

Jan Vinař, 2011

# Jak postupovat při opravě kostelů



ZACHRAŇME  
DOMINANTY

## Jak postupovat při opravě kostelů?

Kostely jsou stavby, které vždy převyšují běžnou úroveň dobového stavitelství, jsou pokladnicí umění, památkami stavitelství a řemesel všech dob. Kostely mají mimořádný význam pro naši kulturu také proto, že po celou dobu své existence sloužily jednomu účelu, navíc účelu duchovnímu.

To všechno jsou důvody, proč je třeba kostelům věnovat mimořádnou péči a k jejich opravám přistupovat zodpovědně a s dobrou přípravou.

## Které práce patří do údržby, a kdy se už jedná o opravu?

### Údržba

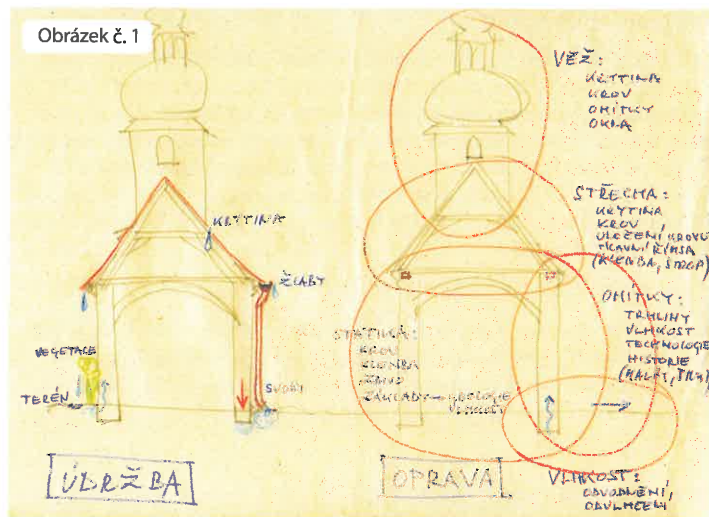
Údržbou se nemění konstrukce ani jejich vzhled, cílem údržby je odstranit drobná poškození, zabránit vzniku větších škod a prodloužit životnost konstrukcí a jejich povrchů. Důležitá je zejména ochrana stavby před srážkovou vodou.

Údržba musí být prováděna pravidelně:

vegetace	2 x ročně
čištění střešních žlabů a svodů	min. 1 x ročně
údržba odvodňovacích rigolů (čištění, spády)	min. 1 x ročně
kontrola a čištění dešťové kanalizace	min. 1 x ročně
kontrola a oprava krytiny a oplechování	min. 1 x ročně vždy po vichřicích a velkém sněhu
drobné opravy omítek	min. 1 x ročně
opravy vnějších nátěrů	po 2 letech (podle stavu)
hydrofobizace	po 2-5 letech (podle stavu)
oprava rozbitých oken	ihned

Některé práce je možno provádět svépomocí, odborné práce (opravy krytiny a oplechování) je nutno svěřit kvalifikovaným řemeslníkům, opravy nátěrů a hydrofobizaci umělecko-řemeslných prvků restaurátorům.

Obrázek č. 1



### Oprava

Do kategorie oprav patří všechny práce, jejichž cílem je odstranění větších poškození nebo obnova konstrukcí nebo jejich povrchů. Tyto práce vyžadují, aby byl formulován záměr opravy: její cíle a rozsah. Záměr je nutno konzultovat s památkovými orgány, je nutno posoudit, zda budou nutné průzkumy a projekt, a odhadnout náklady.

Vzhledem k významu kostelů a vzájemné provázanosti všech jejich konstrukcí má charakter opravy i plošná obnova povrchů (výměna krytiny, fasádní nátěr, výmalba kostela), pro které u jiných budov průzkumy a projekty nejsou třeba. U památkově chráněných objektů je nutné před každou opravou požádat příslušný památkový orgán o závazné stanovisko, které stanoví podmínky opravy.

Obvyklý sled opravy:

1. Věž
2. Střecha
3. Odvodnění
4. Statika
5. Fasády
6. Interiér

Pokud nejsou dostatečné prostředky na opravu celého okruhu, je možno jej členit podle částí stavby, například:

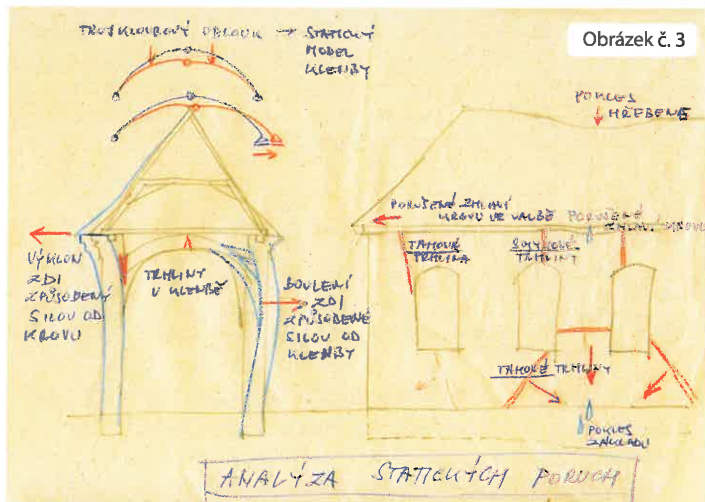
- 2a. Střecha presbyteria
- 2b. Sanktusník
- 2c. Střecha lodi

## Komplexní průzkum

Komplexní průzkum má několik nepominutelných složek, zásadní význam má průzkum nosných konstrukcí.

## Poruchy nosných konstrukcí (obrázek č. 2)

Průzkum dokumentuje **projevy** poruch a zjišťuje jejich **příčiny**.



## Projevy poruch (obrázek č. 3)

Deformace (překročení 2. mezního stavu):

- krovu (posuny a pootočení ve spojích, porušení spojů, posunutí prvků, statické porušení prvků, průhyby vaznic a vazných trámů, pokles vazeb, pokles hřebene střechy, vyklonění vazeb apod.)
- kleneb (průhyb)
- zdiva (výklon, boulení, pokles)
- základů (pokles, pootočení kolem vnější hrany, podmrznutí)
- podlah (pokles, podmrznutí)
- případně jiných doplňkových konstrukcí

Trhliny (překročení 1. mezního stavu – únosnosti):

- ve zdivu
  - v klenbách
  - v nenosných konstrukcích (podhledech, příčkách, podlahách)
- nutno rozlišit trhliny smykové a tahové a trhliny vznikající při porušení tlakem z trhlín je možno zjistit směr pohybu

Deformace a statické poruchy (trhliny) jsou způsobeny silami, s jejichž působením ve stavbě se nepočítalo. Nejčastěji se poruchami projevuje působení:

- vodorovné síly od krovu
- vodorovné síly od kleneb
- poklesu nebo pootočení v základech

Mnohdy však působí některé z těchto faktorů současně, projevy poruch a jejich příčiny je proto třeba vždy detailně analyzovat

## **Příčiny poruch**

### Konstrukční závady:

- nevhodně zvolená konstrukce, nevhodné detaily konstrukce

### Nedostatečné dimenze:

- konstrukce, dílčích prvků, spojů

### Změna konstrukce:

- vybourání otvorů, odstranění prvků, vložení nové konstrukce (sanktusník)

### Změna vlastností materiálu:

- napadení dřeva, koroze, degradace působením povětrnosti, vlhkosti

### Změna podmínek stavby:

- změna zatížení (změna krytiny, nástavba věže, dodatečné zaklenutí)
- změna únosnosti základů (podmáčení)
- změna hladiny podzemní vody
- projev podzemních konstrukcí (starší stavby, kanalizace, zaniklé nebo nepřístupné krypty)
- výkopy, přístavby v okolí
- dynamické vlivy (bouřky, zemětřesení, doprava)
- mimořádné vlivy (požáry, válečné události, vandalismus, celková devastace)

Příčiny poruch je možno rozdělit na:

- a) příčiny způsobené změnami stavby nebo jejích podmínek
- b) příčiny způsobené změnami vlastností materiálu

Při zjišťování příčin ad a) má zásadní důležitost analýza konstrukce a znalost historie stavby, u příčin ad b) se musíme zabývat stavem materiálu (dřeva, staviva, zdicích a omítkových malt, kamenných a kovových prvků, základových púd). Na zhoršení vlastností všech materiálů se vždy podílí nadměrná vlhkost. Proto musí být součástí průzkumu nosných konstrukcí také dokumentování nadměrné vlhkosti a zjišťování jejích příčin.

## **Analýza statických poruch** (obrázek č. 3)

Na obrázku č. 3 jsou naznačeny některé možnosti vzniku statických poruch (deformací a trhlin) v klenbách a ve zdivu.

Je třeba rozlišovat trhliny, které jsou projevem poruch, od trhlin, které funkci konstrukce neohrožují. U kleneb kostelních lodí na větší rozpětí se setkáváme s podélnými trhlinami v ose klenby, které jsou dokladem působení zděné klenby jako trojkloubového oblouku. Pokud jsou klouby v uložení klenby neposuvné, je tento statický model stabilní. Je třeba vždy zkoumat, zda podélná trhlina v ose není doprovázena trhlina- mi při patkách klenby nebo v čelech lunet, které by dokládaly posun patek klenby.

Od statických trhlin (které vznikají působením statického zatížení – hmotnosti konstrukce, užitého zatížení, větru a sněhu), je nutno rozlišovat trhliny dilatační, které vznikají působením dynamického a teplotního zatížení. Periodické působení těchto sil se projevuje vznikem trhlin v místech nejmenší tuhosti stavby (v oknech, ve sparách mezi jednotlivými stavebními etapami apod.). Ve stavbách novodobých se dilatační spáry vytvářejí záměrně. V historických stavbách mají tuto funkci někdy trhliny, které vznikly působením zatížení statického, jindy spáry mezi jednotlivými etapami, rozdíly v založení (různá hloubka základové spáry, různá únosnost základové půdy), místa, kde se výrazně mění tuhost stavby. Rozlišení statických a dilatačních trhlin a posouzení jejich vlivu na stabilitu a únosnost je nutno provést pečlivě, protože zajištění dilatačních trhlin by mohlo vyvolat jejich vznik v jiném místě (případně i v místě dosud neporušeném).

## **Průzkum nosných konstrukcí – statický průzkum** (obrázek č. 4)

Průzkum má tyto fáze:

- poznání
- dokumentace
- analýza a posouzení

Zkoumá se:

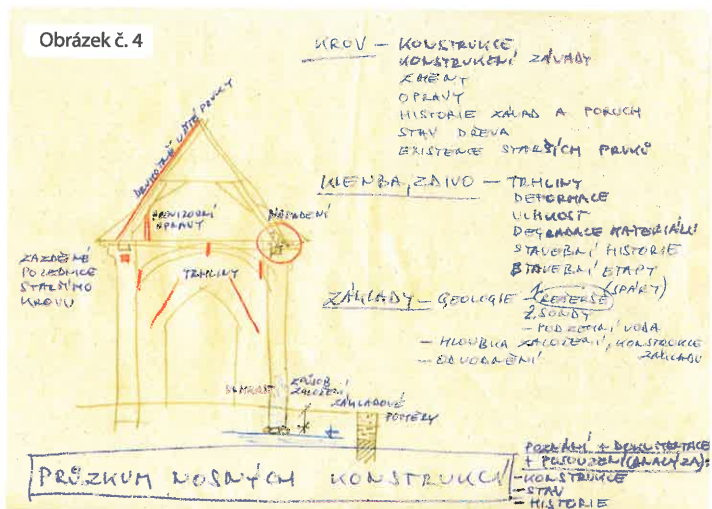
- konstrukce (tvar, statické schéma, zatížení, konstrukční závady, dimenze)
- stav konstrukce (vlastnosti materiálu, narušení materiálu, statické poruchy
- historie (vznik a vývoj konstrukce, stavební etapy, změny konstrukce a zatížení opravy, provizorní opravy, existence starších konstrukcí a jejich prvků)

U jednotlivých nosných konstrukcí je rozsah a zaměření průzkumu odlišný. Na obrázku č. 4 jsou uvedeny oblasti zkoumání, které jsou nezbytnou součástí průzkumu nosných konstrukcí:

- krovu
- kleneb a zdiva
- základů

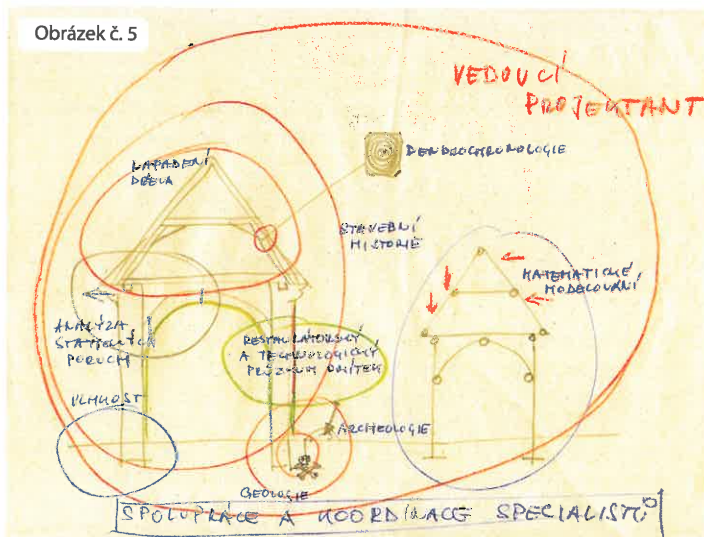
Průzkum nosných konstrukcí má přímé návaznosti na průzkum:

- stavebně historický
- geologický
- průzkum vlhkosti



U geologického průzkumu je vhodné (vždy) nejprve zpracovat archivní rešerši, která podá poměrně přesnou představu o geologických poměrech dané lokality. Sondážní průzkum se provede až na základě analýzy nosných konstrukcí v místech, která jsou pro zjištění způsobu založení důležitá.

V ideálním případě se případný návrh zajištění zpracuje na základě geologické rešerše. V tomto případě se sondážní průzkum provádí pro ověření předpokladů projektu až v rámci realizačních prací. Sondovat je totiž nutno v místě největších poruch, sonda znamená vždy další narušení nepříznivé situace, proto je nutné sondu ihned vyhodnotit a narušené konstrukce co nejdříve zajistit.



### Komplexní průzkum (obrázek č. 5)

Součástí komplexního průzkumu kostela je vždy:

- analýza nosných konstrukcí a **statických poruch**
- průzkum **napadení dřeva**
- průzkum **vlhkosti**
- **stavebně historický** průzkum



### Doplňující průzkumy:

- **geologický** (pokud má stavba statické poruchy způsobené založením)
- **hydrogeologický** (pokud hladina podzemní vody ovlivňuje stavbu)
- **archeologický** (může být vyvolán sondážními pracemi, doplňuje informace získané průzkumem stavebně historickým a geologickým)
- **dendrochronologický** (významně přispívá k upřesnění historie, zejména krovu)
- **restaurátorský a technologický** průzkum omítek (jsou nezbytné pro zjištění stavu a historie omítek, jejich ovlivnění vlhkostí a pro návrh opravy)
- **matematické modelování** (může být významné pro analýzu nosných konstrukcí celé stavby, zjištění stavebního vývoje, určení příčin poruch - modelování trhlin)

Již ze schématu je patrné, že je nezbytná odborná koordinace jednotlivých průzkumů a samozřejmě i jejich interpretace. Průzkumy by měl proto zadávat ten, kdo bude na základě průzkumů zpracovávat návrh opravy – tedy projektant.

Často se setkáváme s tím, že průzkumy zadává investor nebo jeho zastupce bez předchozího předběžného průzkumu, zkoumají se věci nepodstatné, zapomíná se na ty důležité. Průzkumy provádějí specializované firmy někdy rutinním způsobem, například u průzkumu napadení velmi pečlivě určí škůdce a rozsah napadení, aby se však zjistilo, nakolik je narušena funkce konstrukce, zda postačí výměna prvků nebo bude nutná změna konstrukčního systému, musí se provést další detailní průzkum.

Průzkumy od specializovaných firem jsou dražší, protože některé průzkumy může provést projektant sám. Projektant obvykle nebude mít zájem na zpracování průzkumů nadbytečných, protože tím snižuje částku, která zbývá na projekt.

Specializovaná firma nenese zodpovědnost za úplnost a kvalitu zpracování průzkumů, pokud však průzkumy zadává a přebírá projektant, je za jejich výsledky zodpovědný. Někdy zadává specializované průzkumy sám investor proto, že chce pomoci projektantu, který se nevyzná v celé šíři problematiky opravy památek. Nepovažují tento přístup za vhodný

- kvalifikovaného a zodpovědného projektanta nenahradí sebelepší specialisté ani poučený investor ani památkový dozor. Bohužel se často setkáváme s tím, že chybné závěry a návrhy projektanta se řeší až při realizaci, mnohdy v neprospěch stavby a její památkové hodnoty.

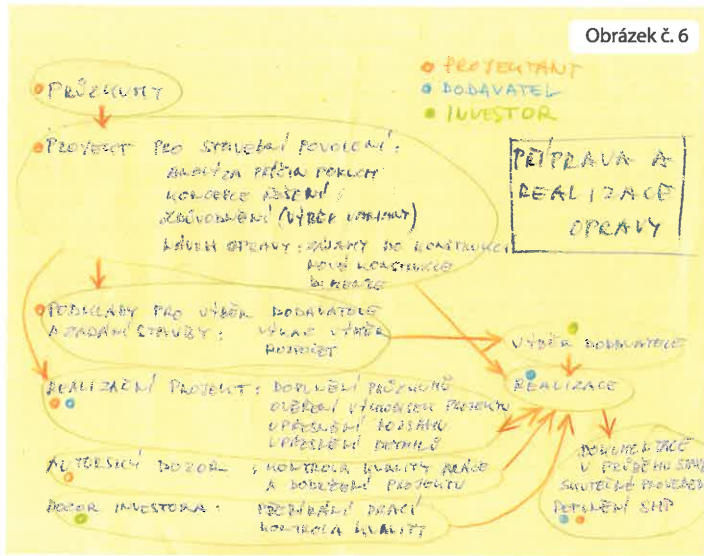
### Průzkum může mít několik fází:

- **předběžný** (který provede projektant a na jeho základě navrhne zadání a rozsah průzkumů specializovaných)
- **specializované** průzkumy (jsou podkladem pro projekt)
- případné **doplňující** (v průběhu zpracování projektu)
- **ověřovací** (při realizaci, pro ověření předpokladů projektu)
- **plošný** (při realizaci, pro upřesnění rozsahu prací)
- **dokumentační** (v průběhu prací, dokumentace odkrytých historických situací)

Jako příklad uvádíme postup průzkumu krovu, jehož vazné trámy jsou zakryty podlahou půdy:

- **předběžný** průzkum – projektant zjistí, že krov je v uložení pravděpodobně narušen, je poddimenzovaný, došlo ke změnám jeho konstrukce; projektant navrhne rozsah průzkumů a sondy
- **specializované** průzkumy – vyhodnocením sond se zjistí podoba konstrukce, druh napadení dřeva a jeho přibližný rozsah, statickým výpočtem se posoudí konstrukce, na základě stavebně historického průzkumu se určí stavební vývoj krovu a historie poruch
- **doplňující** průzkum – byla nalezena zazděná pozednice staršího krovu – sondy se rozšíří a zpracuje se dendrochronologická analýza
- **ověřovací** průzkum – před zahájením prací dodavatel stavby provede sondy v místech, kde to dřívě nebylo možné
- **plošný** průzkum – stavební práce budou zahájeny plošným odkrytím podlahy, ve spolupráci s projektantem bude upřesněn rozsah výměny dřeva
- **dokumentační** průzkum – při opravě uložení budou zpracovatelem stavebně historického průzkumu dokumentovány starší omítky mezi stropními trámy.

Obrázek č. 6



### Příprava a realizace opravy (obrázek č. 6)

Nezbytnou podmínkou úspěšné opravy památky je součinnost **investora, projektanta, památkového dozoru a dodavatele stavby**. Realizace je společným dílem, ke kterému musí všichni účastníci přistupovat zodpovědně. Pokud některý z nich neplní svou funkci, vždy se to na hotovém díle projeví.

Doporučuji postupovat podle následujícího schématu:

záměr opravy (I) → předběžný průzkum (P) → formulace záměru (I+P+Ř) → komplexní průzkum (P) → projekt pro stavební povolení (P) → schválení projektu (I+P+Ř) → výběr dodavatele (I) → zadání stavby (I+P) → realizace stavby + realizační projekt (D+I+P+Ř) → převzetí stavby (D+I+P+Ř)

I – investor, P – projektant, D – dodavatel, Ř – památkář

Uvedený postup se poněkud odlišuje od praxe běžné u novostaveb, kde je podkladem pro výběr dodavatele a zadání prací realizační projekt. U památek musí být v **projektu pro stavební povolení** specifikovány všechny zásahy do památkové podstaty objektu. Projekt musí být natolik podrobný, aby byla jasná koncepce opravy a doplnění nosných konstrukcí, ochrany proti vlhkosti, rozsah a koncepce restaurátorských prací. Pokud to rozsah poznání nedovoluje (když je například omezená možnost sondování), je nutné koncepci zpracovat v alternativách, jejichž důsledky se musí posoudit. Projekt, který se předkládá ke schválení investoru a památkářům, by měl obsahovat:

- **analýzu** příčin poruch
- **koncepci** řešení statiky, vlhkosti, technologie omítek a nátěrů, restaurování
- **zdůvodnění** navrženého řešení (výběr z možných variant podložený statickým výpočtem, výsledky laboratorních zkoušek apod.)
- **návrh** opravy (s vyznačením zásahu do konstrukcí, nových konstrukcí a jejich dimenzí)

Projekt, který má tyto náležitosti, pak může být využit i pro zpracování rozpočtu a zadání dodavatelé.

V realizačním projektu (který je účelné zpracovávat v průběhu realizace) již není možno měnit koncepci, pouze se upřesňuje rozsah prací podle skutečného stavu, doplňují se podrobnosti dokumentace (například detaily spojů nebo navrženého uložení krovu, které se upravuje podle situace zjištěné při odkrytí), reaguje se na nálezy (například zdivo staršího objektu ve výkopu). Zkušený projektant by měl možnosti nálezů předvídat.

### Návrh opravy

#### Odvodnění a odvlhčení (obrázek č. 7)

Voda je hlavním škůdcem památek.

Před srážkovou vodou objekt chrání střecha, vodu se střechy je třeba odvést tak, aby nezatékala do stavby a nezvyšovala vlhkost zeminy. Terén v okolí stavby musí být odvodněn tak, aby voda nezatékala do





vhodné pro odvlhčení památky, tím spíše kostela.

Zcela vyloučit by se mělo podfrezání nebo infuze. Tyto metody jsou sice účinné, ale jejich výsledkem je velmi výrazné zvýšení vlhkosti zdiva **pod** vloženou izolací nebo clonou. Pokud je zdivo se zvýšenou vlhkostí nad úrovní terénu, dochází k jeho intenzivní degradaci vyluhováním, chemickými změnami a mrazem.

Za metodu **nevhodnou** pro odvlhčení kostelů považují odvětrávací kanály na vnější straně zdiva. Hlavním důvodem je to, že je velmi obtížné kanály udržovat v takovém stavu, aby do nich nezatékalo stropem nebo nepronikala vlhkost z terénu. Kanály pak spíše vlhkost sbírají, než aby ji odváděly. Druhým důvodem je vystavení základové spáry vlivům prostředí, u namrzavých zemin může dojít k podmrzáání základů.

**Nevhodné** je také zřizování drenáží ve výkopu na vnější straně zdiva, které je v poslední době oblíbené. Drenáž přivádí k základu vodu a, i když je drenáž dobře odvodněná, dochází k vyluhování a vymývání zdiva.

Osazení novopvé folie do výkopu na vnější straně zdi je rovněž **nevhodné**. Novopvá folie sice zabrání kontaktu základového zdiva se zeminou, pro odvětrání vlhkosti je však naprosto neúčinná. Pokud se dostane voda mezi folii a zdivo (a tomu se nedá dlouhodobě bránit sebelépe vyřešeným detailem), bude její účinek zcela opačný – dojde ke zvýšení vlhkosti ve zdivu.

Metody, které charakterizují jako nevhodné, nemusí v každém případě vést ke zhoršení vlhkostních poměrů. Z dlouholeté zkušenosti však víme, že uplatnění těchto metod přináší tak velká rizika, že je lépe je neužívat.

K metodám účinným při snižování vlhkosti ve zdivu historických budov patří zřízení větracích kanálků v interiéru. Kanálky musí být dobře dimenzované (například tvarovky IGLÚ), musí mít dobře dimenzovaný přívod vzduchu i odtah. U většiny kostelů je však prostor pod podlahou archeologickým terénem, do kterého by se mělo zasahovat jen zcela výjimečně. U kostelů je proto tato metoda využitelná jen ve zcela mimořádných a zdůvodněných případech.

Obdobná omezení mají další účinné metody: sanační omítky a aktivní elektroosmóza, které je možno využívat jen tam, kde je možný zásah do omítek.

**Sanační omítky** je možno uplatnit tam, kde jsou původní omítky zcela zničené vlhkostí, je ovšem třeba si uvědomit, že nad sanační omítkou vznikne zóna zvýšené vlhkosti, kde může dojít k degradaci omítek, které jsou dosud dobře zachovány. Navázání sanačních omítek na původní omítky a jejich nátěry je dnes většinou možné bez problémů.

Při aplikaci sanačních omítek by neměly být odstraňovány starší narušené omítky. Setkáváme se totiž často s hydraulickými omítkami původními nebo užitými při opravách, které jsou dobře zachované, i když nejsou celistvé. V těchto případech je nutno od aplikace sanačních omítek (které by měly být v celistvé ploše), upustit a volit jinou omítku, u které se bude počítat s častější obnovou.

Aktivní **elektroosmóza** je účinná metoda, která zasahuje do původních omítek jen v omezené míře. Jejím většímu rozšíření (a prověření její účinnosti) většinou brání vyšší náklady.

Ve výjimečných případech může být účinná **drenáž**, která sníží vysokou hladinu podzemní vody nebo zabrání přítoku podzemní vody tím, že přetne jeho horizont. Tato metoda není možno navrhovat bez podrobného geologického a hydrogeologického průzkumu. Její účinnost je nutno prokázat. V každém případě musí být taková drenáž v dostatečné vzdálenosti od objektu. Tato vzdálenost se rovněž musí určit na základě podrobného průzkumu.

### **Oprava krovu** (obrázek č. 8)

Při opravě krovu je třeba posuzovat:

- konstrukční systém
- dimenze prvků
- uložení krovu
- napadení dřeva
- změny konstrukce a opravy

V konstrukci krovu jsou šikmé nosníky, které mají vodorovné reakce. Krov by měl mít takový konstrukční systém, aby nepůsobil na spodní stavbu (na zdivo) vodorovnou silou. Tato zásada není dodržena u jednoduchých staveb bez vazných trámů nebo u krovů v uložení zadrž-



zazděné dřevěné prvky, které jsou zpravidla napadené. V těchto případech je nutné kromě naplnění všech funkcí uložení zajistit ještě konstrukční ochranu dřeva (vzduchovou mezerou kolem zhlaví). Bývá nutný zásah do konstrukčního systému – změna detailu uložení by však měla být co nejmenší. Problémem bývá zajistit stabilitu hlavní římsy současně s vytvořením kapes pro trámy. V některých případech je možno uplatnit zdvo armované nerezovou šroubovicovou výztuží (Helifix), které je vhodnější než železobetonové desky a věnce.

U kostelů středověkého založení musíme počítat s tím, že zůstaly zachovány prvky starších konstrukcí (například zazděné pozednice pod pozdnicemi současnými).

Problémy s napadením dřeva v uložení jsou zejména v úžlabních a nárožních vazbách (ve styku lodi a presbytáře), kde jsou obvykle i konstrukční závady v zachycení vodorovných sil. V těchto místech byly krovy opakovaně opravovány, většinou provizorním způsobem. Při opravě se obvykle odstraní dodatečné prvky, obnoví se původní konstrukce a doplní se prvky nutné pro odstranění konstrukčních závad (zachycení vodorovných reakcí).

Napadení hnilobou se vyskytuje zejména v uložení nebo v místech, kam zatéká narušenou krytinou, oplechováním, pod střešními okny, ve hřebeni střechy. Napadení broukem, zejména tesaříkem, se soustřeďuje v místech, kde jsou pro jeho život vhodné podmínky, například pod hliněnými mazaninami podlah. Silně bývají napadeny prvky dodatečných oprav, pro které se často používalo podřadné dřevo. U věží a sanktusníků se napadení broukem soustřeďuje v okolí lucerny. Prvky napadené hnilobou u krovů kostelů odstraňujeme, protože je zde příliš velké nebezpečí recidivy.

U napadení hmyzem je třeba rozlišovat stupeň narušení. U napadení tesaříkem jsou požerem poškozeny jen povrchové vrstvy. Pokud je průřez nenarušeného dřeva dostatečný pro to, aby prvek plnil svou funkci a pokud není povrch destruován natolik, že je narušena funkce spojů, je možno prvek ve stavbě ponechat. V některých případech není nutné měnit celý prvek, je možno jej opravit vložkou, někdy je účinné zpevnění dřeva pryskyřicí (například Solakrylem).

U poškození dřeva hmyzem je nutno rozlišovat i stáří napadení. Pokud zjistíme, že napadení je staré a pokud je v krovu nenapadené dřevo mladší, není třeba mít obavy z rozšíření starého napadení. Chemické prostředky proti škůdcům je třeba uplatnit jako preventivní ochranu u nového dřeva, jejich účinnost pro likvidaci napadení je však omezená. Ošetření dřeva naléváním prostředků do vyvrtaných otvorů pokládáme za neúčinné.

**Dodatečné opravy**, které změnilly původní konstrukční systém, byly často dobře koncipované a někdy i dobře provedené. V těchto případech jsou součástí památkové podstaty stavby a je nutno je zachovat. Časté jsou případy, kdy dodatečná oprava je sice účinná, má však provizorní charakter – byla provedena ze dřeva nekvalitního, často druhotně užitého. V těchto případech je nutno zvažovat, které části konstrukce vyměnit a které ponechat.

Dodatečné prvky se do konstrukce přidávaly i v případech, kdy částečně ztratila únosnost při narušení, zejména v uložení. V těchto případech by se měla původní konstrukce obnovit.

Při korekci starších oprav doporučuji následující postup:

1. posouzení původní konstrukce
21. pokud vyhoví, odstranit dodatečné prvky a vyměnit narušené prvky původní konstrukce
22. pokud nevyhoví, posoudit konstrukci s dodatečnými prvky
221. pokud vyhoví, opravit původní i dodatečnou konstrukci
222. pokud nevyhoví, opravit konstrukci původní, odstranit dodatečné prvky a původní konstrukci zesílit jiným způsobem

Metodikou opravy krovu se podrobně zabývá publikace Historické krovy, GRADA 2010.



