníček, 2003). Odběr vzorků byl proveden za pomocí Presslerova přírůstového nebozezu, který je určený pro odběry vývrtů ze živých stromů i z trámů dřevěných konstrukcí. Jedná se o dutý ocelový vrták o vnějším průměru 10 mm a vnitřním průměru 5 mm, který obsahuje lžičku.

Důležitým parametrem pro výběr prvků se stal počet letokruhů a výskyt podkorního letokruhu. Místa odběru byla pečlivě vybrána. Uvažovalo se s trámy o větších dimenzích s podkorním letokruhem, který nám pomohl určit přesné kácení stromu. Podkorní letokruh bylo možné poznat tak, že se místo ostré hrany nacházela oblinka, někdy i s kůrou. Na dané oblinky bylo zapotřebí se pozorně podívat. Mohlo se totiž jednat o obroušení, případně uštípnutí. Pokud prvky neměly podkorní letokruh, přesto bylo datování možné, jen bylo méně přesné. Před samotným vrtáním bylo zapotřebí důkladně zkontrolovat místo odběru. Nesměly se zde vyskytovat žádné suky, cizí předměty (hřebíky, skoby, kramle, aj.), které mohly poničit ostří nebozezu. Vhodné bylo vybírat taková místa, kde se nevyskytovaly žádné trhliny, kvůli celistvosti vzorku.

Obr. 18 Odběr vzorků pomocí Presslerova nebozezu

Samotný vrt se prováděl v kolmém směru na tečnou rovinu původního válce kmene, tedy i na jeho osu tak, aby protnul co nejvíce letokruhů. Pro získání kvalitního vzorku (celistvého válečku) byly důležité zejména první otáčky nebozezu. Muselo se dbát zvýšené opatrnosti, aby při vrtání nedocházelo k pohybům mimo osu vrtu, jelikož mohlo dojít k rozpadnutí počátečních letokruhů. Po vyvrtání vzorku, do dostatečné hloubky, byla do nebozezu opatrně zasunuta kovová lžička, která zajistila a oddělila vývrt od dřevěného prvku. Poté byl nebozez z prvku vyšroubován a kovová lžička se vzorkem se opatrně vysunula. Vzorek se umístil do pevných desek, opatřených vlnitou lepenkou, umožňující bezpečný transport vzorků do laboratoře. Vzorky se důkladně označily číslem definujícím místo odběru a zapsaly se do předem připraveného formuláře.

Obr. 19 Odebrané vzorky

V laboratoři se vzorky nalepily do pomocných lišt, které byly opatřeny drážkou odpovídajícího průměru vzorku a zajistily se papírovou páskou. Vzorky byly lepeny tak, aby po obroušení byl viditelný příčný řez, na kterém se pak provádí samotné měření. Jakmile došlo k vytvrzení lepidla, byla stržena papírová lepicí páska, každý vzorek se obrousil brusným papírem. Pro získání kvalitního povrchu (zřetelnosti hranice letokruhů) byl každý vzorek přebroušen brusným papírem o zrnitosti 240.

4.2.2 Identifikace druhu dřeva

Pro přesné dendrochronologické datování bylo nutné znát dřeviny vyskytující se v krovové konstrukci. Z dostupných pramenů neexistuje žádná zpráva, která by nás informovala o použitém materiálu. Dřeviny použité v krovové konstrukci bylo obtížné makroskopicky determinovat. Bylo tedy zapotřebí vyrobit preparáty, které se následně zkoumaly na mikroskopické úrovni, kde dle charakteristických znaků došlo k určení dřeviny.

4.2.3 Měření vzorků

Zařízení používané pro měření bylo od rakouské firmy Bernhard Knibe Software Development. Přístroj je složen ze tří hlavních části, kterými je měřící stůl, podsvícená stereolupa s nitkovým křížem a datovací program PAST 4, ve kterém bylo prováděno měření a synchronizace letokruhových sekvencí. Roční přírůstky dřeva byly v programu PAST 4 měřeny s přesností na 0,01 mm (Rybníček, 2003). Před samotným měřením a po jeho skončení bylo zapotřebí v programu vyplnit následující údaje: číslo měření, číslo vzorku, lokalizace odběru, druh dřeviny, počet naměřených letokruhů s označením typu ukončení vzorku (viz Tab. 5).

Tab. 5 Způsoby ukončení vzorku a jeho datování (www.dendrochronologie.cz)

Zkratka	Ukončení vzorku datace
ak	- u vzorku není zachována hranice bělového dřeva (ks), ani podkorní letokruh (wk) - vzorek tedy nelze přesně datovat, můžeme jen říci, že je mladší, než uvedené datum (tzn. než poslední datovaný letokruh + odhadovaný počet letokruhů bělového dřeva)
wk	- podkorní letokruh (kambium) - vzorek lze datovat přesně rokem utětí stromu
swk	- podkorní letokruh je tvořen pouze jarním dřevem - strom byl uťat v létě daného roku
wwk	- podkorní letokruh obsahuje i letní dřevo - strom byl uťat na podzim (v zimě) daného roku
+/-wk	- pravděpodobně podkorní letokruh, nelze to však s jistotou dokázat
ks	- hranice jádrového a bělového dřeva - podle stáří stromu a lokality má běl průměrně 5 – 25 letokruhů - dřevo lze datovat s tolerancí +/-10 let

4.2.4 Statistické výpočty

Pomocí programu byly letokruhové křivky křížově datovány (cross-dating), kdy dojde k nalezení synchronní pozice dvou letokruhových řad. Obě řady jsou srovnávány ve všech možných vzájemných polohách. Při optické komparaci se musely obě křivky setkávat v minimech a maximech (Kolář, 2007). Celkový trend křivek musel být stejný. Zprůměrováním korelujících křivek (tj. vzorky pocházející ze stejného období), vznikne střední křivka, která zvýrazní společné extrémy související s klimatickými změnami a potlačí všechny ostatní oscilace způsobené vnějšími vlivy (Rybníček, 2007). Průměrná letokruhová křivka byla porovnávána se standardní chronologií. Míra podobnosti byla posuzována na základně t-testů, koeficientu souběžnosti a optické shody křivek (Cook, Kairiukstis, 1990). Tento postup se opakoval u všech vzorků.

Tab. 6 Použitá standardní chronologie (www.dendrochronologie.cz)

Standard	Oblast	Autor	Délka	Začátek	Konec
Jedle					
je-mp05	Morava	Kyncl	1048	949	1996

4.2.4.1 Souběžnost

Touto metodou bylo stanoveno „Procento souběžnosti“ křivky dvou vzorků nebo vzorku a standardní chronologie v části jejich společného překrytí (Schweingruber, 1993). Hodnota vyjadřuje, v kolika procentech případů dochází ke shodnému trendu mezi srovnanými letokruhovými křivkami (Drápela, Zach 2000). Lze ji vypočítat následujícím způsobem:

1. Hodnoty standardní chronologie a vzorku se převedly na soustavu hodnot po jednoletých intervalech. Možné hodnoty jsou -1 klesající, 0 stagnující a +1 rostoucí trend.
2. Pomocí digitalizovaných dat se porovnávalo sečtení jednotlivých intervalů se souhlasným trendem křivky.
3. Počet souhlasných let ku počtu všech překrývajících se roků udává hodnotu souběžnosti, která se pohybuje v rozmezí od 0 % do 100 %.

Souběžnost nemá být nižší než 60 % (Rybníček, 2010). Tato hodnota vypovídá, zda má souběžnost, v porovnání s celkovou délkou, nějakou statistickou významnost. V programu PAST byla tato významnost označena kategorií # významnost 95 %, # # významnost 99 % a # # # významnost 99,9 %.

4.2.4.2 Studentův T–test

T–test je založen na porovnávání vzorku a standardu jako dvou souborů dat. Data jsou před samotným provedením statistického výpočtu transformována, abychom splnili statistické podmínky, které vyžaduje použití T-testu (normalita dat, odstranění vlastní autokorelace). Nejčastěji využívané transformace jsou dle Baillie/Pilcher a Holsteina (Vinař et al., 2005). Při překrytí datované křivky se standardní chronologií alespoň čtyřiceti letokruhy je kritická hodnota T-testu při 0,1% hladině významnosti 3,551. Pokud je hodnota T-testu nižší než 3,5, je pravděpodobnost překrytí malá. Zatímco hodnoty vykazující vyšší hodnotu než 5 s velkou pravděpodobností naznačují shodné chronologické zařazení vzorků (Šmelko, Wolf, 1977).

4.2.4.3 Překrytí vzorku se standardem

Důležitou hodnotou je délka překrytí datované křivky se standardní dendrochronologií (viz Tab. 7). Samozřejmě, čím máme delší překrytí daných křivek, tím je spolehlivost datování vyšší. Tato vlastnost je určena na základě korelačního koeficientu při 1% hladině významnosti v závislosti na délce překrytí segmentů (Grissino-Mayer, 2001).

Tab. 7 Hodnoty kritického korelačního koef. v závislosti na délce překrytí (Grissino-Mayer, 2001)

Délka segmentu	Kritický korelační koeficient při 1% hladině významnosti
10	0,7155
15	0,5923
20	0,5155
25	0,4622
30	0,6226
35	0,3916
40	0,3665
50	0,3281
60	0,2997
70	0,2776
80	0,2597
90	0,2449
100	0,2324
120	0,2122

5 VÝSLEDKY

5.1 Historický vývoj objektu

5.1.1 Stavba a opravy budovy

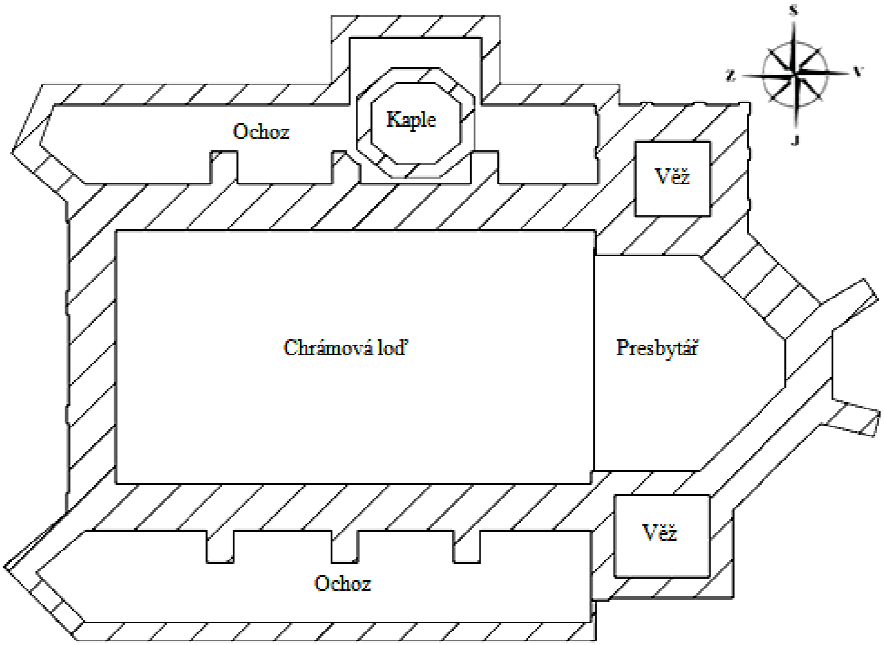
Jedná se o goticko-renesanční stavbu z let 1590 – 1593 (Foltýn, 2005). Stavba má půdorys obdélníka s trojbokým presbytářem sevřeným dvojicí věží. V českých zemích to bylo výjimečné dílo, jelikož bratrské kostely věže nemívaly. Tato severní věž patří k nejvýznamnějším památkám renesance v Záalpí. Druhá, jižní věž, nikdy nebyla dostavěna do projektované výšky. Autorem projektu kostela byl pravděpodobně známý stavitel Baltassare Maggi z italského Arogna. Roku 1613 utrpěl kostel požár a opraven byl až v roce 1634 piaristy, kteří se zaměřovali na protireformační a rekatolizační činnost (Šmánková, 1967).

Roku 1642 vpadlo švédské vojsko do města a začalo ho plenit. Kostel, společně s kolejí, se stal snadným terčem pro rabující švédské vojáky, občas se k nim přidružilo i místní obyvatelstvo. Plenění trvalo tři roky. V poslední čtvrtině 17. století (1670 – 1687) byl kostel spravován a přestavěn. Byl změněn formát oken, zaklenuta loď a mezi opěrné pilíře lodi byly vloženy empory (ochozy), přibyly tedy i postranní pultové střechy. Po roce 1700 byla věnována péče primárně interiéru. Kostel byl roku 1713 vysvěcen. V roce 1728, kdy vypukl požár a kostel byl značně poškozen, probíhá oprava. V 70. letech 18. století byla pro kostel pořízena nová střecha. Další opravy probíhaly v letech 1824 a 1846 (Šmánková, 1967).

Do roku 1884 byl kostel klášterní, po odchodu piaristů z kláštera byl prohlášen za kostel filiální. Filiální kostel podléhá pravomoci svého duchovního správce a značí, že na daném území se vyskytuje více kostelů, přičemž filiální kostel je pobočkou (Klimeš, 1981). Další zmínku o kostele můžeme nalézt v kronice v roce 1957, kdy vichřice poničila střechu kostela. V roce 1963 povolila státní správa opravu střechy, která se průběžně opravovala až do roku 1972. V roce 1990 byl kostel navrácen církvi. Kostel se nacházel ve velmi špatném stavu. Ještě téhož roku byla na severní věž dána nová měděná krytina. Roku 1991 se pokračovalo v opravách, byly zhotoveny nové nadokapové žlaby. V roce 1993 byla vyčištěna věž kostela a provedena rekonstrukce dřevěných podlaží a schodů. V témže roce byla dokončena oprava střechy kostela. V roce 1996 byla severní věž opatřena zvonem sv. Františka Serafínského.

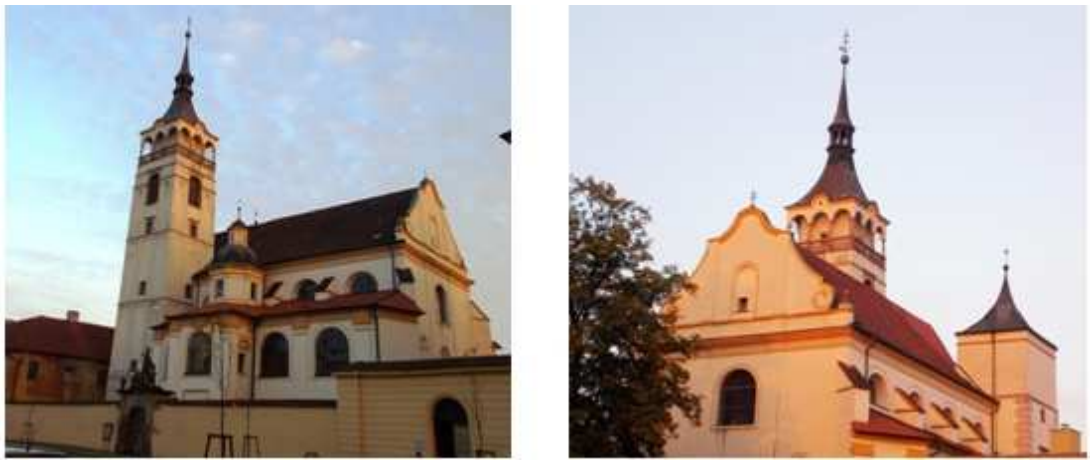
5.2 Současný stav objektu

Goticko-renesanční stavba byla stylizována do baroka. Do dnešní podoby se dochovala dispozice kostela, včetně obvodových zdí, kněžiště s opěrnými pilíři, později upravená klenba kněžiště, postranní ochozy a dvojice věží.



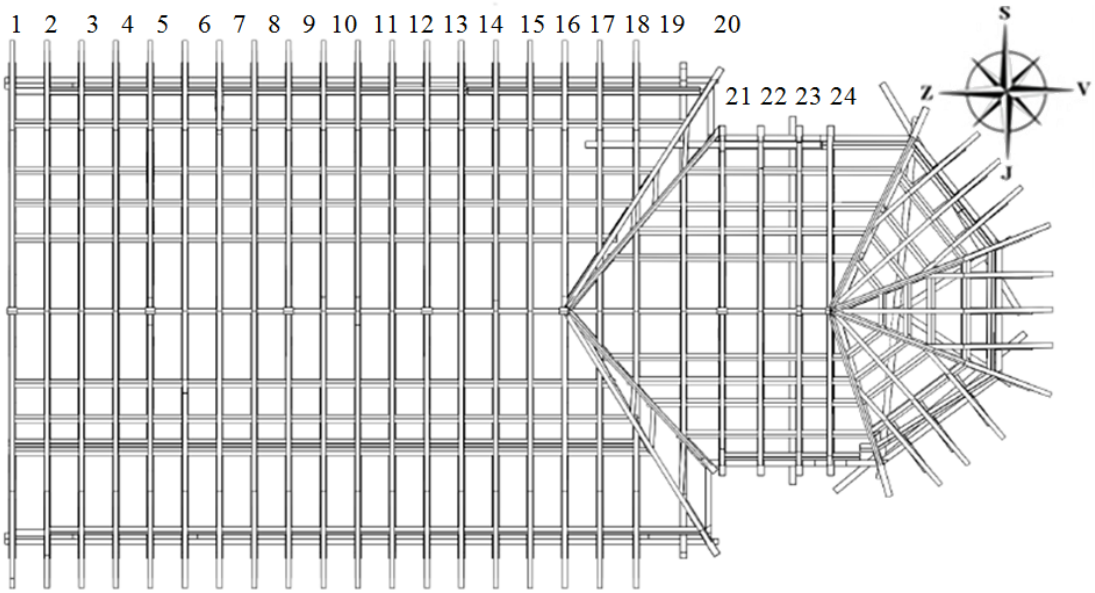
Obr. 20 Půdorysné schéma kostela sv. Františka Serafínského v Lipníku nad Bečvou

Sedlová střecha nad chrámovou lodí se sklonem 49° je kryta pálenými taškami s falcem bez povrchové úpravy. Hřebenáče jsou uloženy do malty. Sedlovou střechu z jedné strany uzavírá štít, který je zdoben pilastry a římsami. Na druhé straně (nad presbytářem) je sedlová střecha užší, přechází ve stanovou a je opatřena dvěma střešními okny. Krov nad chrámovou lodí má na jižní straně dvě střešní okna, na severní straně je prosvětlení vyřešeno pomocí 12 kusů střešních skleněných tašek.

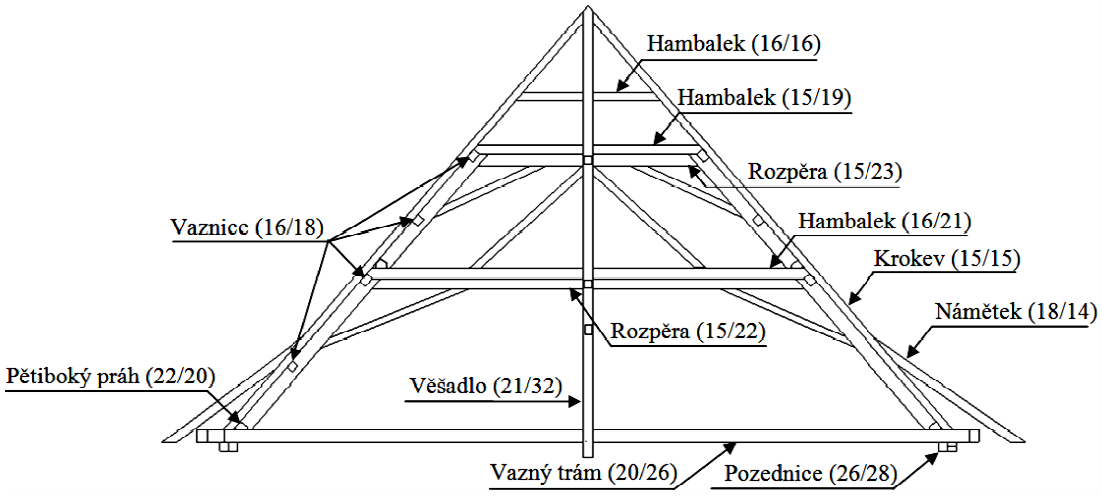


Obr. 21 Pohled na kostel: vlevo foceno ze severní strany, vpravo foceno z jihozápadní strany

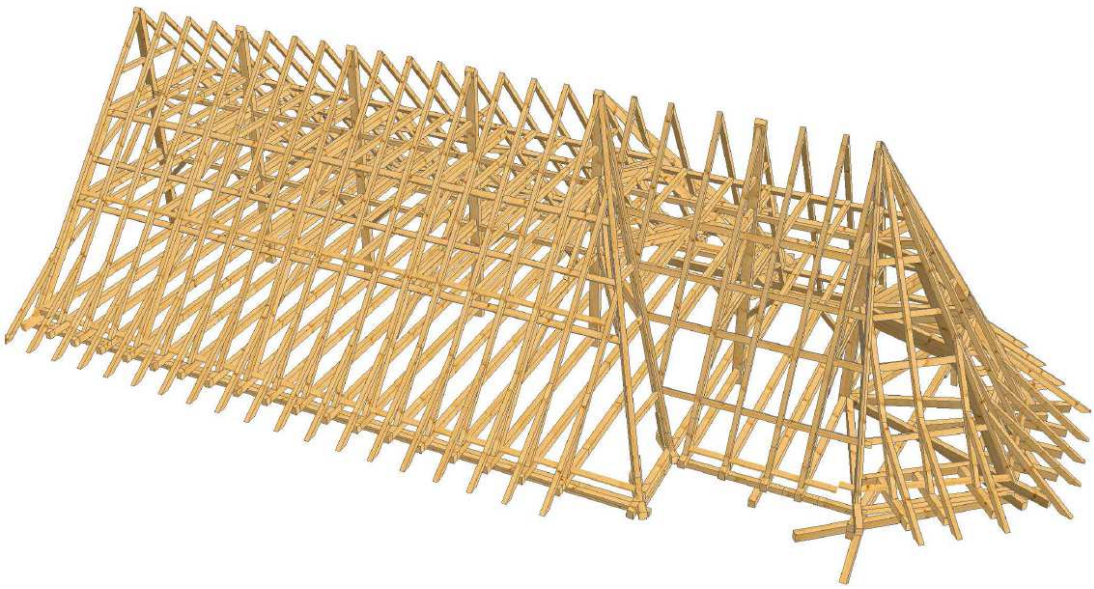
Střešní dřevěná konstrukce zaměřovaného objektu se skládá z krovu lodě, presbytáře, severní věže, jižní věže a dvou postranních pultových střech (viz Obr. 20). Nad presbytářem a chrámovou lodí je krokevní soustava se třemi patry hambalků. Konstrukcí krovu lodě a presbytáře je ležatá stolice s věšadlem. Krov chrámové lodi a presbytáře má celkem sedm plných vazeb. Mezi plnými vazbami se nachází tři prázdné vazby. Vazby jsou mezi sebou vzdáleny 1,1 m. Vazný trám leží na dvojité pozednici s šesti vaznicemi a s námětky po obou stranách. Vnější pozednice je zazděná ze dvou stran, vnitřní pouze z jedné strany. Pozednice byly hodnoceny vizuálně a poklepem **(**viz Obr. 49**)**. Přesah vazných trámů z každé strany je 300 mm, námětky jsou uloženy na cihlové fabionové římse. Na vazných trámech je uložený pětiboký práh, který byl rovněž hodnocen vizuálně a poklepem (viz Obr. 49**)**.



Obr. 22 Půdorysné schéma krovu chrámové lodi a presbytáře

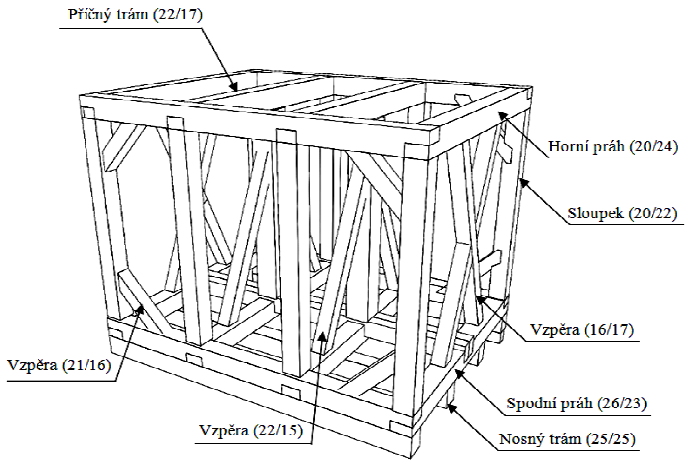


Obr. 23 Názvosloví a rozměry prvků



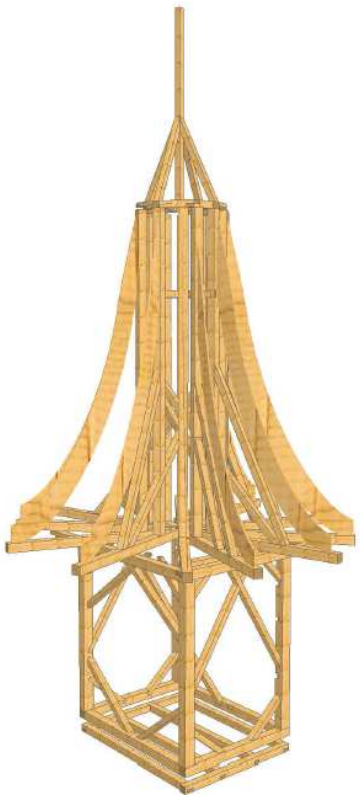
Obr. 24 Krov nad presbytářem a chrámovou lodí, pohled z jihovýchodu

V severní věži v šestém patře je umístěna dubová zvonová stolice konstruována pro tři zvony. V současnosti jsou v ní ukotveny dva zvony. Zvonová stolice je uložena na čtyřech nosných trámech, které jsou uloženy do zdiva. Na nosných trámech leží spodní práh skládající se ze čtyř obvodových trámů. Konstrukce má deset sloupků, které jsou začepovány do spodního a horního prahu. V podélném směru vůči směru pohybu zvonu se na vnějších stěnách nachází dvě zkřížené vzpěry (na každé straně). Sloupky na vnitřních stěnách jsou zajištěny z obou stran dvěma vzpěrami. V kolmém směru vůči směru pohybu zvonu se na vnějších stranách v rozích nachází krátké vzpěry.

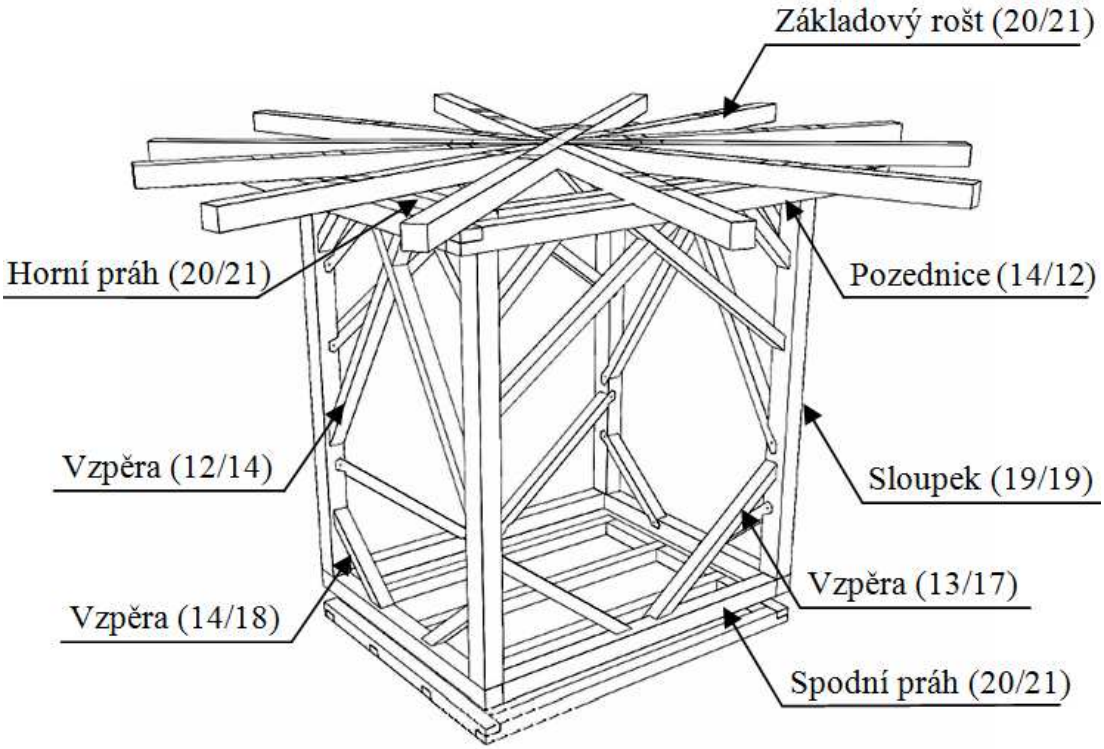


Obr. 25 Zvonová stolice pro tři zvony, pohled ze severovýchodu

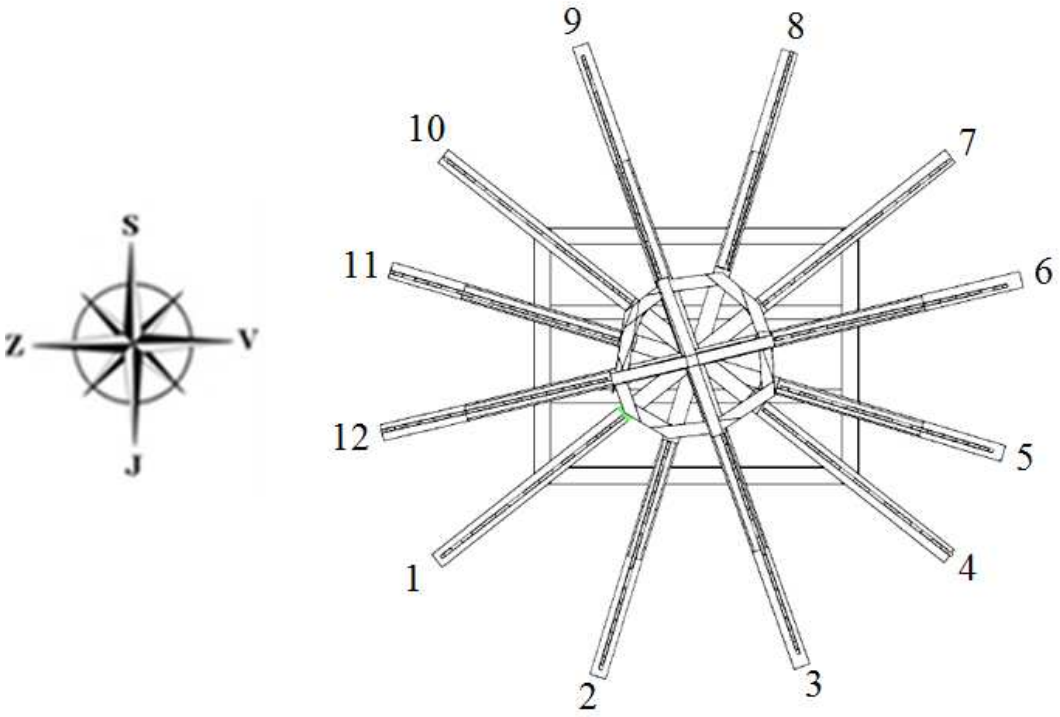
V sedmém patře severní věže se nachází dřevěná konstrukce zajišťující stabilitu proti překlopení krovu věže. Konstrukci tvoří spodní práh skládající se ze čtyř trámů, které jsou do sebe začepovány. Do spodního a horního prahu jsou začepovány sloupky. Konstrukce je jištěna vzpěrami, které jsou spojeny na rybinové plátování a zajištěny dřevěným kolíkem. Na horní práh a pozednice je vložen základový rošt, který nese krovovou konstrukci věže. Krov velké (severní) věže tvoří osmihrannou konstrukci. Osmihran tvoří současně i základ lucerny. Základní rošt nese 12 sloupků, o které se opírají ramenáty. Mezi sloupky jsou rozepřeny šikmé vzpěry přenášející zatížení větrem. Věž je zastřešena plechovou krytinou.



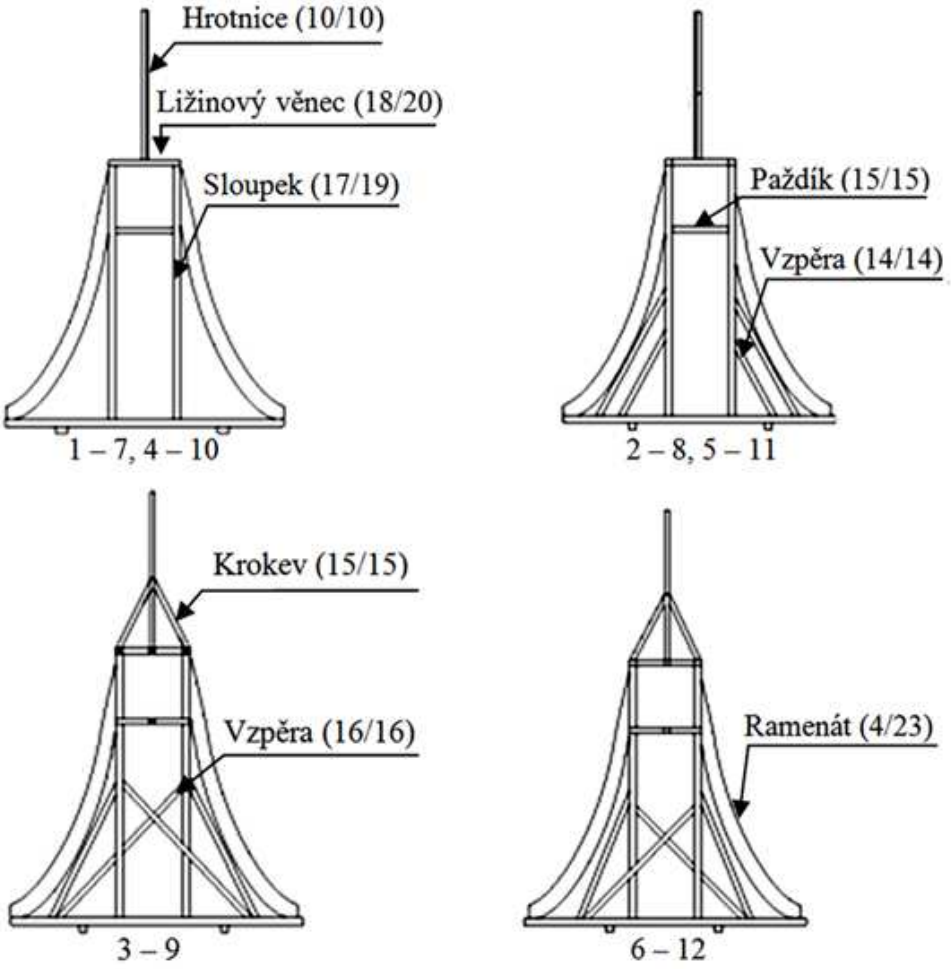
Obr. 26 Konstrukce severní věže, pohled z jihozápadu



Obr. 27 Konstrukce severní věže, pohled ze severozápadu

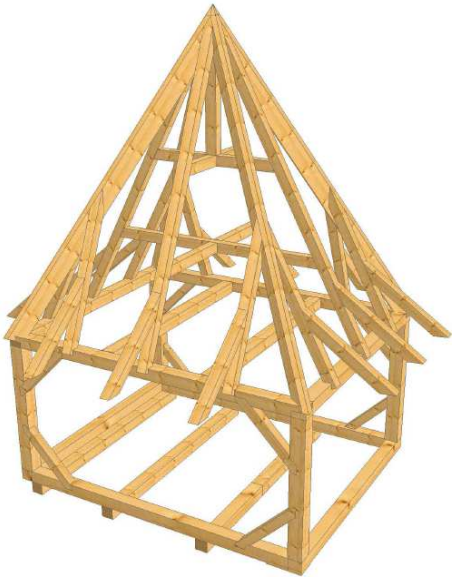


Obr. 28 Půdorysné schéma severní věže a označení vazeb

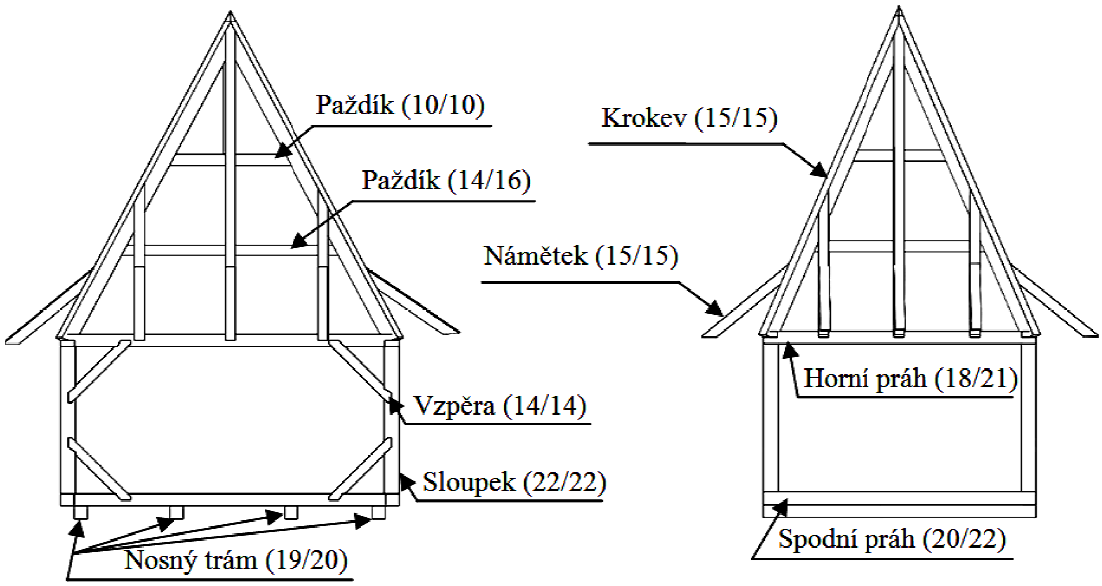


Obr. 29 Pohledy na jednotlivé vazby severní věže

Malá věž má obdélníkový půdorys o rozměrech 3,54 x 4,9 m. Nosné trámy jsou uloženy do obvodového zdiva. Na zazděných trámech je uložen spodní práh, který je složen ze čtyř obvodových trámů. Obvodové trámy jsou vzájemně začepovány. Mezi spodní a horní práh jsou začepovány čtyři sloupky. Konstrukce je zajištěna osmi vzpěrami, které jsou spojeny se sloupky na rybinový plát. Krov je sestaven z 16 krokví, z toho čtyř nárožních krokví, 12 námětků a z paždíků, nacházejících se nad sebou. Na paždíku ve druhém patře je uložena hrotnice. Konstrukce krovu je charakteristická pro stanovou střechu, která je pokryta plechem.

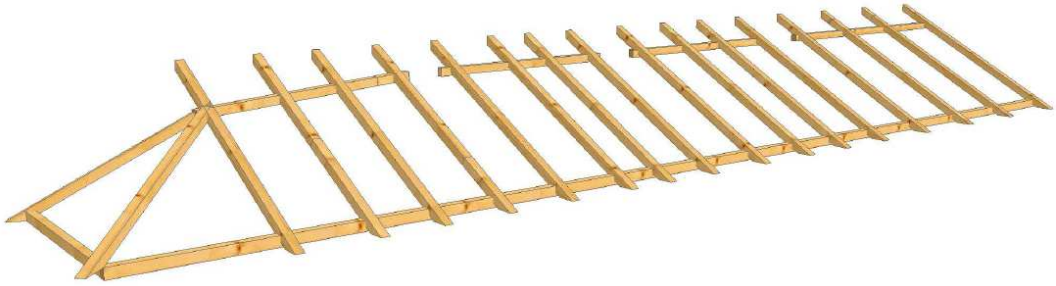


Obr. 30 Konstrukce jižní věže, pohled z jihozápadu



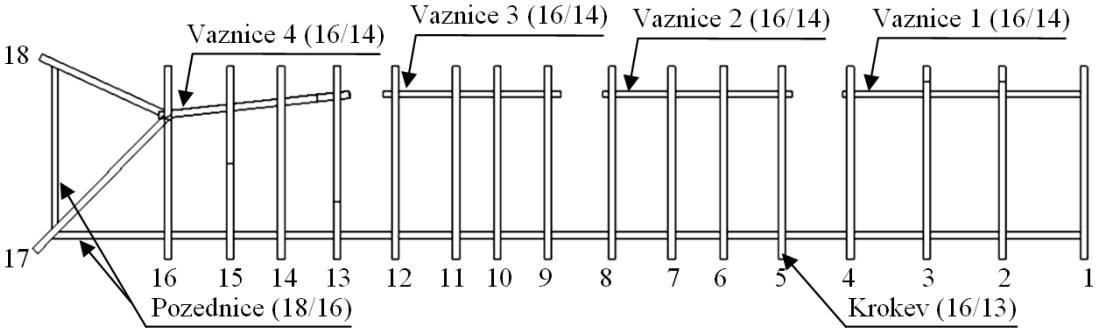
Obr. 31 Malá věž (vlevo pohled na severní stranu, vpravo pohled na východní stranu)

Pultová střecha z jižní strany je složena z pozednice (210 x 160 mm), čtyř vaznic (160 x 120 mm) a z 18 krokví (140 x 140 mm). Vaznice není celistvá z důvodů vyskytujících se opěrných pilířů. Sklon střechy je 25°. Konstrukce krovu na severní straně je členitější, jelikož skrz pultovou střechu prochází kopule. Krov je z pěti pozednic (210 x 160 mm), 21 krokví (140 x 140 mm) a vaznic (160 x 120 mm), které jsou podepřeny sloupky (100 x 140 mm). Střešní plocha má sklon 30°. Krytinou obou konstrukcí je plech.

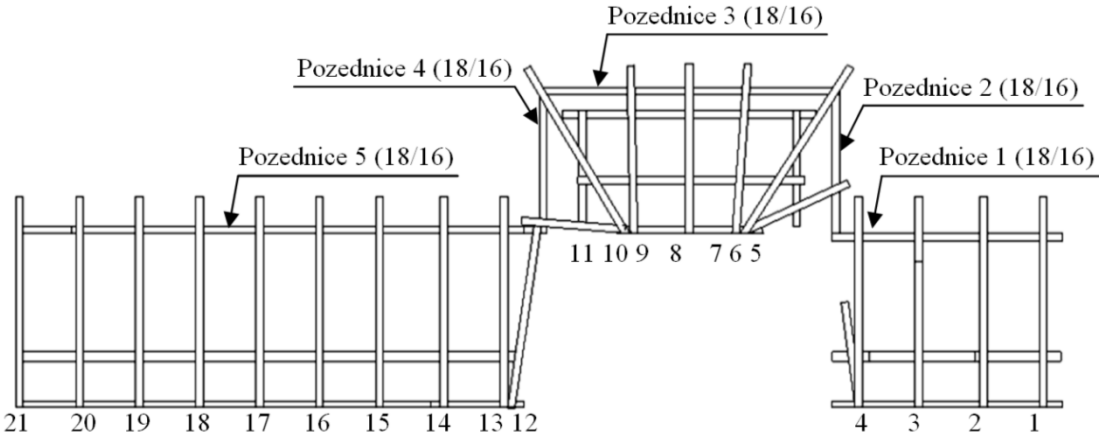


Obr. 32 Krov pultové střechy na jižní straně

Obr. 33 Krov pultové střechy na severní straně



Obr. 34 Schematicky znázorněný krov pultové střechy jižní strany



Obr. 35 Schematicky znázorněný krov pultové střechy severní strany

5.2.1 Vizuální hodnocení krovu

Střešní krytina (pálené tašky) se nachází ve výborném stavu. Pouze nad presbytářem, který má větší sklon střechy, chybělo několik tašek. Chybějící tašky způsobily zatékání do konstrukce a následně degradaci některých prvků nad presbytářem (viz Obr. 49). Nejvíce poškozenými prvky, které byly degradovány houbami hnědého tlení, byly pozednice. V některých místech došlo až k totální destrukci prvku. Hnědá hniloba je v neaktivním stavu, přesto znehodnocení těchto prvků je tak rozsáhlé, že jako vhodné řešení se jeví výměna celých poškozených prvků za nové. V krovu mezi 1. a 5. vazbou chyběla ve druhém patře mezilehlá vaznice a v prvním patře byl trám po celé své délce degradován hnilobou. Chybějící i degradovanou mezilehlou vaznici bych nahradila novými prvky. V páté vazbě je hambalek ve třetím patře uvolněn ve spojích. Mezi 9. – 13. vazbou se mezilehlá vaznice ve druhém patře podélně bortí do vrtule.

U jižní věže byly hodnoceny vizuálně sloupky a vzpěry, které se jevily jako zdravé. V severní věži v šestém patře na jižní straně chybí vzpěra a v místech, kde se vyskytovala běl, vykazovala konstrukce napadení dřevokazným hmyzem. Po detailním zkoumání pod mikroskopem, kde byly pozorovány drtinky, jejich tvar a velikost (viz Obr. 36), bylo zjištěno, že se jedná o hrbohlava.

Obr. 36 Drtinky z čeledi *Anobiidae* (vlevo, zvětšeno 50x) a *Lyctidae* (vpravo, zvětšeno 40x), (www.projects.centralbaltic.eu)

5.2.2 Výsledky měření pomocí přístroje Arbosonic Decay Detector

Tab. 8 Naměřené hodnoty rychlosti šíření zvuku ve dřevě, určení poškození a návrh sanace jednotlivých prvků krovu chrámové lodi a presbytáře (T – tesařík, H – hniloba, V – výměna celého prvku, P – protézování, N - nový)

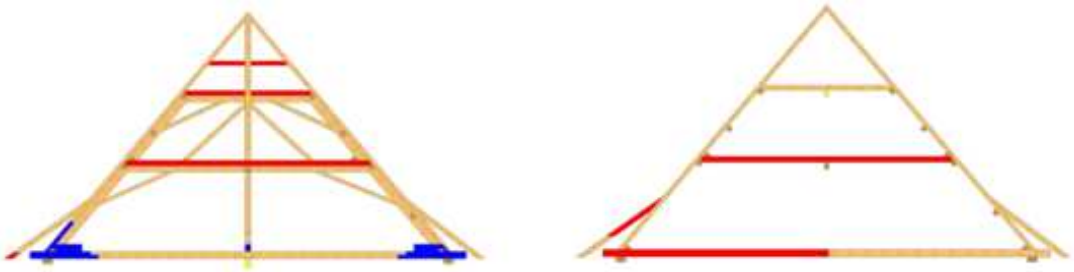
Číslo vazby	Název prvku	Rozměr [mm]	Vzdálenost měření od čela prvku [m]	Rychlost šíření zvuku [$m.s^{-1}$]	Poškození	Sanace
1	Hambalek 3. patro	190	0,5	**819**	T	V (1,9 m)
		190	1	**841**		
		190	1,5	**823**		
	Hambalek 2. patro	160	0,5	**952**	T	V (3,2 m)
		160	1	**842**		
		160	2	**865**		
	Hambalek 1. patro	160	0,5	**988**	T	V (7,7 m)
		160	1	**952**		
		160	2	**988**		
		160	3	**976**		
2	Námětek jih	150	0,5	**955**	T	P (1,5 m)
		150	1	**1016**		
		150	1,3	1064		
		150	1,5	1079		
	Hambalek 1. patro	160	0,5	**970**	T	V (7,7 m)
		160	1	**994**		
		160	2	**982**		
		160	3	**988**		
	Vazný trám	190	1	**976**	T	P (8,5 m)
		190	5	**865**		
		190	8	**988**		
		190	8,3	**1016**		
		190	8,5	1038		
3	Hambalek 1. patro	160	1	**1016**	T	
		160	4	1027		
		160	8	**952**		
4	Hambalek 2. patro	160	0,5	1081		
		160	1	1060		
		160	1,3	**1006**	T	
		160	2	**982**		
		160	3	**958**		
	Vazný trám	190	2	**990**	T	P (2,5 m)
		190	2,3	1038		
		190	4,5	1050		
		190	4,8	**1016**	H	P (1 m)
		190	5	**979**		

Číslo vazby	Název prvku	Rozměr [mm]	Vzdálenost měření od čela prvku [m]	Rychlost šíření zvuku [$m.s^{-1}$]	Poškození	Sanace
5	Sloupek	320	6	1092		
		320	7	1039		
		320	7,3	**1000**	T, H	P (1 m)
		320	7,5	**967**		
	Krokev jih	150	8	1071		
		150	8,5	1056		
		150	9	**1020**	H, T	P (1 m)
		150	9,5	**993**		
	Hambalek 3. patro	prvek je uvolněn ve spojích				příložky
	Hambalek 1. patro	160	1	**930**	T	V (7,7 m)
		160	2	**894**		
		160	3	**936**		
	Vazný trám	200	2	1124		
		200	2,5	1081		
		200	2,8	**971**	T	P (2,5 m)
		200	3,5	**936**		
		200	4,5	**963**		
		200	5	**993**		
		200	5,5	1023		
6	Krokev jih	150	6	1111		
		150	6,5	1087		
		150	7	1020		
		150	7,3	**974**	T	
		150	7,5	**1000**		
		150	7,8	**980**		
		150	8	1034		
		150	8,5	1079		
	Vazný trám	200	0,5	**841**	T	P (3,5 m)
		200	1	**865**		
		200	2	**1010**		
		200	2,5	**990**		
		200	3	**1020**		
		200	3,5	1053		
7	Hambalek 2. patro	160	0,5	**1000**	T	
		160	1	**1016**		
		160	1,3	**1013**		
		160	1,5	1039		
	Krokev sever	150	0,2	**904**	H, T	P (2,5 m)
		150	1	**920**		
		150	1,5	**955**		
		150	2	**980**		
		150	2,5	962		
	Námětek sever	140	1	**921**	H, T	V (3,3 m)
		140	2	**940**		
		140	3	**966**		

Číslo vazby	Název prvku	Rozměr [mm]	Vzdálenost měření od čela prvku [m]	Rychlost šíření zvuku [$m.s^{-1}$]	Poškození	Sanace
7	Vazný trám	200	8	1042		
		200	8,5	**1000**	T	P (5 m)
		200	9	**971**		
		200	10	**943**		
		200	11	**922**		
		200	12	**901**		
		200	12,5	**870**		
8	Vazný trám	200	0,5	**840**	T	V (13 m)
		200	3	**813**		
		200	4	**985**		
		200	6	**922**		
		200	8	**851**		
		200	10	**735**		
		200	12	**749**		
9	Hambalek 3. patro	chybí				N (1,9 m)
10	Krokev sever	150	8	1071		
		150	8,5	1056		
		150	9	**1016**	H	P (1 m)
		150	9,5	**987**		
	Vazný trám	200	10	1156		
		200	11	1130		
		200	11,5	1075		
		200	12	**1005**	T	P (1,5 m)
		200	12,5	**913**		
		200	13	**851**		
11	Krokev jih	150	0,5	**1014**	H	P (1 m)
		150	0,8	1042		
	Krokev sever	150	0,5	**1020**	H	P (1 m)
		150	0,8	1049		
	Vazný trám	200	11	1075		
		200	11,5	1042		
		200	12	**1010**	T	P (1,5 m)
		200	12,5	**976**		
		200	13	**943**		
12	Hambalek 2. patro	160	1,5	1039		
		160	1,8	**1000**	T	
		160	2	**1010**		
		160	3,5	**1016**		
	Vazný trám	chybí, pouze pod krokvemi je 600 mm				N (13 m)

Číslo vazby	Název prvku	Rozměr [mm]	Vzdálenost měření od čela prvku [m]	Rychlost šíření zvuku [$m.s^{-1}$]	Poškození	Sanace
13	Krokev sever	150	0,5	**932**	T, H	P (1 m)
		150	0,8	**993**		
		150	1	1042		
	Vazný trám	200	0,5	**709**	T	V (13 m)
		200	4	**633**		
		200	8	**602**		
		200	12,5	**593**		
		chybí část vazného trámu 0,5 m				
15	Krokev sever	150	8,5	1049		
		150	9	**1020**	H	P (1 m)
		150	9,5	**987**		
	Vazný trám	200	0,5	**962**	T	P (8 m)
		200	1,5	**866**		
		200	2,5	**877**		
		200	3,5	**858**		
		200	4,5	**877**		
		200	5,5	**930**		
		200	6,5	**985**		
		200	7	**1010**		
		200	8	1036		
16	Hambalek 1. patro	160	0,5	**1006**	T	
		160	1	**1013**		
		160	3	**1026**		
		160	4	**1019**		
		160	6	**1016**		
		160	8	**1013**		
17	Krokev sever	150	8,5	1071		
		150	9	**1020**	T	P (1 m)
		150	9,5	**974**		
Úžlabí	Krokev sever	150	0,3	**987**	T	P (1 m)
		150	0,5	**1020**		
		150	0,8	1064		
	Krokev jih	150	0,5	**993**	T, H	P (1 m)
		150	1	1034		
		150	1,5	1087		
21	Krokev sever	150	0,3	**968**	T	P (1 m)
		150	0,5	**980**		
		150	1	1034		
	Krokev jih	150	0,3	**1000**	T, H	P (1 m)
		150	0,5	**1014**		
		150	1	1042		
	Vazný trám	chybí část vazného trámu 1,5 m				

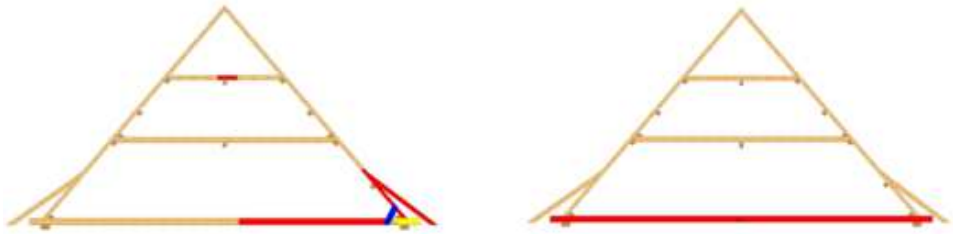
Číslo vazby	Název prvku	Rozměr [mm]	Vzdálenost měření od čela prvku [m]	Rychlost šíření zvuku [m.s^{-1}]	Poškození	Sanace
22	Krokev sever	150	0,5	**932**	T, H	P (2,5 m)
		150	1	**949**		
		150	1,5	**980**		
		150	1,8	**1016**		
		150	2	1056		
	Vazný trám	chybí				N (13 m)
23	Krokev jih	150	0,3	**968**	T, H	P (1 m)
		150	0,5	**1007**		
		150	1	1049		
	Hambalek 1. Patro	160	0,5	**947**	T	P (4,5 m)
		160	1	**958**		
		160	1,5	**952**		
		160	2	**988**		
		160	3	**976**		
		160	4	**988**		
		160	4,5	1039		
	Vazný trám	chybí				N (13 m)



Obr. 37 Schematicky znázorněná vazba 1 a vazba 2 (modrá – oprava, žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky)

Obr. 38 Schematicky znázorněná vazba 3 a vazba 4 (žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky)

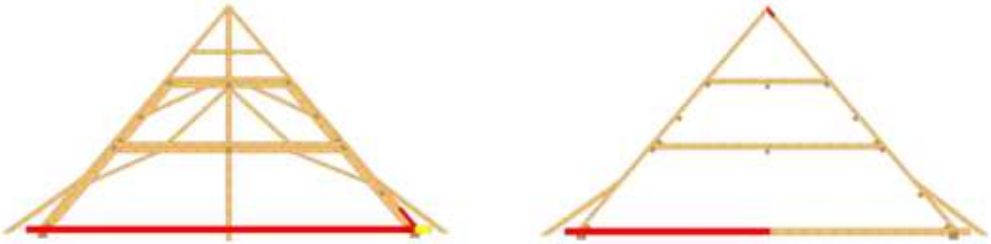
Obr. 39 Schematicky znázorněná vazba 5 a vazba 6 (modrá – oprava, červená – poškozené prvky)



Obr. 40 Schematicky znázorněná vazba 7 a vazba 8 (modrá – oprava, žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky)

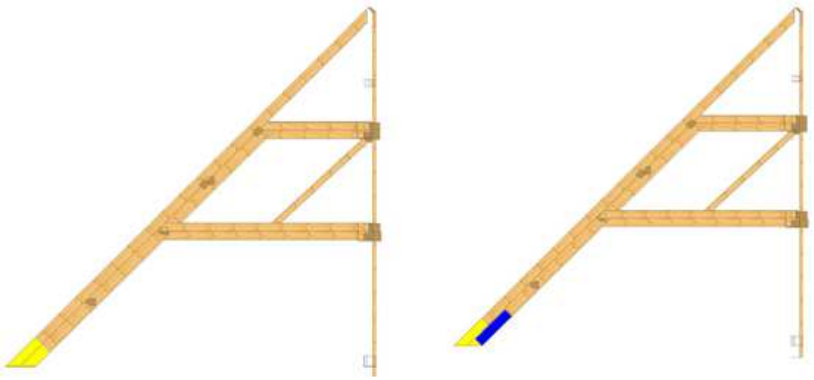
Obr. 41 Schematicky znázorněna vazba 9 a vazba 10 (žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky)

Obr. 42 Schematicky znázorněna vazba 11 a vazba 12 (žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky)

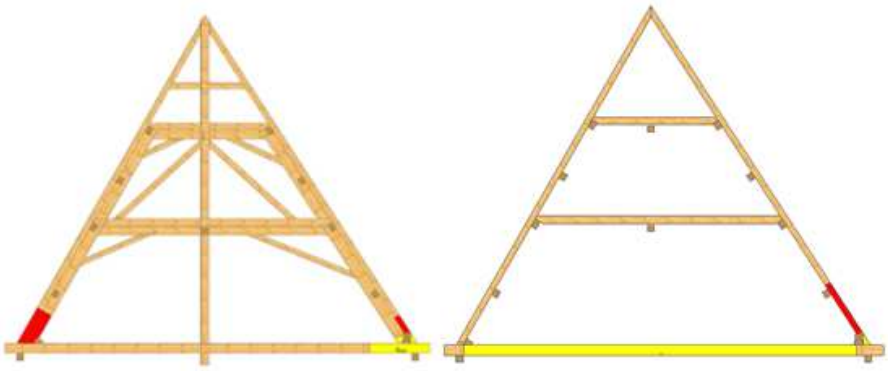


Obr. 43 Schematicky znázorněna vazba 13 a vazba 15 (žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky)

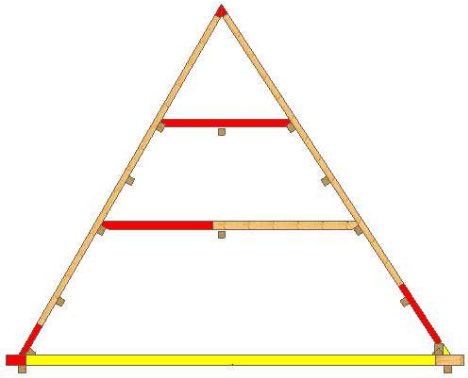
Obr. 44 Schematicky znázorněna vazba 16 a vazba 17 (červená – poškozené prvky)



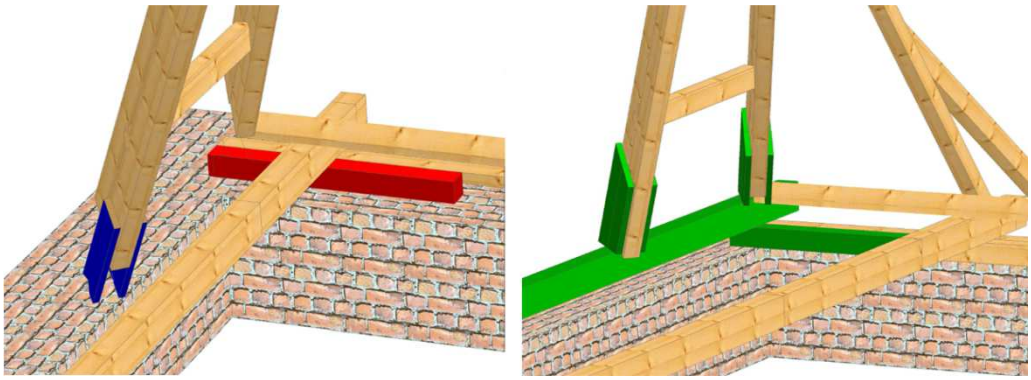
Obr. 45 Schematicky znázorněna nárožní a úžlabní vazba na jižní straně ((modrá – oprava, žlutá – chybějící prvky)



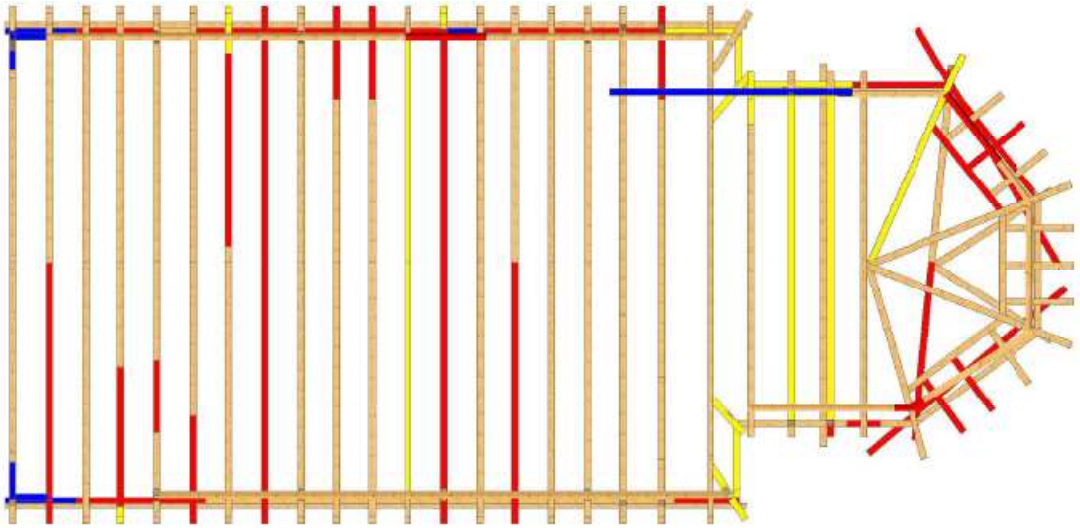
Obr. 46 Schematicky znázorněna vazba 21 a vazba 22 (žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky)



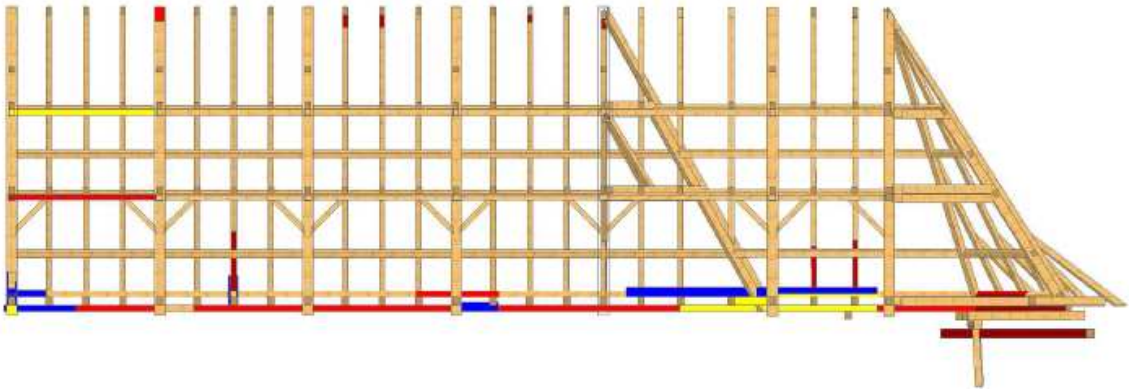
Obr. 47 Schematicky znázorněna vazba 23 (žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky)



Obr. 48 Úžlabí a nároží na jižní straně (vlevo nevhodně řešeno, veškeré zatížení jde do zdiva – červená degradovaná pozednice, modrá zásah do konstrukce, vpravo návrh opravy, vložen vazný trám, doplněná pozednice a krokve jsou příložkovány – zeleně)



Obr. 49 Schematicky znázorněné vazné trámy, pětiboký práh a pozednice (modrá – oprava, žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky)



Obr. 50 Schematicky znázorněný podélný řez krovu chrámové lodi a presbytáře (modrá – oprava, žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky)

Tab. 9 Poškozené prvky v chrámové lodi a presbytáři, které je potřeba vyměnit nebo protézovat

Prvek	Výměna/Protéza	Profil [mm]		Délka [mm]	Množství [ks]	Objem [m^3]
		Šířka	Tloušťka			
Hambalek 3. patro	V	160	160	1 900	2	0,0973
Hambalek 2. patro	V	150	190	3 200	1	0,0912
Hambalek 1. patro	V	160	210	7 700	3	0,7762
	P	160	210	4 500	1	0,1512
Námětek	V	180	140	3 300	1	0,0832
	P	180	140	1 500	1	0,0378
Vazný trám	V	200	260	13 000	5	3,3800
	P	200	260	1 000	1	0,0520
	P	200	260	1 500	2	0,1560
	P	200	260	2 000	1	0,1040
	P	200	260	2 500	2	0,2600
	P	200	260	3 500	1	0,1820
	P	200	260	5 000	1	0,2600
	P	200	260	8 000	1	0,4160
	P	200	260	8 500	2	0,8840
Sloupek	P	210	320	1 000	1	0,0672
Krokev	P	150	150	1 000	13	0,2925
	P	150	150	2 500	2	0,1125
Pozednice	P	220	240	1 500	1	0,0792
	P	220	240	2 500	1	0,1320
	P	220	240	4 500	1	0,2376
	P	220	240	5 000	1	0,2640
	P	220	240	10 000	1	0,5280
	V	220	240	20 000	1	1,0560
Pětiboký práh	P	220	200	1 000	1	0,0440
	P	220	200	2 500	2	0,2200
	P	220	200	3 400	1	0,1496
Mezilehlá vaznice	V	150	220	4 400	2	0,2904
Celkem						**10,4038**

Tab. 10 Hodnoty rychlosti šíření zvuku ve dřevě, určení poškození a návrh sanace prvků konstrukce jižní věže (T – tesařík, H – hniloba, V – výměna celého prvku, N - nový prvek)

Označení prvku	Rozměr [mm]	Vzdálenost měření od čela prvku [m]	Rychlost šíření zvuku [$m.s^{-1}$]	Poškození	Sanace
Nosný trám (západní strana)	chybí				
Spodní práh (západní strana)	200	0,15	**756**	H	V (3,6 m)
	200	0,5	**968**		
Nosný trám 2 (západní strana)	190	1	1040	H, T	P (2 m)
	190	2	1017		
	190	3	**1006**		
	190	3,5	**1011**		
Spodní práh (jižní strana)	200	2,2	1053	H, T	
Spodní práh (východní strana)	200	1,4	1040	T	
Horní práh (západní strana)	180	0,7	**720**	H	V (3,6 m)
	180	0,9	**679**		
	180	1,1	**623**		
	180	2,3	**683**		

Obr. 51 Jižní věž - pohled ze severozápadu (červená – poškozené prvky, žlutá – chybějící prvek)

Tab. 11 Poškozené prvky v konstrukci jižní věže, které je potřeba vyměnit

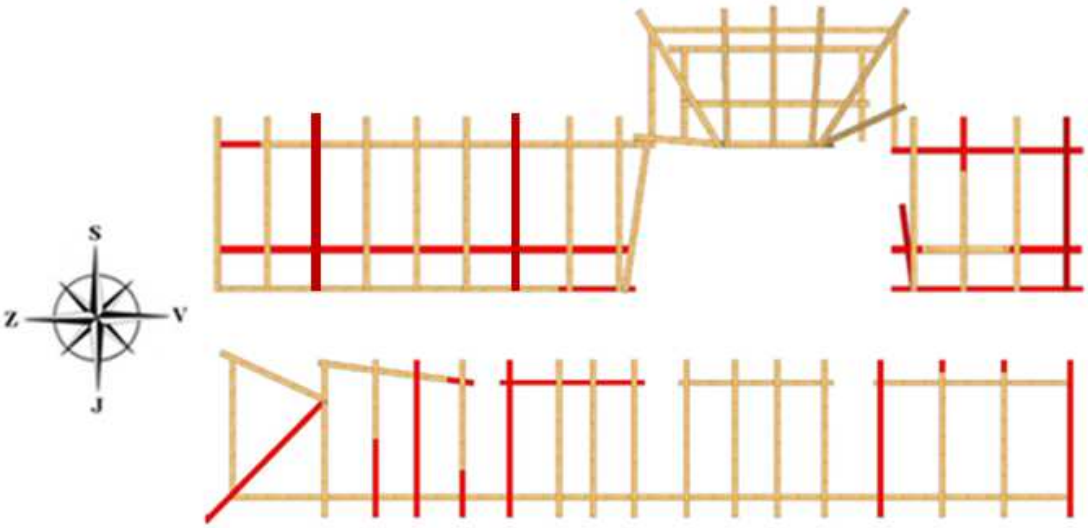
Prvek	Výměna/Protéza	Profil [mm]		Délka [mm]	Množství [ks]	Objem [m^3]
		Šířka	Tloušťka			
Spodní práh (západní strana)	V	200	220	4 100	1	0,1550
Nosný trám 2	P	190	220	2 000	1	0,0836
Horní práh (západní strana)	V	180	210	4 100	1	0,1558
Celkem						**0,3944**

Tab. 12 Naměřené hodnoty rychlosti šíření zvuku ve dřevě, určení poškození a návrh sanace jednotlivých prvků pultové střechy na severní straně (T – tesařík, Č – červotoč, H – hniloba, V – výměna celého prvku, P – protézování)

Název prvku	Rozměr [mm]	Vzdálenost měření od čela prvku [m]	Rychlost šíření zvuku [$m.s^{-1}$]	Poškození	Sanace
Pozednice 1	210	1	**921**	H	V (5 m)
	210	3	**868**		
	210	3,5	**840**		
Vaznice	200	1	**980**	Č	P (1,5 m)
	200	1,5	**1015**		
	200	1,8	1036		
	200	4	1047		
	200	4,3	**1005**	H, Č	P (1 m)
	200	4,8	**985**		
Vrcholová vaznice	200	1	**816**	H	V (5 m)
	200	2,5	**877**		
	200	4,5	**971**		
Krokev 1	140	1	**972**	H	V (5 m)
	140	2,5	**940**		
	140	4	**892**		
Krokev 2	140	1	**927**	H	
	140	3	1037		
	140	3,5	1061		
Pozednice 5	210	0,5	**991**	T	P (1,5m)
	210	1,3	**1016**		
	210	1,5	1050		
Vaznice	200	1	**952**	H	V (11 m)
	200	3	**976**		
	200	6	**985**		
	200	8	**962**	T, Č	
	200	11	**971**		
Vrcholová vaznice	200	9	1042	H	P (2 m)
	200	9,5	**1010**		
	200	11	**976**		
Sloupek	120	1	**1008**	Č	
	120	1,5	**1000**		
	120	2	**1006**		
Krokev 14	140	1	**1014**	Č	
	140	3	**1005**		
	140	4,5	**1014**		
Krokev 18	140	1	1037	Č	
	140	3	**1016**		
	140	4,5	**1022**		

Tab. 13 Naměřené hodnoty rychlosti šíření zvuku ve dřevě, určení poškození a návrh sanace jednotlivých prvků pultové střechy na jižní straně (T – tesařík, Č – červotoč, H – hniloba, V – výměna celého prvku, P – protézování)

Název prvku	Rozměr [mm]	Vzdálenost měření od čela prvku [m]	Rychlost šíření zvuku [$m.s^{-1}$]	Poškození	Sanace
Vaznice 3	200	0,5	**976**	H, T	V (4,1 m)
	200	1	**985**		
	200	2,5	**1000**		
	200	4	**980**		
Vaznice 4	200	0,5	**995**	H	P (1,5 m)
	200	1	**1026**		
	200	1,5	1042		
Krokev 1	140	1	**966**	H	V (5 m)
	140	3	**972**		
	140	4,5	**952**		
Krokev 2	140	0,5	**1022**	H	P (1 m)
	140	1	1077		
Krokev 3	140	0,5	**1007**	H	P (1 m)
	140	1	1037		
Krokev 4	140	1	**986**	T	V (5 m)
	140	3	**946**		
	140	4,5	**979**		
Krokev 12	140	1	1069		
	140	3	**1014**	T	
	140	4,5	**1020**		
Krokev 13	140	1	**993**	H	P (2 m)
	140	1,5	**1014**		
	140	2	1037		
Krokev 14	140	1	**940**	T	V (5 m)
	140	3	**921**		
	140	4,5	**946**		
Krokev 15	140	1	**909**	H	P (3 m)
	140	2,5	**1014**		
	140	3	1037		
Krokev nárožní	140	1	**979**	T	V (4,5 m)
	140	1,5	**927**		



Obr. 52 Schematicky znázorněný krov pultové severní a jižní střechy

Tab. 14 Poškozené prvky v severní a jižní konstrukci pultové střechy, které je potřeba vyměnit

Prvek	Výměna/Protéza	Profil [mm]		Délka [mm]	Množství [ks]	Objem [m^3]
		Šířka	Tloušťka			
Pozednice	P	180	210	1 500	1	0,0567
	V	180	210	5 000	1	0,1890
Vaznice	P	160	200	1 000	1	0,0320
	P	160	200	1 500	2	0,0960
	P	160	200	4 100	1	0,1312
	V	160	200	11 000	1	0,3520
Vrcholová vaznice	P	150	200	2 000	1	0,0600
	V	150	200	5 000	1	0,1500
Krokev	P	140	170	1 000	2	0,0476
	P	140	170	2 000	1	0,0476
	P	140	170	3 000	1	0,0714
	V	140	170	5 000	4	0,4760
Celkem						**1,7095**

5.3 Dendrochronologické datování

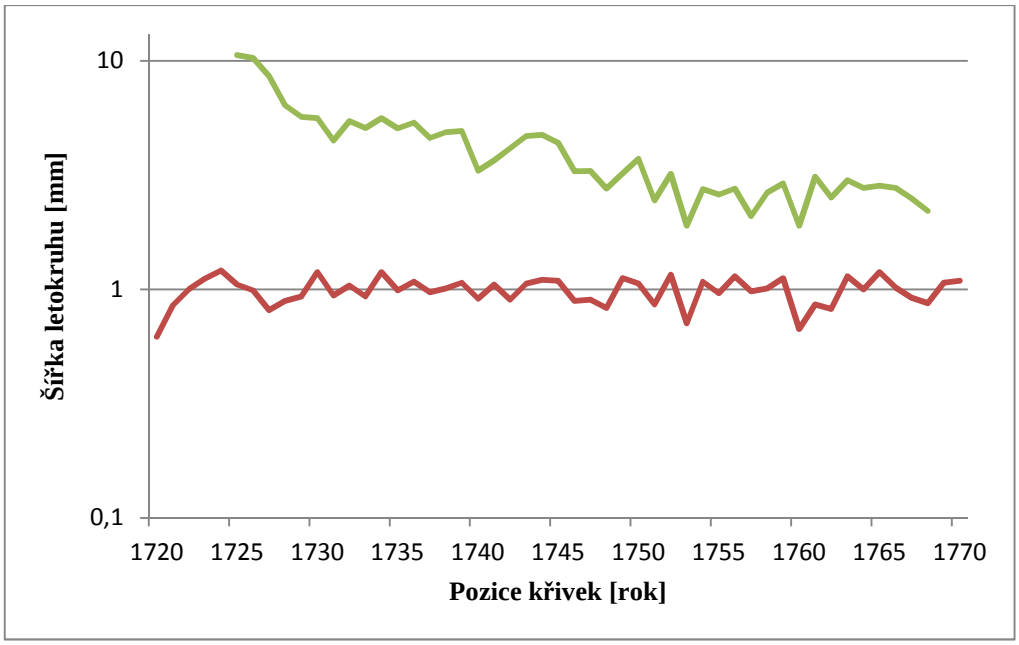
Měření bylo rozděleno do dvou částí. Byla provedena identifikace dřevin, kde bylo za pomocí mikroskopické analýzy zjištěno, že v krovu jsou zastoupeny dřeviny dub, smrk a jedle. Pro datování bylo použito standardní chronologie smrk, dub a jedle – Morava 2005.

5.3.1 Krov presbytáře a chrámové lodi

První část se soustředila na krov chrámové lodi a presbytáře. Zde bylo odebráno pomocí Presslerova nebozezu 12 vzorků. Vzorky byly vyvrtány ze sloupů, vaznic, krokví, vazných trámů a vzpěr. Z odebraných 12 vzorků bylo měřitelných pouze 9 vzorků, zbylé tři vzorky byly poškozené. Vzorky se nepodařilo celistvě nalepit do lišt. Z devíti vzorků byly dva vzorky smrkové a sedm vzorků jedlových. Nejdelší vzorek dosahoval 43 letokruhů a nejkratší měl 26 letokruhů. Z devíti vzorků bylo vybráno pouze sedm vzorků, které nejlépe korelovaly. Z nich se vytvořila průměrná křivka, která byla srovnávána se standardní chronologií Jedle – Morava 2005 (viz Obr. 53). Standardní chronologie je překryta 44 letokruhy. Kritická hodnota T-testu při 0,1% hladině významnosti 3,551 (Šmelko, Wolf, 1977) musí být vyšší. Hodnota T-testu vyšla dle Baillie/Pichera 3,96 a dle Hollsteina 8,34. Spolehlivost datování nám také potvrzuje vysoké procento souběžnosti křivek (87,50 %).

Tab. 15 Synchronizace letokruhové křivky s moravskou jedlovou chronologií

Standardní chronologie	T-test 1 [-]	T-test 2 [-]	Souběžnost [%]	Délka překrytí [roky]	Výsledný letopočet [rok]
	Lipník nad Bečvou – chrámová loď, presbytář				
JD - Morava 2005	3,96	8,34	87,50	44	1768



Obr. 53 Synchronizace průměrné letokruhové křivky (zelená) s moravskou jedlovou standardní chronologií Jedle - morava 2005. Pro lepší názornost je osa y zobrazena v logaritmickém měřítku. Krov - presbytář a chrámová loď

Tab. 16 Datování jednotlivých vzorků chrámové lodi a presbytáře

Č. vzorku	Dřevina	Délka	Začátek	Konec	Datování
4	JD	26+1swk	1734	1759	1760
5	JD	33+1swk	1736	1768	Léto 1769
7	JD	43+3wwk	1725	1767	1770/1771
8	JD	29+5ak	1731	1759	Po roce 1764
10	JD	41+1wwk	1728	1768	1769/1770
11	JD	32+1swk	1737	1768	Léto 1769
12	JD	29+1swk	1740	1768	Léto 1769

U vzorků číslo 5, 11 a 12 se podařilo odebrat podkorní letokruh, který obsahoval jarní dřevo, lze tedy říct, že strom byl pokácen v létě roku 1769. Vzorky označeny číslem 7 a 10 vykazují rovněž výskyt podkorního letokruhu, ale tyto vzorky obsahují i letní dřevo. Stromy tedy byly pokáceny v zimním období. Vzorek číslo 8 neobsahoval podkorní letokruh, proto nemůžeme s jistotou určit přesný rok skácení. Lze konstatovat, že k pokácení stromu došlo po roce 1764.

5.3.2 Krovy věží a zvonové stolice

U krovové konstrukce věží bylo odebráno pět vzorků z jižní věže a sedm vzorků ze severní věže. U zvonové stolice byly odebrány dva vzorky. Dle dostupných standardních chronologií nebylo možné vzorky spolehlivě dendrochronologicky datovat. Hlavní příčinou může být malý počet letokruhů. Některé vzorky se poškodily při převozu.

6 DISKUSE

Tato práce se zabývá posouzením stavu krovové konstrukce kostela sv. Františka Serafínského v Lipníku nad Bečvou. Předmětem stavebně-technického průzkumu byl krov kostela, severní věže, jižní věže, přiléhajících pultových střech a zvonová stolice. Bylo zapotřebí určit rozsah poškození a zhotovit návrh sanačních opatření u prvků, které vykazovaly znehodnocení biotickými či abiotickými činiteli. Objekt je kulturní památkou, což jsem se snažila zohlednit i v této práci.

Prameny (kroniky) uvádějí, že objekt vznikal v letech 1590 – 1593. Jednalo se o goticko-renesanční styl, což dokazuje několik gotických prvků (např. opěrné pilíře podpírající stavbu). Kostel byl několikrát zasažen požáry a krovová konstrukce se z té doby nedochovala. Lze to rozpoznat z typu samotné konstrukce. Krovová konstrukce nad chrámovou lodí i presbytářem má typické prvky pro baroko (viz pětiboká vaznice). V kronikách se můžeme dočíst o opravách stavby či interiéru. O stáří dřevěné krovové konstrukce toho moc nevíme (pouze zmínky o požárech), z toho důvodu byla provedena i dendrochronologická analýza. Krov nad presbytářem a chrámovou lodí pochází z období 1769 – 1771. Datování věží bylo neúspěšné, protože odebrané vzorky nesplňovaly daná kritéria pro datování. Může to být způsobeno tím, že prvky měly malé dimenze, tj. obsahovaly méně než 40 letokruhů nebo stromy vyrůstaly v extrémních podmínkách a letokruhová řada neodpovídala standardní chronologii pro tuto oblast. Několik vzorků bylo bohužel poškozeno při přepravě.

Pro určování prvků bylo problematické se řídit pouze kritérii rychlosti šíření zvuku ve dřevě (viz Tab. 2, Tab. 3), jelikož hodnoty meze poškození jsou rozdílné. V úvahu musíme vzít vlhkost, dalším faktorem je hustota, která je u každého prvku variabilní. Nejprve byly přeměřeny prvky zdravého dřeva. Z těchto hodnot se určil aritmetický průměr, který vyšel 1023 $m.s^{-1}$. Na základě této hodnoty byly posuzovány napadené prvky v konstrukci. U poškození, které nebylo rozsáhlé (prvky byly poškozeny pouze povrchově), nebyl zvolený žádný způsob sanace. Jednak z důvodu, že napadení prvků se dlouhodobým pozorováním jevilo jako neaktivní, protože výletové otvory byly staré a nebyly nalezeny žádné čerstvé drtinky. Dalším důvodem byla estetičnost a zachování historické hodnoty krovu. Trámy mají větší průřezové dimenze, tudíž povrchové napadení nevadí.

Některé prvky (viz Tab. 8) vykazovaly poškození ve větší hloubce, což způsobilo zmenšení profilu a došlo ke snížení mechanických vlastností prvků, které může vést ke zhoršení statiky celé konstrukce. Tyto prvky bych navrhovala vyměnit za nové, přičemž by byl kladen důraz na zachování vzhledu konstrukce. Použila bych stejnou dřevinu, opracování a tesařské spoje. Při protézování trámů bych použila celodřevěné šikmočelé pláty, zajištěné dubovými klíny a kolíky. V konstrukci by bylo vhodnější použít vysušené trámy ze sušárny, dřevo se stane sterilním, tj. žádný výskyt vajíček, larev, kukel či dospělých jedinců. Hein (2008) udává teplotu pro usmrcení hmyzu 55 °C. Pro zachování historického rázu je však nereálné tesané trámy vysušit v sušárně, proto nově zabudované prvky v konstrukci je vhodné po určité době naimpregnovat a zamezit tak vniknutí biotických škůdců do dřeva.

Podle použitých spojů a prvků v konstrukci bylo zjištěno, že se jedná o hambalkovou soustavu se třemi patry s ležatou stolicí. Každá čtvrtá vazba má věšadlo přenášející zatížení od vazných trámů co nejblíže k podporám. Vazby jsou od sebe vzdáleny 1,1 m. Střešní krytina (pálené tašky) se nachází ve výborném stavu. Pouze nad presbytářem, který má větší sklon střechy, chybělo několik tašek. Proto je zapotřebí pravidelně kontrolovat střešní plášť. Chybějící tašky způsobily zatékání do konstrukce a následně degradaci některých prvků nad presbytářem (viz Obr. 49). Nejvíce poškozenými prvky, které byly degradovány houbami hnědého tlení, byly pozednice a pětiboké prahy. Tyto prvky byly posuzovány pouze vizuálně, jelikož k nim nebyl dobrý přístup. V některých místech došlo až k totální destrukci prvku. Hnědá hniloba je v neaktivním stavu, přesto znehodnocení těchto prvků je tak rozsáhlé, že jako vhodné řešení se jeví výměna celých poškozených prvků za nové.

Dalším degradačním činitelem v krovové konstrukci byl tesařík krovový a červotoč, pravděpodobně umrlčí, jejichž napadení je rovněž neaktivní. V krovové konstrukci chrámové lodi a presbytáře byl znatelný i lidský zásah. V 90. letech 20. století zde probíhaly opravy. Znatelné je to zejména u štítu, kde pravděpodobně zatékalo a došlo zde k protézování vazného trámu a sloupku věšadla. Spoje jsou zajištěny svorníky, což nevytváří příznivý dojem z konstrukce krovu.

Dalším lidským zásahem bylo vyřezání vazných trámů ve vazbě 12, 22 a 23. Patrně došlo k tomu, že prvky byly degradované, bohužel již nebyly nahrazeny novými. Nevhodně vyřešena je také jižní strana nároží a úžlabí. Úžlabní krokev byla zkrácena zřejmě v důsledku napadení biologickým činitelem a poté byla pomocí příložek opřena o zdivo, což způsobilo narušení statiky a pevnosti zdiva. Podobně byla řešena i nárožní krokev, která byla zkrácena a podložena kousky trámu. Vložením vazného trámu by došlo k rozložení sil, které v současnosti působí pouze bodově. Z vazného trámu (vazba 21) byl uřezán 1,5 m. Použila bych zde protézu a udělala z vazného trámu opět celistvý prvek.

Severní věž tvoří sedm pater. Druhé, až páté patro se skládá z nosných trámů uložených do zdiva. Na nosných trámech je podlaha z prken. Vstup na jednotlivé podlaží zajišťuje jednoramenné přímé schodiště z dřevěných prvků. V šestém patře je umístěna dubová zvonová stolice pro tři zvony. V současnosti jsou v ní ukotveny zvony dva. V místech, kde byla na jejich prvcích ponechána běl, je zvonová stolice poškozená činností hrbohlava. Toto napadení již není aktivní, přesto navrhuji odstranit napadenou běl z jednotlivých prvků. Ze sedmého patra lze vyjít na ochoz. Sedmé patro je tvořeno nosnými trámy, které jsou rovněž uloženy do zdiva, prkennou podlahou a dřevěnou konstrukcí zajišťující stabilitu krovové konstrukce věže. Krov severní věže má základový rošt, na kterém je umístěno šest vazeb. Vazby jsou postupně pootočeny kolem svislé osy věže. Zavětrování je zajištěno šikmými vzpěrami, které byly pouze povrchově napadeny v místech, kde se vyskytovala kůra. Vzhledem k dimenzi prvků je tento rozsah poškození zanedbatelný.

Jižní věž vykazovala znehodnocení hnilobou u pěti prvků. Po důkladném průzkumu pomocí přístroje Arbosonic Decay Detector bylo zjištěno, že pouze dva prvky (spodní a horní práh na západní straně) je zapotřebí vyměnit. Kollman a Côté (1968) uvádí hodnotu šíření zvuku ve zdravém dřevě napříč vláken pro jedli 1033 $m.s^{-1}$ a pro smrk 1072 $m.s^{-1}$. Hodnoty rychlosti šíření zvuku pro spodní a horní práh na západní straně se pohybovaly v rozmezí 623 – 968 $m.s^{-1}$. Navrhuji výměnu těchto prvků.

Krov pultových střech se skládá z pozednice, vaznic a krokví. Prvky vyskytující se v blízkosti zdiva byly napadené hnilobou. Pravděpodobně zde docházelo k zatékání a byla zde zvýšená vlhkost. Tento problém způsobil tlení a v některých místech až úplnou destrukci. Hniloba byla doprovázena ještě dalšími činiteli (červotoč, tesařík).

Pouze vizuálně byl proveden průzkum mobiliáře v interiéru kostela. Převážná většina prvků byla napadena červotočem. Napadenými prvky jsou sošky andílků umístěných na varhanní skříni. Kůr je nesen letícím andělem z 60. let 18. století, tento anděl je rovněž napaden červotočem, ale v takové míře, že z jeho levého křídla zbylo jen torzo. Kazatelna byla vyrobena v letech 1764 – 1765 a jeví známky napadení červotočem, dále na ní chybí některé vyřezávané komponenty. Dalšími ohroženými prvky je schodišťový stupeň do kaple sv. Josefa Kalasanského, klekátko na ochozu, boční černý oltář, který pozvolna chátrá. U točitého schodiště na ochoz bylo zjištěno napadení dřevokazným hmyzem, toto napadení je aktivní, proto bych navrhovala impregnaci.

7 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá posouzením stavu krovové konstrukce kostela sv. Františka Serafínského v Lipníku nad Bečvou a navržení sanačních opatření poškozených dřevěných prvků. Prostřednictvím stavebně-technického průzkumu bylo cílem odhalit poškození, které ohrožuje statiku a tím zkracuje životnost krovu. Jednalo se zejména o konstrukční vady, poškození dřevokazným hmyzem a dřevokaznými houbami, ale také o lidský faktor.

Pro posouzení stavu krovových konstrukcí bylo využito smyslových metod (vizuální, hmatová, sluchová – poklep kladívkem). Pro zjištění rozsahu byla použita nedestruktivní metoda. Prvky, které vykazovaly vyšších hodnot než 1023 $m.s^{-1}$, byly považovány za zdravé. U prvků s nižší hodnotou než 1023 $m.s^{-1}$ se rozhodovalo, zda je napadení tak rozsáhlé, že celý prvek či jeho část musí být vyměněna, nebo prvek může zůstat v konstrukci. Na základě vizuální prohlídky bylo zjištěno, že ve všech krovových konstrukcích se nachází tesařík krovový, červotoč a hniloba. Pouze u dubové zvonové stolice, kde byla ponechána běl, se vyskytoval hrbohlav. Všechna napadení se jevila jako neaktivní.

Na základě naměřených dat a s ohledem na kulturní památku byla navržena sanace. Snahou bylo zachovat co nejvíce původních prvků. Povrchově poškozené prvky zůstávají nadále v konstrukci, jelikož prvky jsou dostatečně nadimenzovány, není konstrukce v ohrožení. Chybějící prvky by bylo vhodné nahradit novými, napadené části protézovat a uvolněné spoje lépe zajistit. Vhodným řešením, aby byl zachovaný historický ráz krovové konstrukce, je použít stejnou dřevinu, která se vyskytuje v krovu, použít tesané trámy a tradiční tesařské spoje. Nové trámy, které budou použity v konstrukci, bude vhodné po určité době naimpregnovat.

Krov nad chrámovou lodí a presbytářem se dendrochronologicky datuje do období 1769 – 1771. Krovy věží a pultových střech měly malé dimenze a nepodařilo se je datovat. Dřevina použitá v konstrukci je smrk a jedle. Pro zvonovou stolici je použit dub.

8 SUMMARY

The thesis deals with the assessment of the state of truss structure of St. Francis Seraph church in Lipník and proposes remediation of damaged timber. Through building-technical survey it was an objective to detect damage that threatens the structural integrity and thus shortens the life of the roof. These were mainly structural defects, damage decaying insects and wood decaying fungi, but also the human factor.

To assess the state of roof construction were used sensory methods (visual, tactile, auditory - percussion hammer). To determine the extent of damage a non-destructive method was used. Elements which showed values higher than 1023 ms^{-1}, were considered healthy. For components with a lower value than 1023 ms^{-1} it was decided whether the attack so extensive that the entire element or part must be replaced or element can remain in the structure. Based on visual inspection, it was found that in all truss structures is old-house borer, woodworm and rot. Only oak bell stools, which were allowed sapwood, occurred lyctid beatle. All the attacks appeared to be inactive.

Based on the measured data with respect to cultural monument a redevelopment was designed. The aim was to keep as many original features as possible. Surface damaged elements remain in the design, because the elements are sufficiently dimensioned, no structures at risk. The missing elements would be appropriate to replace with new, contested parts of prosthetic and make loose connections more secure. A suitable solution to preserve the historic character of the truss structure is to use the same tree species, which occurs in the truss, use hewn beams and traditional carpentry joints. It would be appropriate to impregnate the new beams used in the construction after some time.

The truss above the nave and chancel are dendrochronologically dated back to the period 1769 - 1771. The tower roof trusses and roof rack had small dimensions and has not been dated. Spruce and fir wood is used in the construction. Oak wood is used for bell stool.

9 LITERATURA

BAIER J., TÝN Z., *Ochrana dřeva.* Praha: Grada, 1996, 96s. ISBN 80-7169-275-1.

BALABÁN K., *Nauka o dřevě (anatomie dřeva).* Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1952, 83 s. ISBN neuvedeno.

BLÁHA J., Přístrojová diagnostika. *Dektime.* 2007, roč. 3, č. 7, 34 s. ISBN neuvedeno.

COOK E., KAIRIUKSTIS L., *Methods of Dendrochronology. Applications in the Enviromental Sciences.* London: Dordrecht, Kluwe Academic Publishers and International Institute for Applied Systems Analysis, 1990, 394 s. ISBN 978-94-015-7879-0.

DRÁPELA K., ZACH J., *Dendrometrie (Dendrochronologie).* Brno: MZLU, 2000, 152 s. ISBN 80-7157-178-4.

GRISSINO–MAYER H.D., *Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutoriál for the computer program Cofecha, Tree–ring research, Tree–Ring Society.* 2001, 221 s. ISBN neuvedeno.

HEIN J. T., *Horkovzdušná metoda likvidace živočišných škůdců dřeva v konstrukcích.* Munich: WTA Publications, 2008, ISBN 978-3-8167-7752-6.

HORÁČEK P., *Fyzikální a mechanické vlastnosti I.* Brno: MZLU, 2008, 124 s. ISBN 978-80-7375-169-2.

JÍRŮ P., *Ochrana dřeva.* Praha: Průmyslové nakladatelství, 1951, 152 s., ISBN neuvedeno.

KAENNEL M., SCHWEINGRUBER F. H., *MULTILINGUAL Glossary of Dendrochronology.* Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, 1990, 467 s. ISBN neuvedeno.

KLIMEŠ L., *Slovník cizích slov.* SPN Praha, 1981, 791 s. ISBN neuvedeno.

KOHOUT J., TOBEK A., *Tesařství. Tradice z pohledu dneška.* Praha: Grada, 1996, 256 s., ISBN 80-7169-413-4.

KOLÁŘ T., *Dendrochronologické datování a stavebně technický průzkum mlýna ve Slupi.* Diplomová práce. Brno: MZLU, 2007, 76 s. ISBN neuvedeno.

LUNGA R., SOLAŘ J., *Kostelní věže a zvonice.* Praha: Grada, 2010, 176 s. ISBN 978-80-247-1236-9.

MACEK P., *Standardní nedestruktivní stavebně-historický průzkum.* Praha: Státní ústav památkové péče, 2001, 48 s. ISBN 80-86234-22-3.

NAHŮNEK K., *Krovy.* Praha: Planografie Paul, 1944, 44 s. ISBN neuvedeno.

POŽGAJ A., CHOVANEC D., KURJATKO S., BABIAK M., *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Bratislava: Príroda, 1997, 485 s. ISBN 80-07-00960-4.

REINPRECHT L., *Ochrana dreva.* Zvolen: Technická univerzita, 2007, 453 s. ISBN 978-80-228-1863-6.

REINPRECHT L., JOŠČÁK P., *Reinforcement of model-damaged wooden elements. Part 1: Restoration of wooden elements by the extensit method using natural wood or epoxy-wood composite.* Zvolen: Drevárský výskum, 1996, 55s. ISBN neuvedeno.

REINPRECHT L., ŠTEFKO J., *Dřevěné stropy a krovy: typy, poruchy, průzkumy a rekonstrukce.* Praha: ARCH, 2000, 242 s., ISBN 80-86165-29-9.

RYBNÍČEK M., *Dendrochronologické datování částí historických staveb, archeologických vzorků a výrobků ze dřeva – sestavení národní dubové standardní chronologie.* Dizertační práce. Brno: MZLU, 2007, 111s. ISBN neuvedeno.

RYBNÍČEK M., *Sestavení dendrochronologických standardů pro město Brno. Diplomová práce.* Brno: MZLU, 2003, 89. S ISBN neuvedeno.

SCHWEINGRUBER F. H., *Trees and Wood in Dendrochronology.* New York: Springer –Verlag Berlin: Heidelberg, 1993, 402 s. ISBN neuvedeno.

STRAKA, B et al., *Konstrukce šikmých střech.* Praha: Grada, 2013, 232 s. ISBN 978-80-247-4205-2.

ŠEFCŮ O., VINAŘ J., PACÁKOVÁ M., *Metodika ochrany dřeva.* Praha: Jalna, 2000, 68 s. ISBN 80-86234-14-2.

ŠKABRADA J., *Konstrukce historických staveb.* Praha: Argo, 2007, 395 s. ISBN 80-7203-548-7.

ŠKABRADA J., *Zajímavosti vývoje krovů v období velkých změn jejich soustav v 16. a 19. století (jako ilustrace obecnějších trendů reálných dějin architektury).* Praha: České vysoké učení technické, 2004, 20 s. ISBN 80-01-03151-9.

ŠLEZINGEROVÁ, J., GANDELOVÁ L., *Stavba dřeva.* Brno: MZLU, 2008, 129 s. ISBN 978-80-7375-168-5.

ŠMÁNKOVÁ E., *Lipník nad Bečvou.* Ostrava: Krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody, 1967, 5 s. ISBN neuvedeno.

ŠMELKO Š., WOLF J., *Štatistické metódy v lesnictve.* Bratislava: Príroda, 1977, 330 s. ISBN neuvedeno.

VANIN S. I., *Nauka o dřevě.* Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955, 428 s. ISBN neuvedeno.

VAŘEKA J., FROLEC V., SCHEYBAL J., *Lidová architektura: encyklopedie.* Praha: Grada, 2007, 427 s. ISBN 978-80-247-1204-8.

VINAŘ J., *Historické krovy – typologie, průzkum, opravy.* Praha: Grada, 2010, 448 s. ISBN 978-80-247-3038-7.

VINAŘ J., KUFNER V., *Historické krovy – konstrukce a statika.* Praha: Grada, 2004, 272 s. ISBN 80-7169-575-0.

VINAŘ J., KYNCL J., RŮŽIČKA P., ŽÁK J., *Historické krovy II. – průzkumy a opravy.* Praha: Grada, 2005, 301 s. ISBN 80-247-1111-7.

VORONCOV A. I., ČERVINKOVÁ H. *Škůdci dřeva.* Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1986, 162 s. ISBN neuvedeno.

ZOBEL B. J., BUIJTENEN J. P., *Wood variation: its causes and kontrol.* Berlín: Springer – Verlag, 1989, 363 s. ISBN neuvedeno.

ŽÁK J., REINPRECHT L., *Ochrana dřeva ve stavbě: odborná příručka pro stavebníky, investory, projektanty a architekty.* Praha: ABF, 1998, 108 s. ISBN 80-86165-00-0.

10 POUŽITÉ NORMY

ČSN 49 0600-1: *Ochrana dreva. Základné ustanovenia. Chemická ochrana.* Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1998, 12 s.

ČSN 73 1701: *Narhovanie drevených stavebných konštrukcií.* Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1984, 94 s.

ČSN 73 2810: *Dřevěné stavební konstrukce. Provádění.* Praha: Český normalizační institut, 1993, 12 s.

ČSN-EN 350-2: *Trvanlivost dřeva a materiálů na jeho bázi – Přirozená trvanlivost rostlého dřeva – Část 2: Přirozená trvanlivost a impregnovatelnost vybraných dřevin důležitých v Evropě.* Praha: Český normalizační institut, 1996. 34 s.

ČSN EN 351-1: *Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva – rostlé dřevo ošetřené ochrannými prostředky. Část 1, Klasifikace průniku a příjmu ochranného prostředku.* Praha: Český normalizační institut 2008, 24s.

ČSN-EN 355: *Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva – Třídy použití: definice, aplikace na rostlé dřevo a na výrobky na bázi dřeva.* Praha: Český normalizační institut, 2013. 8s.

ČSN-EN 460: *Trvanlivost dřeva a materiálů na jeho bázi. Přirozená trvanlivost rostlého dřeva. Požadavky na trvanlivost dřeva pro jeho použití v třídách ohrožení* Praha: Česká normalizační institut, 1994. 9s.

ČSN EN 1995-1-1: *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí Část 1-1, Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.* Praha: Český normalizační institut, 2006, 114 s.

ČSN EN 14080: *Dřevěné konstrukce. Lepené lamelové dřevo a lepené rostlé dřevo –*

Požadavky. Praha: Český normalizační institut, 2013. 86 s.

11 INTERNETOVÉ ZDROJE

Dendrochronologie.cz, *Dendrochronologie* [online] 2003. [cit. 2015-10-28]. Dostupné z www.dendrochnonologie.cz,

FLORA, M. *Tlaková chemická injektáž dřeva proti dřevokazným škůdcům a houbám* [online]. 2010 [cit. 24-11-2015]. Dostupné z: http://www.sanace-dreva.cz/injektaz-dreva.html

FRANKL J. *Poškození dřevěných prvků krovových konstrukcí dřevokaznými houbami* [online] 2010 [cit. 2015-10-04] Dostupné z: http://stavba.tzb-info.cz/strechy/6694-poskozeni-drevenych-prvku-krovovych-konstrukci-drevokaznymi-houbami

Krytiny-strechy.cz, *Tesařské spoje* [online]. [cit. 2015-11-21]. Dostupné z: http://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/serial-tesarske-konstrukce-vlastnosti-dreva-rozdeleni-reziva-tesarske-spoje-2-dil/

Marpo.cz, *Stavebně technický průzkum* [online] 2008. [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: http://www.marpo.cz/stavebne-technicke-pruzkumy.html

PACOVSKÝ J. *Dřevokazný hmyz* [online]. [cit. 2016-01-12]. Dostupné z: http://www.cervodes.eu/fotogalerie/drevokazny-hmyz/

REINPRECHT L. *Rekonstrukce dřevěných prvků protézováním, příložkováním a ukotvením do ocelových konzol* [online] [cit. 2015-12-05]. Dostupné z: http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/drevostavby/rekonstrukce-drevenych-prvku-protezovanim-prilozkovanim-a-ukotvenim-do-ocelovych-konzol

Roofs.cz, *Historické krovy* [online]. [cit. 2015-10-28]. Dostupné z www.roofs.cz

Skudci.cz, *Červotoč umrlčí* [online]. [cit. 2016-01-13]. Dostupné z: http://www.skudci.com/cervotoc-umrlci

SOLAŘ J., *Krovy* [online]. [cit. 2015-11-21]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/8.html

TRALICH J. *Zvonové stolice* [online]. [cit. 2016-01-22]. Dostupné z: http://www.zvonotec.eu/zvonova-stolice.html

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Pokud není uvedeno jinak, autorem obrázků je Jiřina Hašová.

Obr. 1 Tvorba standardní chronologie od současnosti do raného středověku (www.roofs.cz, 2009) 13
Obr. 2 Tesařské spoje (www.fast10.vsb.cz, 2003) 18
Obr. 3 Schéma barokní věže (Jiřina Hašová, 2015) 20
Obr. 4 Názvosloví dřevěné zvonové stolice jednoho zvonu (Jiřina Hašová, 2015) 21
Obr. 5 Tesařík krovový (vlevo larva, vpravo samička tesaříka krovového), (www.sanace-dreva.cz, 2011) 27
Obr. 6 Larva a dospělý jedinec červotoče umrlčího (Pacovský, 2016) 27
Obr. 7 Larva a dospělý jedinec hrbohlava dubového (www.projects.centralbaltic.eu, 2007) 28
Obr. 8 Dřevomorka domácí (Deml, 2006) 29
Obr. 9 Outkovka pestrá (Jurvetson, 2004) 29
Obr. 10 Poškození pozednice (Frankl, 2010) 31
Obr. 11 Poškození vazných trámů (Frankl, 2010) 31
Obr. 12 Poškození krokví (Frankl, 2010) 32
Obr. 13 Tesařské metody protézování dřevěných prvků (Matas, 2015) 34
Obr. 14 Protézování beta-metodou (Reinprecht, 2008) 35
Obr. 15 Příložkování krokve (vlevo) a příložkování vazného trámu (vpravo) (Matas, 2015) 35
Obr. 16 Ukotvení trámu do ocelové konzoly (Matas, 2015) 36
• Obr. 17 Postup tlakové injektáže (www.sanace-dreva.cz, 2011) 36
Obr. 18 Odběr vzorků pomocí Presslerova nebozezu 40
Obr. 19 Odebrané vzorky 40
Obr. 20 Půdorysné schéma kostela sv. Františka Serafínského v Lipníku nad Bečvou . 45
Obr. 21 Pohled na kostel: vlevo foceno ze severní strany, vpravo foceno z jihozápadní strany 45
Obr. 22 Půdorysné schéma krovu chrámové lodi a presbytáře 46
Obr. 23 Názvosloví a rozměry prvků 46
Obr. 24 Krov nad presbytářem a chrámovou lodí, pohled z jihovýchodu 47
Obr. 25 Zvonová stolice pro tři zvony, pohled ze severovýchodu 47

Obr. 26 Konstrukce severní věže, pohled z jihozápadu 48
Obr. 27 Konstrukce severní věže, pohled ze severozápadu 49
Obr. 28 Půdorysné schéma severní věže a označení vazeb 49
Obr. 29 Pohledy na jednotlivé vazby severní věže 50
Obr. 30 Konstrukce jižní věže, pohled z jihozápadu 51
Obr. 31 Malá věž (vlevo pohled na severní stranu, vpravo pohled na východní stranu) 51
Obr. 32 Krov pultové střechy na jižní straně 52
Obr. 33 Krov pultové střechy na severní straně 52
Obr. 34 Schematicky znázorněný krov pultové střechy jižní strany 52
Obr. 35 Schematicky znázorněný krov pultové střechy severní strany 52
Obr. 36 Drtinky z čeledi *Anobiidae* (vlevo, zvětšeno 50x) a *Lyctidae* (vpravo, zvětšeno 40x), (www.projects.centralbaltic.eu) 53
Obr. 37 Schematicky znázorněná vazba 1 a vazba 2 (modrá – oprava, žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky) 58
Obr. 38 Schematicky znázorněná vazba 3 a vazba 4 (žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky) 58
Obr. 39 Schematicky znázorněná vazba 5 a vazba 6 (modrá – oprava, červená – poškozené prvky) 59
Obr. 40 Schematicky znázorněná vazba 7 a vazba 8 (modrá – oprava, žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky) 59
Obr. 41 Schematicky znázorněna vazba 9 a vazba 10 (žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky) 59
Obr. 42 Schematicky znázorněna vazba 11 a vazba 12 (žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky) 59
Obr. 43 Schematicky znázorněna vazba 13 a vazba 15 (žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky) 59
Obr. 44 Schematicky znázorněna vazba 16 a vazba 17 (červená – poškozené prvky) ... 60
Obr. 45 Schematicky znázorněna nárožní a úžlabní vazba na jižní straně ((modrá – oprava, žlutá – chybějící prvky) 60
Obr. 46 Schematicky znázorněna vazba 21 a vazba 22 (žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky) 60
Obr. 47 Schematicky znázorněna vazba 23 (žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky) 60

Obr. 48 Úžlabí a nároží na jižní straně (vlevo nevhodně řešeno, veškeré zatížení jde do zdiva – červená degradovaná pozednice, modrá zásah do konstrukce, vpravo návrh opravy, vložen vazný trám, doplněná pozednice a krokve jsou příložkovány – zeleně) 61
Obr. 49 Schematicky znázorněné vazné trámy, pětiboký práh a pozednice (modrá – oprava, žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky) 61
Obr. 50 Schematicky znázorněný podélný řez krovu chrámové lodi a presbytáře (modrá – oprava, žlutá – chybějící prvky, červená – poškozené prvky) 61
Obr. 51 Jižní věž - pohled ze severozápadu (červená – poškozené prvky, žlutá – chybějící prvek) 63
Obr. 52 Schematicky znázorněný krov pultové severní a jižní střechy 66
Obr. 53 Synchronizace průměrné letokruhové křivky (zelená) s moravskou jedlovou standardní chronologií Jedle - morava 2005. Pro lepší názornost je osa y zobrazena v logaritmickém měřítku. Krov - presbytář a chrámová loď 68

13 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Standardní chronologie pro ČR (www.dendrochronologie.cz) 13
Tab. 2 Průměrná rychlost šíření zvuku ve zdravém dřevě u některých dřevin (Kollman, Côté, 1968) 24
Tab. 3 Stupeň poškození dřeva (w = 12 - 16 %) na základě rychlosti šíření ultrazvukového vlnění (Kloiber, 2010) 25
Tab. 4 Odhad stupně poškození dřeva požerky dřevokazného hmyzu podle počtu výletových otvorů připadající na 1 m^2 povrchu (Reinprecht, Štefko, 2000) 37
Tab. 5 Způsoby ukončení vzorku a jeho datování (www.dendrochronologie.cz) 41
Tab. 6 Použitá standardní chronologie (www.dendrochronologie.cz) 42
Tab. 7 Hodnoty kritického korelačního koef. v závislosti na délce překrytí (Grissino-Mayer, 2001) 43
Tab. 8 Naměřené hodnoty rychlosti šíření zvuku ve dřevě, určení poškození a návrh sanace jednotlivých prvků krovu chrámové lodi a presbytáře (T – tesařík, H – hniloba, V – výměna celého prvku, P – protézování, N - nový) 54
Tab. 9 Poškozené prvky v chrámové lodi a presbytáři, které je potřeba vyměnit nebo protézovat 62
Tab. 10 Hodnoty rychlosti šíření zvuku ve dřevě, určení poškození a návrh sanace prvků konstrukce jižní věže (T – tesařík, H – hniloba, V – výměna celého prvku, N - nový prvek) 63
Tab. 11 Poškozené prvky v konstrukci jižní věže, které je potřeba vyměnit 63
Tab. 12 Naměřené hodnoty rychlosti šíření zvuku ve dřevě, určení poškození a návrh sanace jednotlivých prvků pultové střechy na severní straně (T – tesařík, Č – červotoč, H – hniloba, V – výměna celého prvku, P – protézování) 64
Tab. 13 Naměřené hodnoty rychlosti šíření zvuku ve dřevě, určení poškození a návrh sanace jednotlivých prvků pultové střechy na jižní straně (T – tesařík, Č – červotoč, H – hniloba, V – výměna celého prvku, P – protézování) 65
Tab. 14 Poškozené prvky v severní a jižní konstrukci pultové střechy, které je potřeba vyměnit 66
Tab. 15 Synchronizace letokruhové křivky s moravskou jedlovou chronologií 67
Tab. 16 Datování jednotlivých vzorků chrámové lodi a presbytáře 68

14 PŘÍLOHY

Příloha 1 Třetí patro krovové konstrukce v chrámové lodi 85
Příloha 2 Druhé patro krovové konstrukce v chrámové lodi 85
Příloha 3 První patro krovové konstrukce v chrámové lodi 85
Příloha 4 Vazba 7, severní strana – nevhodná oprava vazného trámu na severní straně 86
Příloha 5 Vazba 13, severní strana – znehodnocení vazného trámu 86
Příloha 6 Poškozený pětiboký práh, severní strana – mezi vazbou 13 a 14 86
Příloha 7 Úžlabní krokev, jižní strana – nevhodná oprava 87
Příloha 8 Nárožní krokev, jižní strana – nevhodná oprava 87
Příloha 9 Vazba 21, severní stana – chybí 1,5 m vazného trámu 87
Příloha 10 Vazba 21, severní strana – destrukce krokve a napadení červotočem 88
Příloha 11 Vazba 20, severní strana – destrukce vazného trámu 88
Příloha 12 Poškozená pozednice nad presbytářem 88
Příloha 13 Krov nad chrámovou lodí – oprava na štítové straně 89
Příloha 14 Jižní věž – poškozené bednění 89
Příloha 15 Jižní věž – destrukce horního prahu na jižní straně 89
Příloha 16 Pultová střecha na jižní straně – krokev napadená tesaříkem 90
Příloha 17 Pultová střecha na jižní straně – krokev napadená tesaříkem 90
Příloha 18 Pultová střecha na jižní straně – krokev napadená houbou hnědého tlení 90
Příloha 19 Pultová střecha na jižní straně – poškozená vaznice 91
Příloha 20 Pultová střecha na severní straně – destrukce pozednice 91
Příloha 21 Pultová střecha na severní straně – destrukce vaznice a červotoč 91
Příloha 22 Dveře do chrámové lodi kostela – chybějí prvky 92
Příloha 23 Dveře do presbytáře – napadeno červotočem 92
Příloha 24 Dveře do sakristie – napadeno červotočem 93
Příloha 25 Anděl nesoucí kůr – napadení červotočem, chybí pravé křídlo 93
Příloha 26 Pravé křídlo od anděla podpírajícího kůr 94
Příloha 27 Anděl na varhanách napadený červotočem 94
Příloha 28 Kazatelna – chybící prvky a napadení červotočem 95
Příloha 29 Klekátko na ochozu – napadené červotočem 95
Příloha 30 Točité schodiště na ochoz – aktivní napadení dřevokazným hmyzem 96
Příloha 31 Schodišťový stupeň do kaple sv. Josefa Kalasanského 96