

Doubravník

Zak. č. 16142

Revitalizace kostela Povýšení sv. Kříže

Dokumentace pro územní souhlas a stavební povolení

D.1.2.2 Konstrukční řešení – dřevěné konstrukce

1. Technická zpráva

Investor: *Římskokatolická farnost Doubravník
Doubravník 34
592 61 DOUBRAVNÍK*

Zpracovatel: *STABIL s.r.o.
Hlinky 142c
603 00 Brno*



Vypracoval: *Ing. Miroslav Navrátil
Ing. arch. Josef Borkovec*

V Brně v prosinci 2016

a) Úvod

Tato zpráva se zabývá posouzením stavu krovů a dřevěných konstrukcí kostela Povýšení sv. Kříže v Doubravníku.

Na základě stavebně-technického průzkumu krovu a věže kostela, bylo provedeno zhodnocení stavu zabudovaného dřeva a posouzení základního stavu dřevěných konstrukcí ve vztahu k biotickým škůdcům, kteří se podílejí na jeho degradaci. Posouzení stavu dřevěných prvků bylo provedeno vizuálními metodami in-situ se zaměřením na detekci znaků poškození biotickými činiteli - hmyzem a hnilobami.

b) Metodika průzkumu poškození krovu

Průzkum poškození dřevěných prvků se zaměřil především následující oblasti:

- rozsah napadení dřeva dřevokaznými houbami a jimi způsobeného poškození konstrukcí
- rozsah napadení dřeva dřevokazným hmyzem a jím způsobeného poškození konstrukcí
- výskyt druhotných vad, mechanických a statických poškození dřeva a konstrukce, které snižují pevnost spojů, celkovou pevnost dřeva nebo použitelnost v konstrukcích
- celkový stavebně technický stav dřevěných částí objektu, krytiny na objektu, klempířských prvků a dalšího stavu konstrukcí s přihlédnutím na důsledky zjištěných technických závad krovů
- popis rozsahu poškozených dřevěných konstrukcí nutný k určení rozsahu a koncepce návrhu sanace poškozených částí.

Zdravotní stav zkoumaných dřevěných konstrukcí byl v rámci průzkumu in-situ zkoumán zejména smyslovými metodami, doplňková data pak byla shromážděna také z přístrojového měření vlhkosti, z mikrovrtů, vpichů a vrypových zkoušek do vybraných prvků a z mykologické analýzy prvků poškozených detekovanými hnilobami. Stav poškození byl posuzován smyslovými metodami, zejména pak vizuálními, a byl hodnocen podle:

- charakteru a vzhledu narušení povrchu i vnitřních částí dřevěných prvků
- podle vůně a barvy dřevní hmoty a akusticky poklepem na povrch trámů
- deformací prvků i celé konstrukce
- detekce výskytu mycelia a plodnic hub

- rozsahu a velikosti výletových otvorů a larválních chodbiček dřevokazného hmyzu

Dřevěné konstrukce byly posouzeny v částí přístupných průzkumu, tedy nezakrytých či nezabudovaných v jiných konstrukcích a dostupných bez použití destruktivních metod narušujících okolní konstrukce. Je nutné upozornit, že poškození zjištěné průzkumem zaznamenává stav konstrukce v době provádění průzkumu a může se postupem času zhoršovat. Pokud nedojde k odstranění příčin zjištěných poškození, může v budoucnu dojít k jejich dalšímu rozvoji.

Pro hodnocení dřevěných konstrukcí byla použita 5-bodová stupnice hodnocení dřeva ve stavbě podle (VVÚD Praha, pracoviště Březnice), vzniklá stupnice hodnocení kvality zabudovaného dřeva je následující:

- Stupeň 1 – prvky bez znatelného poškození dřeva

Dřevo s dobře čitelnou kresbou, bez barevných změn a stop po biotickém napadení. Konstrukční spoje jsou beze změn, průhyby a jiné deformace jsou zanedbatelné. Fyzikální ochrana dřeva musí být zajištěna, preventivní chemická ochrana není nutná.

- Stupeň 2 – prvky s drobným poškozením dřeva

Dřevo s dobře čitelnou kresbou dřeva, lokálně se mohou vyskytovat drobné známky biotického poškození popř. požerkové chodbičky od larev dřevokazného hmyzu, místa se změněnou barvou vlivem působení hniloby. Přirozené vady jsou v mezích normy. Konstrukční spoje jsou beze změn, průhyby a jiné deformace jsou zanedbatelné. Fyzikální ochrana dřeva musí být zajištěna, preventivní chemická ochrana není nutná. Riziková místa (zhlaví krokví a vazných trámů atd.) se doporučují ošetřit proti houbám a hmyzu podle ČSN 49 0600-1.

- Stupeň 3 – prvky s poškozením dřeva

Prvky s poškozením, dřevo se špatně čitelnou kresbou dřeva, požerkové chodbičky od larev dřevokazného hmyzu s čerstvou přítomností prachu a drtě, místa se změněnou barvou a kostkovitý a jiný rozpad dřeva vlivem působení hniloby, poškození nepřesahuje 1/2 průřezu prvku. Přirozené vady dřeva místy vybočují z normy (trhliny, suky). Konstrukční spoje jsou občas rozvolněné, objevují se průhyby a jiné deformace. Fyzikální ochrana dřeva musí být obnovena a trvale zabezpečena. Je nutná preventivní chemická sanace, která se provede podle ČSN 49 0600-1 proti houbám, hmyzu a plísním. Je nutná konstrukční sanace některých dřevěných prvků konstrukce.

- Stupeň 4 – prvky s rozsáhlým poškozením dřeva

Prvky s rozsáhlým poškozením, dřevo se rozpadá na prach a kostky, barva dřeva je tmavá, dřevo si zachovává minimální mechanické vlastnosti, poškození přesahuje 1/2 průřezu prvku. Vyskytují se plodnice dřevokazných hub a hmyz ve všech vývojových stádiích. Přirozené vady dřeva vybočují z normy (trhliny, suky). Konstrukční spoje jsou rozvolněné,

objevují se značné průhyby a jiné deformace. Fyzikální ochrana dřeva musí být obnovena a trvale zabezpečena. Chemická ochrana dřeva (včetně zdí a omítek ve styku a blízkosti dřeva) vyžaduje zvýšenou péči a provede se podle ČSN 49 0600-1 proto houbám, hmyzu a plísním. Při aktivním působení hniloby je nutné zjistit příčiny napadení a navrhnout jejich odstranění. Při aktivním působení dřevokazného hmyzu je nutné navrhnout sterilizaci. Je nutná konstrukční sanace některých dřevěných prvků, někde i celých částí konstrukce.

- Stupeň 5 – prvky zcela destruované

Prvky s rozsáhlým poškozením integrity, případně zcela v důsledku degradace zcela chybějící dřevo rozpadlé a nesoudržné, kompletní dezintegrace dřevní hmoty spolu s možným napadením biotickými škůdci i ve zdivu (dřevomorka). Vyskytují se plodnice dřevokazných hub a hmyz ve všech vývojových stádiích. Konstrukční spoje jsou nefunkční, případně již nejsou vůbec přítomny, průhyby a jiné deformace jsou za hranicí deformací, případně již došlo k havarijnímu zřícení konstrukce. Při aktivním působení hniloby je nutné stanovit i přezdění poškozeného. Při aktivním působení dřevokazného hmyzu je nutné navrhnout výměny celých prvků. Je nutná konstrukční sanace celých částí konstrukce.

Výsledné hodnocení předběžného stavebně-technického průzkumu je zapracováno do tohoto posudku, stanovujícího rozsah napadení dřevokazným hmyzem, míru aktivity a druh hmyzu, dále rozsah napadení dřevokaznými houbami.

b.1. Rozlišení biotického poškození

Dřevokazné houby

Mají každá trochu jiné nároky na okolní podmínky. Pro svůj optimální vývoj potřebují teploty mezi 20-30°C. Pro samotné přežití si ale vystačí s daleko širším rozptylem. Rovněž tak platí podmínky pro vlhkost napadeného dřeva. Obecně dřevokazné houby příliš nenapadají dřevo s vlhkostí pod 20%, zvláště pak, je-li na místě, kde je dobře větrané. Pokud je však už dřevo napadené, snížení vlhkosti nemusí v mnoha případech vůbec pomoci. Jednak je mycelium značně odolné a dokáže přežít i nepříznivé suché podmínky, pouze zastaví svůj rozvoj. Ve vlhkostech pod 20% se dřevokazné houby nacházejí v latentním stadiu existence, utlumují enzymatické pochody a nedochází k rozvoji mycelia.

Plísně a dřevozbarvující houby:

Jako skupina škůdců dřeva jsou do jisté míry méně nebezpečné, než houby dřevokazné nezpůsobují totiž rozklad dřevní hmoty. Poškození je víceméně jen optické. Hlavní rizika plísní a dřevozbarvujících hub na zabudovaném dřevě a v objektech obecně jsou hygienická a zdravotní. Základní podmínky pro napadení dřeva plísněmi zahrnují vlhkost dřeva nad 20% (optimum je nad 35%) a nedostatečné proudění vzduchu. Obecně proti tomu lze bojovat nižší

relativní vlhkostí vzduchu v objektech, její praktické provedení je ale někdy právě kvůli nedostatečnému proudění vzduchu nemožné. Plísň nerozkládají dřevní hmotu.

Dřevokazný hmyz:

Většina druhů dřevokazného hmyzu (larev) využívá dřevo jako potravu, jiným slouží jako prostředí pro růst a vývoj larev. Pro dřevo zabudované v konstrukci jsou nejnebezpečnější tesařici a červotoči. Ostatní napadají především neodkorněné dřevo, tedy hlavně dřevo živé nebo uskladněné. Dřevokazný hmyz má podstatně nižší nároky na vlhkost dřeva než dřevokazné houby. Pro napadení dřevokazným hmyzem postačuje vlhkost dřeva 10–12 %. Všeobecně hmyz působí ve dřevě nikoliv chemické poškození jako houby, ale poškození mechanické.

c) Zhodnocení stavebně-historického a typologického stavu

c.1. Střecha a krov nad lodí kostela

Zastřešení kostela je provedeno strmou sedlovou střechou na obdélníkovém půdorysu, závěr kostela je tvořen pětibokým závěrem s valbou. Krytina střechy je z měděného plechu uloženého na bednění. Jednotlivé tabule měděného plechu jsou svisle k sobě falcovány stojatým falcem, vodorovně potom falcem ležatým. V horní části pod hřebenem a v dolní části asi 2 m nad vaznými trámy jsou půlkulaté vikýře rovněž z měděného plechu. Do krovu je vsazen osmiboký sanktusník, jehož střecha je krytá nepravidelnými měděnými šablonami.

Krov nad lodí je krokevní se třemi patry hambalků, podélně rozvinutě vázaný ležatou stolicí rané formy s pětibokou ližinou (vaznicí) čepovanou shora na sloupky. Ležatá stolice je doplněna jednou rozpěrou pod vaznicemi a druhou pod pásy příčného zavětrování rámu stolice. Podélné zavětrování ležaté stolice je provedeno v rovině krokví vzájemně kříženými vzpěrami od ležatého sloupku do ližiny. V patě je vazba doplněna patními sloupky, středem pak prochází rám s prahem uloženým na vazných trámech a průvlakem mezi rozpěrou a hambalkem, rám je v příčném směru doplněn pásy od sloupku přes obě vzpěry do hambalku, v podélném směru je pak zavětrován patními pásy od sloupku k prahu a horními pásy od sloupku do průvlaku. V patě nad prvním hambalkem je stojatá stolice založená na prazích a vynášející ližiny (vaznice), v příčném směru je doplněna o pásy vzepření od prvního hambalku do sloupku stolice a podkroevní vzpěrou jdoucí přes všechny hambalky. Podélné zavětrování je provedeno pásy mezi prahem a sloupkem a diagonální vzpěrou od prahu přes sloupek do ližiny. Patro nad druhým hambalkem je řešeno stejnou stojatou stolicí založenou na prazích a vynášející ližiny, stejný je i pásek od hambalku do sloupku a v podélném směru diagonální vzpěra od prahu přes sloupek do ližiny.

Krokve jsou řešeny poněkud netypicky. V patě krovu jsou čepovány do vazného trámu, na úrovni druhého hambalku jsou krokve přerušeny a druhý hambalek je osazen shora na čep

krokve. Krokve dalšího patra jsou pak začepovány shora do druhého hambalku a ve vrcholu přeplátovány. Tato situace vytváří na ploše plechové krytiny zvláštní situaci, kdy v úrovni druhého hambalku je viditelná vlna způsobená posunutím prkna bednění na čele hambalku.

Na úrovni druhého hambalku je vsazená konstrukce sanktusníku. Základový rám se zdvojeným křížem je v příčném směru vsazen na ližiny mezi hambalky a doplněn v podélném směru. Sloupky sanktusníku jsou čepovány na základový rám a doplněny o vzpěry v podélném i příčném směru, jejich vzájemná pozice je pak zajištěna několika patry rozpěr.

Krov má 11 plných vazeb mezi nimiž jsou vždy dvě vazby prázdné.

Provedení krovu nad lodí kostela je víceméně typické pro svoji dobu, dendrochronologické datování konstrukce ukázalo rok smýcení dřeva na 1538/39, v kontextu renesančních krovů - raných ležatých stolic na našem území se jedná o jeden ze starších případů. Přesto se v některých detailech jedná do jisté míry o unikátně provedený krov. Hlavní zvláštností jsou dělené krokve na úrovni druhého hambalku, zajímavá je rovněž subtilnost použitých prvků vzhledem k rozpětí a velikosti krovu a pak také pětiboký závěr presbytáře, ve kterém jsou krokve ve dvou patrech podepřeny rámem stojatých stolic. Toto řešení může odkazovat k ne zcela zvládnuté technologii stavby ležaté stolice, pravděpodobný je také nedostatek kvalitního řeziva ke stavbě. Použitým materiálem je smrkové a jedlové ručně tesané dřevo. Spoje jsou plátované jednostrannou rybinou, zajištěné dřevěným hřebem, jednotlivé prvky jsou tesařsky značené kulatými značkami.

Krov prošel v minulosti zásadní etapou opravy. Spolu s barokními úpravami na počátku 18. století byla provedena výměna částí zhlaví vazných trámů, rovněž byla odstraněna pozednice a protézovány byly některé sloupky ležaté stolice a zhlaví krokví. Dendrochronologicky byl tento zásah datován 1715/16, kdy bylo smýceno dřevo na protězy vazných trámů. Oprava byla provedena pravděpodobně z důvodu výskytu hniloby v pozednici a vazných trámech. Provedení protéz je poněkud rozdílné úrovně, tesaři vycházeli z možností daných přístupem k místu a k dočasnému vynesení konstrukce, vazné trámy jsou proto protézovány v uložení na zdech rozdělení trojlodí kostela a spoje jsou podle možnosti provedeny někde srazem na tupo, tupým plátem, šikmým plátem nebo šikmým hákovým plátem, jen některé ze spojů pak jsou zajištěny kovanou kramlí.

c.2. Střecha a krov nad věží kostela

Střecha na čtvercovém půdorysu věže je tvořena bání, krytou měděným plechem z nepravidelných šablon na bednění. Přístup do krovu je poněkud obtížný, z patra zvonice vede trámový žebřík o délce přibližně 11 metrů. Krov bání má nosnou konstrukci ze stojatých stolic vzájemně spojených na čtvercovém půdorysu a zajištěných pásky. Středový sloupek

věže pak přechází v hrotnici a je vzepřen vzpěrami od vazných trámů bání. Ramenáty nesoucí tvar bání jsou sbíjené z fošen, ve spodní části jsou osedlány do vazných trámů, v horní části jsou opřeny do hrotnice, jsou osedlány na vaznice stojaté stolice a zajištěny vzpěrami do středového sloupku. Krov je uchycen ke zdivu věže s pomocí trámů umístěných ve vnitřních rozích věže.

Báň věže má na sobě datum 1792, dendrochronologické datování vnitřních konstrukcí věže nicméně udává rok smýcení trámů použitých na patro zvonové stolice rok 1714/15. Tato data tak jen potvrzují již v literatuře uváděnou historickou skutečnost, že původně dřevěná zvonice byla barokně přestavěna právě v roce 1792.

c.3. Dřevěné konstrukce ve věži kostela věží

Jednotlivá patra věže jsou provedena trámy pevně vetknutými do zdiva, s podlahou z širokých fošen a vzájemně propojena jednoramennými schodišti. Dendrochronologická datování dřevěných konstrukcí ve věži se u všech pater shodují na letopočtech 1714-1717, v rámci průzkumu byl odebrán i vzorek ze zazděného táhla přístupného ve východní stěně, které bylo datováno rokem smýcení 1541/42. Lze tedy uvažovat, že stavba věže, pravděpodobně do výšky zvonového patra, spadá do stejné etapy výstavby jako zastřešení krovem, samotné vnitřní konstrukce, zvonice, nástavba nad zvonící a báň jsou pak dílem barokní etapy.

c.4. Schodiště a krov nad schodišťovou věží

Přístup do věže a krovu kostela je možný po točitém spirálovém (šnekovém) schodišti v boční věžičce. Spodní část schodiště je kamenná a dvouramenná, jedno rameno je pro přístup z interiéru kostela na kůr, druhé rameno je pro přístup do věže a má samostatný vchod. Spirálové schodiště je až po úroveň kůru řešeno jako dvě symetrická soustředná ramena, dále však do věže pokračuje pouze jediné z ramen, druhé končí v úrovni kůru. Dále je schodiště dřevěné a jednoramenné. Tento princip řešení způsobuje narušení rovnováhy obou vřeten. Ve výšce od vstupu do kůru je vzepjetí šroubovice dvojnásobné, následkem toho ztrácejí jednotlivé stupně oporu ve vodorovném směru a dochází tak k vyosení vřetene. Dřevěná část schodiště je skládána z jednotlivých stupňů na vřetení nasunutých na čepy a podél obvodu vetknutých do zdiva. Toto provedení je pravděpodobně původní z doby výstavby kostela polovině 16. století. Všechny výstupy do pater věže na schodiště navazují a výjimkou je pouze vstup do krovu v úrovni vazných trámů, který je umístěn asi 1,2 metru nad příslušným stupněm.

Krov střechy je pravděpodobně mladší, krokve i pozednice jsou z ručně tesaných trámů, provedení je jednoduché a úsporné pouze s krokvi osedlanými na pozednici a

vedenými do sběžiště v rohu mezi štítem u krovu kostela a věží kostela. Tvar střechy je tak jakousi segmentovou kuželovou výsečí. Krytina je měděný plech na bednění.

c.5. Krov a střecha nad sakristií

Pultová střecha nad sakristií přiléhající k severní stěně kostela je pravděpodobně až z doby posledních úprav kostela v průběhu 19. století, v souvislosti se stavbou hrobky Mitrovských. Typologicky tomu odpovídá provedení stojaté stolice krovu a cihelné dozdvíky štítů, vyzděné s nepříliš vysokým řemeslným standardem až po stavbě krovu (některé vzpěry jsou zazděny do zdiva). V prostoru krovu je v omítce na stěně kostela patrný otisk sedlové střechy vložené mezi opěráky, ty mají navíc kamenicky upravené náběhy ve směru spádu vody v návaznosti na původní provedení krovu.

Krov je krokevní, krokve jsou čepovány do vazných trámů a jsou podepřeny osedláním na vaznice tří stojatých stolic, založených na prazích na vazných trámech. Krov má devět krokví v osově rozteči přibližně 90 cm, tři stojaté stolice v podélném směru jsou doplněny o vzpěry ve směru příčném, které tak vytváří dojem tří plných vazeb.

c.6. Krov a střecha nad hrobkou Mitrovských

Trojlodní přístavba na severozápadní stěně kostela je opatřena nízkou pultovou střechou po obvodu stavby nad hrobkou a vysokou strmou sedlovou střechou, kolmou na loď kostela, nad kaplí hrobky. Sedlová střecha je opatřena měděným plechem stejného provedení jako nad lodí kostela, na pultové střeše je krytinou pozinkovaný plech s hnědočerveným nátěrem.

c.6.1. Krov a střecha nad kaplí

Krov nad kaplí je krokevní se dvěma hambalky, podélně vázaný stojatými stolicemi podepírajícími kámpované hambalky, se vzpěrami sloupků pod krokvemi a podélně zavětrované pásky od sloupků do vaznic. Ke spojení stolic dochází pouze kámpovanými hambalky, v krovu není mezi sloupky rozpěra. V krovu jsou čtyři plné vazby, první pole ve směru od kostela má čtyři vazby prázdné, další dvě pole jsou pak se třemi prázdnými vazbami. Prázdné vazby jsou čepovány do krátčat do výměny, čepované mezi vazné trámy plných vazeb. Krov je uložen na jedné pozednici. Použitý materiál je ručně tesaný, pravděpodobně ze smrku a jedle, spoje jsou čepované a zajištěné dřevěnými hřeby.

Krov je velmi obtížně přístupný, jedinou cestou je kulaté okénko v severním průčelí, které je asi ve výšce 7 metrů nad pultovou střechou hrobky. K okénku je nutné na háky zaháknout žebřík, dále demontovat výplň s pletivem zabraňujícím vletu ptactva a po dalším

žebříku sešplhat asi 2,5 metru dolů do krovu. Jakékoliv servisní úkony nebo průzkumy vyžadují součinnost horolezeckých technik.

c.6.2. Krov a střecha nad hrobkou

Krov nad hrobkou je vaznicový, krokve jsou uloženy na jedné vaznici přiléhající k obvodové stěně kaple a vynesené stojatou stolicí založené na vazných trámech, u paty krovu jsou krokve plných vazeb spojeny s vaznými trámy, krokve prázdných vazeb jsou pak uloženy přímo na obvodovém zdivu. Krov nemá pozednici. I s ohledem na pozinkované klempířské prvky a bednění pod nimi je řešení tohoto krovu nejmladší. V nedávných úpravách zde byly provedeny výměny některých krokví plných i prázdných vazeb a kompletní výměna bednění.

d) Rozsah poškození konstrukcí

d.1. Střecha a krov nad lodí kostela

Celkově lze rozsah poškození krovu považovat za havarijní. Biotické poškození je kombinací více aktivních činitelů, z nich nejhorší je aktivita dřevokazných hub v patě krovu, následovaná lokálním aktivním působením dřevokazného hmyzu. Výskyt hnilob je vázán zejména na zvýšení vlhkosti dřeva, protože však v současné době nedochází k přímému zatékání plechovou krytinou, lze říci, že napadení je tak pravděpodobně starší a jeho současná aktivita je na většině míst pouze v latentní fázi a probíhající destrukce dřevní hmoty je velmi pomalá. Naměřena hodnota rozsahu hmotnostní vlhkosti dřeva se zde pohybovala v rozmezí 13-18%, měřeno v suchém období léta. Rozsah destrukce ve zhlavích vazných trámů, sloupcích a krovkách je značný, v některých místech dochází tlakem prvků k rozdrčení dřevní hmoty a k propadům prvků. Další část rozsáhlého poškození je patrná v oblasti sanktusníku, kde dochází k zatékání do krytiny na místě průstřelů broky a pravděpodobně i některými trhlinami ve spojích. Destrukce krokví a vzpěr je zde silně pokročilá a ohrožuje stabilitu konstrukce, dále zde dochází ke vzniku excentrických napětí a následně vzniku podélných trhlin v krovkách. Mykologickým posudkem bylo detekováno působení hub rodu *Koniofora* (*Coniophora*) a rodu Trámovka (*Gloeophyllum*).

Z poškození dřevokazným hmyzem bylo detekováno působení tesaříka krovového (*Hylotrupes bajulus*) a červotoče proužkovaného (*Anobium punctatum*). Byly detekovány jak výletové otvory, tak i čerstvé drtinky a akustická aktivita hmyzu spojená s působením jeho larválních stádií. Rozsah napadení tvoří jednotlivá ohniska poškození. Napadeny jsou zejména krokve, vazné trámy a sloupky ležaté stolice.

Mezi další poškození biotickými činiteli je nutné započítat i destrukci dřevní hmoty v důsledku výskytu početné netopýří kolonie. Působení netopýří moči a výkalů ve výsledku silně napomáhá k rozvláknění dřeva a oslabení únosnosti prvků.

V krovu se také, zejména v jeho horní části u věže, nachází hnízdní místo holubů, kteří svým trusem poškozují jak povrch trámů, tak zejména přispívají ke zvýšení vlhkosti ve dřevě.

Obecně lze poškození prvků krovu vyhodnotit stupněm č. 2, protože většina prvků je bez rozsáhlého napadení, v krovu jsou ale i prvky s kritickým poškozením stupněm č. 4-5, která přispívají k celkovému havarijnímu stavu částí konstrukce.

d.2. Střecha a krov nad věží kostela

Rozsah poškození krovu věžní bání je vázán na aktivní napadení tesaříkem krovovým (*Hylotrupes bajulus*), přičemž hlavní rozsah poškození je soustředěn do ramenátů a z části pak do vazných trámů. Nalezené výletové otvory jsou nejen starší, ale i čerstvé a rovněž byla nalezeni uhynulí i aktivní dospělci. Dále byly pozorováni dospělci potemníka skladištního (*Tribolium confusum*), kteří však nejsou pro dřevo bezprostředním ohrožením. Na poškození dřeva se i zde podílejí hnízdící holubi a holubí a netopýří trus přítomný na všech konstrukcích. Celkově lze poškození věže zhodnotit stupněm č. 3 se silně progresivním charakterem.

d.3. Dřevěné konstrukce ve věži kostela

V jednotlivých patrech věže je aktivní napadení červotočem proužkovaným (*Anobium punctatum*). Aktivita se zvyšuje směrem k dolním patrům, napadeny jsou stropní trámy, fošny podlah i uskladněné prvky mobiliáře.

Ve fošnách podlahy zvonového patra byla detekována dřevokazná houba. Pravděpodobně se jedná o některého zástupce z rodu pevníkovitých (*Stereaceae*). Napadení je aktivní a jeho podmínky jsou umožněny zejména holubím trusem, který se hromadí na podlaze zvonice a který dobře drží vlhkost napomáhající rozvoji poškození.

Stav zvonové stolice je s ohledem na funkci a umístění bez závažných vad. Kromě atmosférické koroze, na které se podílí částečná expozice povětrnostním vlivům a přítomnost holubího trusu, nemá zvonová stolice žádné poškození. Mechanické části a spoje konstrukce, včetně jejího uložení, jsou v pořádku a nebrání jejímu používání.

Lamelové okenice zvonového patra jsou poškozeny zejména atmosférickou korozí a v důsledku strávení ochranného nátěru.

d.4. Schodiště a krov nad schodišťovou věží

Krov schodišťové věžičky je bez zjevného biotického poškození.

Dřevěné točité vřetenové schodiště je zásadně ohroženo už svým konstrukčním principem, který způsobuje výše popsané narušení rovnováhy obou vřeten. Vyosení vřetene, na kterém se podílí i ztráta pevnosti v uložení stupnic ve zdivu, je natolik závažné, že nebýt provizorních vzepření v několika místech, pravděpodobně by již došlo ke zřícení schodiště. Možná ztráta prostorové stability je podmíněna také potenciálním rozvojem poškození dřevokazným hmyzem. Dřevěné stupně schodiště jsou aktivně napadeny dřevokazným hmyzem, detekovány byly výletové otvory červotoče proužkovaného a na několika místech i červotoče umrlčího (*Hadrobregmus pertinax*). Vzhledem k tomu, že jeho přítomnost bývá vázána na vyšší výskyt vlhkosti, je v místech vetknutí stupňů do zdiva také pravděpodobné napadení některou z dřevokazných hub, přímé napadení však nebylo identifikováno.

Celkově lze stav schodiště zhodnotit stupněm č. 4 a to zejména kvůli poškození statiky schodiště.

d.5. Krov a střecha nad sakristií

Situace v krovu nad sakristií je z hlediska biotického poškození bez vážnějších vad. Zásadní je zde ovšem výskyt holubích hnízdišť a následné poškození povrchu dřeva holubím trusem. Protože do krovu nikde nezatéká, celkový stav dřeva lze hodnotit stupněm č. 2, ale s potenciálem rychlého rozvoje poškození v případě náhlého zvýšení vlhkosti. Holubí trus, jak již bylo uvedeno výše, velmi dobře drží vlhkost a rychle by tak mohl přispět k rozvoji napadení.

c.6. Krov a střecha nad hrobkou Mitrovských

c.6.1. Krov a střecha nad kaplí

Při průzkumu nebylo nalezeno žádné závažné poškození dřeva. Dřívější výskyt holubů byl eliminován instalací protivletové mřížky z pletiva do kulatého okénka. Přítomnost holubího trusu je ovšem stále značná a stejně jako v jiných částech krovů jej bude zapotřebí odstranit. Byly detekovány výletové otvory tesaříka, napadení se však nejeví jako aktivní.

c.6.2. Krov a střecha nad hrobkou

Poškození krovu je zapotřebí rozdělit na dvě části. První jsou poškození biotického původu, druhé pak poškození v důsledku nevhodného řemeslného zásahu do konstrukce. Biotické poškození je zastoupeno zejména aktivitou tesaříka krovového v některých krokách a vazných trámech. V severovýchodním rohu je pak u stěny kostela hnilobou kompletně destruována první plná vazba krovu. Dlouhodobě zde dochází k zatékání do konstrukce,

v důsledku čehož došlo k rozvoji poškození hnilobou až do stupně č. 5 a úplné ztrátě únosnosti vazného trámu. Ve stupni č. 4 je pak poškozena krokev, vzpěra a sloupek stolice s vaznicí.

Do druhé části spadají vazné trámy v západní části střechy, odříznuté před zhlavím tak, že nejsou uloženy na stěnu, ale v pozici jsou zachyceny pouze železnou kramlí. Vzhledem k poměrně malým rozpětím krovu se sice nejedná o zásadní poškození, systém ovšem není dlouhodobě funkční.

e) Navrhované sanační postupy

Podstatou navrhovaného řešení sanace je cílená výměna poškozených prvků v krovu nad lodí kostela, krovu nad hrobkou a kompletní výměna střešní bání na věži. Prvky napadené hnilobami je bezpodmínečně nutné odstranit a nahradit novými, případně protézovat. Při výměně je nutné dbát vysoké technologické kázně při osazení nového materiálu na zdivo. Toto zdivo musí být chemicky ošetřeno proti dřevokazným houbám. Výměna materiálu poškozeného hmyzem je zvolena v rozsahu, který eliminuje poškozené prvky, zachová všechny nutné statické funkce prvků a krovu jako celku. Povrchové napadení hmyzem na prvcích nevyznačených v návrhových výkresech oprav není kvalifikováno jako potenciálně nebezpečné a není nutné přistupovat k jejich výměně. Pro každý prvek s možným povrchovým poškozením hmyzem byla stanovena kriteria rozsahu poškození v souladu se statickým i dynamickým namáháním prvku, zejména byly posouzeny spoje a přenos sil ve spojeních prvků. Povrchové poškození ponechávaných prvků tedy nijak neohrožuje jejich funkci. Naopak demontáž a výměna takového prvku může být na škodu v případě nesprávného provedení spoje nebo vložení materiálu s horšími mechanickými vlastnostmi než prvek původní.

e.1. Střecha a krov nad lodí kostela

S ohledem na stav krovu nad lodí a poškození jeho jednotlivých částí se jako nejlepší varianta jeví cílená výměna poškozených částí vazných trámů již jednou sanovaných v průběhu 18. století a protézování poškozených částí krokví, sloupků ležatých stolic, hambalků a vzpěr. Rozsah sanačního zásahu je podmíněn zachováním co největšího množství stávající krytiny. Proto je navrženo rozfalcování jen nezbytné části krytiny ve spodních partiích krovu a dále v severní straně střechy v pásu pod sanktusníkem. Předpokládá se následující technologický postup:

- Postupně bude rozfalcována krytina, nejvíce po dvou polích plných vazeb a demontováno bednění

- Budou podepřeny pětiboké ližiny a k zajištění prostorové stability soustavy dojde vzepřením rozpěr plných vazeb a sloupků stolic systémem výdřevy, příčně uložené na trámech položených na obvodovou zeď a zdi dělicí lodi.
- Následně budou demontovány námětky, poškozené vazné trámy, odřezána uhnílá zhlaví krokví a případně i sloupků plných vazeb a na ponechávaných částech prvků budou připraveny spoje. Pro vazné trámy dělené na zdech kostela budou podle možnosti použity kompletní výměny s hákovými pláty zajištěnými kovanými kramlemi.
- Nové vazné trámy budou kampovány na nízké „pozednici“ z dubové fošny, pro nutné dorovnání výšek je možné jednotlivé fošnové podložky dělit, její účel je zejména separační, nikoliv pro roznesení svislých sil.
- Pro protězy zhlaví krokví a sloupků plných vazeb budou použity podélné šikmé pláty s podříznutým čelem zajištěné utahovacími klíny, které budou ve vazných trámech aktivovány vložkami s klíny vloženými do dlabů před čepy na sloupcích a krokvích.
- Bednění bude v odkryté části provedeno nově z desek s hranami podkosenými ve směru odtékání vody.
- Nově bude provedena krytina z měděného plechu falcovaného svisle dvojitou stojatou drážkou a vodorovně jednoduchou ležatou drážkou umožňující dostatečnou dilataci jednotlivých formátů plechu

Všechny protězy a výměny předpokládají zachování dimenzí stávajících prvků a jsou pouze jednoduchou výměnou realizovatelnou běžnými tesařskými postupy.

Kompletní výměna poškozených částí bude zvolena v rozsahu sanktusníku a návazných prvků krovu poškozených hnilobou. V této oblasti se zásah neobejde bez rozsáhlého vnějšího lešení spojujícího severní a jižní stranu kostela v příčném směru. Musí být rozfalcována krytina v celém pásu pod sanktusníkem v ploše ze severní strany. Zde budou kompletně vyměněny poškozené krokve, vzpěry a rozpěry, případně také zhlaví hambalků. Krytina sanktusníku bude sejmuta, poškozené části dřevěné konstrukce (sloupky, krokve, vzpěry) budou nahrazeny, dojde ke kompletní výměně prvků. Krytina bude provedena nově z měděného plechu. Provedení krytiny v oblasti přechodu do kamenné římsy musí být realizováno tak, aby zůstala zachována stávající asi 3-4 cm široká mezera, zajišťující trvalé proudění vzduchu pod střešní pláště.

Pro lepší kontrolu a servis budou v prostoru krovu instalovány v jednotlivých patrech pochozí lávky vzájemně v patrech spojené jednoduchými schodišti.

Na místa v ploše pod výskytem netopýří kolonie nad presbytářem kostela bude u OSB desek zřízena plocha k separaci netopýřího trusu poškozujícího dřevěnou konstrukci krovu a zdivo kleneb kostela. Na hambalcích exponovaných vazeb budou rovněž namontovány stříšky

z pozinkovaného plechu. Tím dojde k zakrytí hambalků doposud exponovaných působením biodegradačních procesů netopýří moči a trusu.

Prostory krovu budou kompletně vyčištěny a dezinfikovány. Krov bude plošně chemicky ošetřen (viz dále: Pravidla provedení chemické sanace)

e.2. Střecha a krov nad věží kostela

Krov bání nad věží kostela bude kompletně vyměněn za konstrukční a tvarovou repliku. Báň bude demontována z uložení a snesena jeřábem. Tesaři zhotoví kompletní kopii konstrukční soustavy s důrazem na detaily spojů a řemeslné postupy. Konstrukce bání bude zpět osazena jeřábem a znovu pokryta měděným plechem. Zachována bude původní datace na krytině nesoucí datum 1792, do čelního průčelí bude nově umístěn letopočet nové realizace bání.

S ohledem na situaci s výskytem netopýřů je nutné k realizaci nové věže přistoupit s přihlédnutím k pravidlům stanoveným v závazném vyjádření orgánů chrany přírody. Dodavatel stavby proto v harmonogramu stavby stanoví postup prací tak, aby realizace byla prováděna hnízdní období netopýřů. Pro provedení této tesařské části nebudou aplikována níže uvedená pravidla chemické sanace. Krov nebude ošetřen žádnými chemickými prostředky a ochrana dřeva bude zajištěna pouze na fyzikální bázi a to zajištěním proudění vzduchu a ochranou exponovaných prvků s pomocí překrytí stříškami z pozinkovaného plechu a zakrytí ploch OSB deskami. Plochy pokryté netopýřím trusem pak musejí být v pravidelném intervalu mimo hnízdní období čištěny. Dále bude instalován monitoring vlhkosti prostředí v podobě datalogeru snímajícího relativní vlhkost vzduchu a vlhkost dřeva, hodnoty budou v pravidelných intervalech odečítány a vyhodnocovány, přičemž se předpokládá fungování monitoringu po dobu udržitelnosti projektu.

e.3. Dřevěné konstrukce ve věži kostela věží

S ohledem na zabudované prvky jednotlivých pater věže se jako vhodné řešení může využít aplikace sterilizace mikrovlnou technologií nebo provedení horkovzdušné sanace od dřevokazného hmyzu. U většiny prvků není nutné provádět žádné výměny ani protézování. Výjimkou je hnilobou poškozená podlaha a části trámů patra zvonice. Aby nemusela být složitě demontována celá zvonová stolice, bude dle návrhové části odstraněna pouze poškozená část podlahy a dubové stopní trámy budou protézovány.

d.4. Schodiště a krov nad schodišťovou věží

Dřevěná část schodiště bude odshora demontována a jednotlivé stupně budou očíslovány a odvezeny k ošetření ionizujícím zářením. Po návratu budou zpětně sestaveny

s tím, že dojde k novému ukotvení čel stupnic do obvodového zdiva. K tomuto účelu budou chemickými kotvami do zdiva vlepeny sklolaminátové tyče a do stupnic budou ze zadní strany zafrézovány drážky pro jejich vlepení s pomocí tixotropních epoxidových tmelů s materiálovými vlastnostmi blízkými dřevu. Tato technologie umožní zajistit schodiště při maximálním možném rozsahu původního materiálu i původního vzhledu.

e.5. Krov a střecha nad sakristií

Prostory krovu budou kompletně vyčištěny a dezinfikovány. Krov bude plošně chemicky ošetřen. Do dvířek vlezu a do okénka budou nově instalovány nerezové mříže ze sítí z nerezových lanek, které trvale zabrání vletu hloubů.

e.6. Krov a střecha nad hrobkou Mitrovských

e.6.1. Krov a střecha nad kaplí

Prostory krovu budou podobně jako v případě sakristie pouze kompletně vyčištěny a dezinfikovány. Krov bude plošně chemicky ošetřen podle pravidel provedení chemické sanace. Do dvířek okénka vlezu bude instalována nová nerezová mříž se sítí z nerezových lanek, které trvale zabrání vletu hloubů.

e.6.2. Krov a střecha nad hrobkou

Prvky krovu budou sanovány podle návrhové části dokumentace. Kompletně bude sejmuta stávající krytina z pozinkovaného plechu a bednění nad poškozenými částmi. Kompletně bude nahrazena uhnílá vazba v severovýchodním rohu, odřezané části vazných trámů budou nahrazeny novými. Krokve napadené tesaříkem budou rovněž nahrazeny. Nově bude provedena měděná krytina z falcovaného plechu.

f) Pravidla provedení chemické sanace

Stávající povrch dřeva v krovu nebyl v minulosti ošetřován žádným plošným preventivním nátěrem. Z hlediska řemeslného provedení je tedy možné na něm zaznamenat veškeré technologické postupy použité při výstavbě, počínaje značením pro zhotovení spojů, přes tesařské montážní značky, kompletní trasologii tesařských nástrojů až po olůvkem provedené nápisy s datami zhotovení. Pro zachování této autenticity je zcela nepřípustné, aby došlo k jakémukoliv plošnému otesávání, broušení či kartáčování povrchu dřeva.

Pro zachování tohoto stavu je rovněž nepřípustné, aby byl proveden jakýkoliv plošný postřik ochrannou látkou s obsahem boritých solí. Jak bylo prokázáno, tyto chemické látky způsobují v průběhu času pomalé rozvláknování povrchu dřeva, čímž dochází ke ztrátě všech řemeslně historických hodnot. Přesný chemizmus postupu rozvláknění doposud nebyl

s jistotou popsán. Jisté je, že při rozvláknění dochází zejména k úbytku ligninové matrice dřeva, pravděpodobně v důsledku vyvázání OH skupin z amorfního řetězce ligninu. Na tomto procesu se podílejí zejména tetraboritany. S rozvlákněním dochází postupně ke snižování průřezu profilu trámů a tím i ke snižování jejich nosnosti. Je však prokázáno, že úbytek není vzhledem k celku masivní a nebyl doposud zaznamenán případ, kdy by došlo k významnému oslabení prvku. Bohužel ovšem dochází k nenávratné ztrátě povrchové vrstvy dřeva, která nese nejcennější stopy technologického zpracování materiálu. Nejnovější výzkumy v oblasti ochrany dřeva chemickými prostředky proti dřevokazným škůdcům ukazují, že v podstatě i tyto prostředky se podílejí na korozi dřeva podobnou měrou jako dřívější ochranná opatření retardéry hoření. K pochopení celé problematiky teprve dochází, bližší obeznámení se s problematikou je možné v následujících publikacích:

HOLAN, J. -- KLOIBER, M. Chemická koroze dřeva. In HOLAN, J. -- KLOIBER, M. Chemická koroze dřeva. Blansko: Česká stavební spol., WTA CZ, 2005, s. 44--48. ISBN 80-02-01768-4.

KLOIBER, M. -- FRANKL, J. -- DRDÁČKÝ, M. -- TIPPNER, J. -- KUČEROVÁ, I. -- BRYSCJN, J. Mechanické vlastnosti konstrukčního dřeva poškozeného protipožárními nátěry. In Sanace dřevěných konstrukcí a staveb 2009. 1. vyd. Veverská Bítýška: Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky - WTA CZ, 2009, s. 14--19. ISBN 978-80-02-02175-9.

KUČEROVÁ, I. Poškození a ochrana dřeva, Damage of wood and wood protection, 2007, CI-Průmyslová chemie a chemické inženýrství, Příspěvek ve sborníku (mimo kategorie RIV), ISBN: 80-86413-41-1

KUČEROVÁ, I., NOVOTNÁ, M., DVOŘÁKOVÁ, K., Vliv ochranných přípravků na bázi anorganických solí na dřevo, Příspěvek ve sborníku 12. konference WTA CZ, 2010, s. 20-32. ISBN: 978-80-02-02273-2

KUČEROVÁ, I., OHLÍDALOVÁ M.: Koroze dřeva protipožárními nátěry na bázi amonných solí, Koroze a ochrana materiálu 53 (2009) 1-8.

V současnosti probíhají na toto téma výzkumy ve dvou grantech:

- MŠMT ČR COST č. oC08042: Koroze historického dřeva způsobená ochrannými přípravky na bázi anorganických a organokovových sloučenin v rámci COST IE0601 WoodCultHer
- Vliv protipožárních nátěrů na korozi historického dřeva GAČR 103/07/1091

Ze závěrů citované literatury lze mít za prokázané, že některé z látek, v současnosti používaných jako účinné složky preventivních ochranných nátěrů na dřevo, působí jako katalyzátor oxidace dřeva při jeho dlouhodobé expozici. Proto je lepší se vyhnout ochranným prostředkům s obsahem účinných látek kyseliny borité a tetraboritanu sodného.

S ohledem výše zmíněná fakta by návrh a provedení chemické sanace krovu měly splňovat následující pravidla:

Protože laboratorní mykologická analýza prokázala v místě odběru vzorků přítomnost dřevokazných hub je zapotřebí sanovat i zdivo. Toto bude provedeno chemickou sanací prostředkem s typovým označením (dle ČSN 49 0600-1): F_B, P, I_P, 1, 2, 3, S, D.

Pokud zdivo bude prokazatelně vykazovat přítomnost mycelia, musí být ve spárách vyčištěno. Sanaci poškození je nutné věnovat zvláštní technologickou kázeň, přesto je potřeba mít na paměti, že odolnost spór a mycelia je značná a poškozené místo nelze až na výjimky zcela spolehlivě sanovat. Jedinou vhodnou cestou je pak konstrukční ochrana dřeva, která dlouhodobě zajistí, že vlhkost materiálu nepřekročí 20%, proto je nutné zajistit pravidelné servisní prohlídky, které mohou včas odhalit defekty ve střešním plášti, způsobující zatékání.

Z povrchu trámů bude ometen a z podélně výsušných trhlin vysát, případně tlakovým vzduchem vyfoukán prach. Prvky krovu budou plošně chemicky ošetřeny výše zmíněnými chemickými prostředky a to nástříkem, přičemž je nutné věnovat zvláštní technologickou kázeň podélně výsušným trhlinám v trámech. Tímto zásahem lze dosáhnout snížení expozice dalšího napadení příštími generacemi dřevokazného hmyzu který, při správném provedení postřiku bude silně omezen v možnostech kladení vajíček do dřeva a tím i rozvoji dalších generací. Všechno nově použité dřevo hoblované řezivo, musí být chemicky preventivně opatřeno impregnačními prostředky. Chemické impregnační prostředky budou použity pouze takové, které splňují typové označení dle ČSN 490600-1: F_B, P, I_P, 1, 2, 3, SP. A to v bezbarvém provedení, nikoliv na vodní bázi.

Preventivní postřik je vhodné do tří let ještě zopakovat.

Je nutné vzít na vědomí, že impregnace provedená nátěry či máčením je jen povrchová a případné mechanické porušení materiálu a jeho opětovné neošetření mohou být vstupním bodem pro poškození dřeva. Ošetřena musejí být i čela plátových spojů ve spojích prvků.

Po ukončení prací na rekonstrukci střechy musejí být všechny prostory krovu kompletně uklizeny a vysáty. Je nepřijatelné, aby se po skončení prací na místě vyskytovaly zbytky suti, malty, nepoužitelné krytiny, dřevo, piliny a další zbytkové materiály.

g) Stabilita a odolnost konstrukcí

V průběhu stavby bude použito takových postupů, které vyloučí nežádoucí přetvoření konstrukce. Způsob zajištění, demontáží konstrukčních prvků nebo celků a následné výstavby bude proveden na návrh a zodpovědnost dodavatele stavby a po konzultacích s projektantem této části. Dodavatel stavby případně zpracuje na jednotlivé činnosti odpovídající technologický postup a opět jej zkonzultuje s projektantem této části a autorským dozorem stavby. Okolní stavby nesmí být pracemi nikterak ovlivněny.

V návrhu sanačních opatření jsou použita obvyklá řemeslná provedení, s jejichž realizací nejsou spojeny žádné speciální technologie, které by mohly negativně ovlivnit stabilitu stavby.

Nedojde k poškození stavby ani částí stavby nebo technických zařízení anebo instalovaného vybavení v důsledku většího přetvoření nosné konstrukce. Navrhované řešení spočívající v cílené výměně a protézování vybraných prvků výrazně pomůže další životnosti stavby a při správném provedení zachová vysokou kulturní a řemeslnou hodnotu díla.

h) Zásady organizace výstavby

Při provádění veškerých stavebních prací je třeba se řídit závaznými ustanoveními platných norem a podmínkami bezpečnosti práce obsažené v Zákoníku práce a vyhláškách Státního úřadu inspekce práce.

č. 591/2006 Sb. Požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích

č. 309/2006 Sb. Zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci

č. 362/2005 Sb. Požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví při nebezpečí pádu

Stavba bude prováděna dodavatelsky, a to osobami s příslušnou odborností a zkušeností. Vedení stavby bude prováděno v souladu se Stavebním zákonem č. 183/2006 Sb. Všichni zúčastnění pracovníci musí být s předpisy seznámeni před zahájením prací.

Při provádění musí být dodržovány základní požadavky na bezpečnost práce. Veškeré prostupy ve vodorovných konstrukcích musí být po celou dobu zakryty. Návrh ochranných opatření si provede zhotovitel dle svých zvyklostí za dodržení platných norem a předpisů. Při nejasnostech a nepředvídaných okolnostech je vždy nutná konzultace s projektantem, případně statikem pro zajištění stability a únosnosti všech konstrukcí. Během realizace stavby je nutné dodržovat platné ČSN a vyhlášky. Při provádění stavebních prací nutno dodržovat podmínky závazných předpisů, nařízení a postupů stavebních prací.

i) Literatura

Jaroslav KŘÍSTEK, Jaroslav URBAN: Lesnická entomologie. Academia, 2004

Milan E.F. SLÁMA: Tesaříkovití – Cerambycidae, České republiky a Slovenské republiky, Krhanice, 1998

Alexej Ivanovič VORONCOV, Hana ČERVINKOVÁ: Škůdci dřeva. Praha, 1986

Jaroslav ŽÁK, Ladislav REINPRECHT: Ochrana dřeva ve stavbě. Praha, 1998

Michal KLOIBER, Miloš DRDÁCKÝ: Diagnostika dřevěných konstrukcí. Informační centrum ČKAIT, s.r.o., 2015

Jiří BAIER, Zdeněk TÝN: Ochrana dřeva. Praha, 1996

Ladislav REINPRECHT, Josef ŠTEFKO: Dřevěné stropy a krovy. Typy, poruchy, průzkumy a rekonstrukce. ABF, a.s., nakl. ARCH, Praha, 2000

Jan VINAŘ a kol.: Historické krovy, typologie, průzkum, opravy. Grada Publishing, a.s., Praha, 2010.