



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

Fakulta Stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

PRŮZKUM A NÁVRH REKONSTRUKCE KOSTELA SV. KATEŘINY U  
PODBOŘAN

*(Structural analysis and reconstruction of Church of St. Catherine in Podbořany)*

DIPLOMOVÁ PRÁCE

*(Dissertation)*

Autor diplomové práce: Bc. Tadeáš Pech

*(Author)*

Vedoucí diplomové práce: Ing. Radek Zigler, Ph.D.

*(Supervisor)*

PRAHA 2018



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Pech</u>	Jméno: <u>Tadeáš</u>	Osobní číslo: _____
Zadávací katedra: <u>Katedra konstrukcí pozemních staveb</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: \_\_\_\_\_

Název diplomové práce anglicky: \_\_\_\_\_

Pokyny pro vypracování:  
Vypracujte zjednodušený stavebně technický průzkum objektu, proveďte hodnocení stavebně technického stavu jednotlivých konstrukcí, analýzu příčin poruch, vypracujte rámcový návrh nutných sanačních opatření a zpracujte zjednodušenou výkresovou dokumentaci.

Seznam doporučené literatury:

1. Witzany, J. a kol: Sanace a rekonstrukce zděných budov I., Stavební informace, Praha 2005
2. Witzany, J. a kol: Sanace a rekonstrukce zděných budov – ochrana proti vlhkosti a radonu, Stavební informace, Praha 2006
3. Witzany, J. a kol: Rekonstrukce, poruchy a sanace betonových konstrukcí, Stavební informace, Praha 2004
4. Witzany, J., Čejka, T., Zigler, R.: Zděné valené klenbové konstrukce, Stavební ročenka 2006, Bratislava 2005
5. Witzany, J., Čejka, T., Zigler, R.: Stanovení zbytkové únosnosti existujících zděných konstrukcí, Stavební obzor 2008, roč. 17, č. 9, Praha 2008
6. Witzany, J., Čejka, T.: Výzkum fyzikálně mechanických vlastností poréznych zdících prvků, Stavební obzor 2008, roč. 17, č. 10, Praha 2008

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Radek Zigler, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 5. 10. 2017 Termín odevzdání diplomové práce: 5. 1. 2018  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

\_\_\_\_\_  
Podpis vedoucího práce

\_\_\_\_\_  
Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

10. 10. 2017 \_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Tadeáš Pech.....

Název diplomové práce: Kostel sv. Kateřiny u Podbořan.....

Základní část: KPS..... podíl: 100 %

Formulace úkolů: Vypracujte zjednodušený stavebně technický průzkum objektu, proveďte hodnocení stavebně technického stavu jednotlivých konstrukcí, analýzu příčin poruch, vypracujte rámcový návrh nutných sanačních opatření a zpracujte zjednodušenou výkresovou dokumentaci.

Podpis vedoucího DP: ..... Datum: 10.10.2017.....

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

3. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

4. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 5.1.2018

.....  
Tadeáš Pech

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Radku Ziglerovi, Ph.D. za odborné vedení práce, podnětné připomínky a vstřícnost při konzultacích.

Děkuji Pro Kostely s.r.o. a římskokatolické církvi v Podbořanech za zapůjčení klíčů od kostela a umožnění přístupu do kostela.

V neposlední řadě bych rád poděkoval svým rodičům a partnerce za podporu.

## **Anotace**

Diplomová práce se zabývá dokumentací stavebních konstrukcí kostela sv. Kateřiny u Podbořan. Je proveden zjednodušený stavebně-technický průzkum a dále je provedena analýza poruch a zjištění příčin jejich vzniku. V poslední řadě je proveden návrh sanačních opatření.

## **Klíčová slova**

kostel, průzkum, sanace, zdivo, degradace

## **Annotation**

The diploma thesis deals with the documentation of building structures of the Church of St. Kateřina in Podbořany. Simplified structural and technical research is carried out and analysis of the faults and the causes of their occurrence are performed. Finally, a proposal for remedial measures is being carried out

## **Keywords**

church, research, reconstruction, masonry, degradation

1. ÚVOD.....	3
2. ARCHITEKTONICKO-URBANISTICKÝ POPIS .....	4
2.1 SITUACE.....	5
2.2 HISTORIE .....	6
2.3 DISPOZICE .....	6
2.4 INTERIÉR .....	8
3. KONSTRUKČNĚ STAVEBNÍ POPIS .....	9
3.1 GEOLOGICKÉ POMĚRY A ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE.....	9
3.2 SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE.....	9
3.3 VODOROVNÉ NOSNÉ KONTRUKCE .....	9
3.4 KROV .....	10
3.5 STŘECHA .....	10
4. PORUCHY OBJEKTU.....	11
4.1 ÚVOD.....	11
4.2 KONSTRUKČNÍ PORUCHY .....	11
4.2.1 – Porušení pěti-boce zalomené stěny presbytáře .....	11
4.2.2 Krov .....	17
4.2.2.1– porušení prvků vlivem zatékání .....	17
4.2.2.2 – porušení prvků vlivem napadení dřevokazným hmyzem .....	18
4.2.2.3 – porušení prvků vlivem ztráty tuhosti krovu .....	18
4.2.3 poruchy na západním průčelí .....	20
4.2.4 - poruchy na severní konstrukci stěny lodě.....	22
4.2.5 - poruchy na jižní konstrukci stěny lodě .....	24
4.2.6 – stropní trámy .....	25
4.3 OSTATNÍ PORUCHY .....	25
4.3.1 Sakristie.....	26
4.3.2 Vlhkost.....	27
4.3.3 Podlaha.....	28
4.4 ZÁVĚR .....	28
5. SANACE.....	29
5.1 ÚVOD.....	29
5.2 SANACE PORUCH ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ .....	29
5.2.1 Sanace porušení pěti-boce zalomené stěny presbytáře .....	29
5.2.1.1 Sepnutí pěti-boce zalomené stěny presbytáře .....	29
5.2.1.2 Obnovení klenutí nad otvory presbytáře.....	31

5.2.1.3 Zajištění paty opěráku.....	31
5.2.1.4 Sanace ostatních trhlin stěny presbytáře .....	33
5.2.2 Sanace poruchy na východním průčelí .....	35
5.2.3 Sanace poruchy na severní konstrukci stěny lodě kostela .....	35
5.2.3.1 Sanace poruchy nadpraží západního okna .....	35
5.2.3.2 Sanace poruch severozápadního nároží .....	36
5.2.3.3 Sanace poruch nadpraží východního okna lodí .....	36
5.2.3.4 Sanace poruch severovýchodního nároží.....	36
5.2.3.5 Injektáž trhlin.....	36
5.2.4 Sanace poruch na jižní konstrukci stěny lodě kostela.....	37
5.2.4.1 Sanace poruch kolem západního okna .....	37
5.2.4.2 Sanace poruch kolem středního okna .....	37
5.2.4.3 Sanace poruch kolem východního okna .....	37
5.2.4.4 Injektáž trhlin.....	37
5.3 SANACE PORUCH DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ.....	38
5.3.1 Sanace poruchy B – poruchy konstrukce krovu .....	38
5.3.1.1 Sanační práce– konstrukce krovu nad presbytářem.....	38
5.3.1.2 Sanační práce – konstrukce krovu nad lodí .....	40
5.3.1.3 Sanační práce– Dokončovací práce .....	42
5.3.2 Sanace poruchy D – poruchy konstrukce stropu.....	42
5.3 SANACE OSTATNÍCH PORUCH.....	44
5.3.1 Sanace vlhkosti .....	44
5.3.2 Oprava sakristie .....	46
5.4 DOKONČOVACÍ PRÁCE.....	46
6. POSTUP PROVÁDĚNÍ SANACÍ.....	47
7. STATICKÝ VÝPOČET VYBRANÉHO PROBLÉMU .....	47
8. ZÁVĚR .....	48
9. PŘÍLOHY .....	48
10. SEZNAM LITERATURY A ZDROJŮ .....	49



# 1. ÚVOD

Diplomová práce se zabývá rekonstrukcí kostela sv. Kateřiny, který se nachází na okraji vesnice Kněžice. Samotný kostel je v majetku soukromé firmy Pro Kostely s.r.o. a stojí na pozemcích římskokatolické farnosti.

Kostel je ve velmi špatném stavu, soudě dle četných trhlin po celém objektu, které ve většině případů přesahují šířku 10 mm. Nejmarkantnějším projevem je pak oddělená pata opěráku. Počet a rozvinutí poruch je tak vážné, že hrozí kolaps některých částí objektu a tím jeho urychlený zánik.

Kostel není chráněnou kulturní památkou. Taktéž nebyl zpracován žádný stavebně historický průzkum, ani jiné zaměření. Provedl jsem proto zaměření objektu a pořídil fotodokumentaci exteriéru i interiéru. V rámci diplomové práce jsem vytvořil výkresovou dokumentaci.

## **Cíl práce**

Cílem práce je zpracovat dokumentaci popisující současný stav kostela, analyzovat a zjistit příčiny poruch a navrhnout sanace, které zachrání objekt před zánikem.

## 2. ARCHITEKTONICKO-URBANISTICKÝ POPIS

Kostel sv. Kateřiny se nachází v jižní části obce Kněžice u Podbořan, v okrese Louny, v Ústeckém kraji. Kostel byl vystavěn na jižním kraji vesnice a je posledním objektem původní zástavby. Ze severní strany přiléhá fara, která přímo navazuje na okolní zástavbu. Na západní straně je zřízen hřbitov. Pozemky na jihovýchodě jsou užívány pro zemědělské účely.



1. Schéma s umístěním kostela sv. Kateřiny

## 2.1 SITUACE

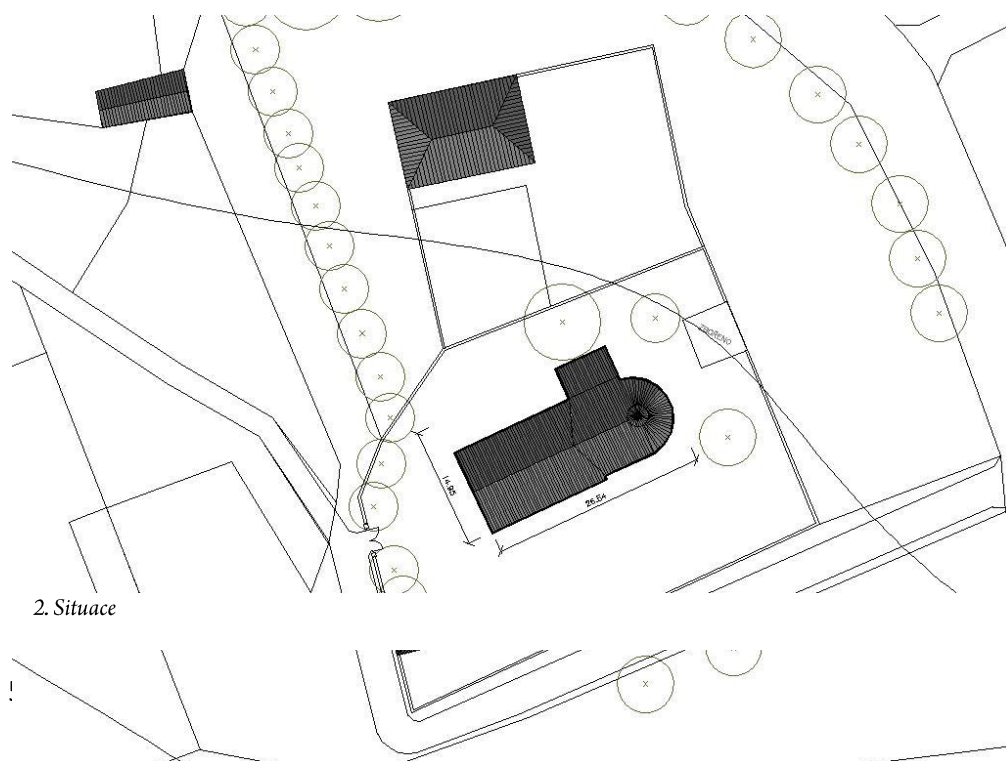
Pozemek o půdorysných rozměrech 54x37m má téměř tvar obdélníku. Okolí je typické pro kraj vesnice. Na jižní straně se nachází volné prostranství osazené nízkou zemědělskou zelení. Na severní straně se nachází fara. Pozemek je svažité, klesá od východu k západu, se sklonem cca 13 %. Objekt je obehnan zdí, která je na jižní straně spadá. Na západní straně pozemku je ocelová kovaná brána sloužící ke vstupu do objektu.

Ve středu pozemku stojí kostel obklopený již zaniklým hřbitovem. Na východní straně jsou obvodové stěny zaniklého objektu s téměř čtvercovým půdorysem o straně 6 m. O již neexistujícím objektu nejsou dostupné informace. Možná jde o původní zvonici, tato informace je však pouze domněnka. V jihozápadní části pozemku najdeme stojící zvonici, která je čtvercového půdorysu o hraně 3 m, má zděný základ a dřevěné patro.

Hlavní hmota kostela je osově souměrná. Výjimkou je hmota sakristie, která je vysunuta na sever, je snižená a má pultovou střechu. Osa souměrnosti odpovídá snaze orientovat kostel vstupem na západ, presbytářem na východ, pro orientaci kostelů typickou. Půlkruhový presbytář je zvenku tvořen pěti-boce zalomenou stěnou, která obepisuje kružnici o poloměru 4,3 m. V rozích zalomení nacházíme pilíře, neodstupněné opěráky.

Na západní straně jsou osazeny čtyři vzrostlé kaštiny. Tyto kaštiny začínají alej, která pokračuje dále severním směrem do vesnice. Zároveň tvoří nejen optickou bariéru, ale také zde slouží jako větrolamy. Dva soliterně stojící stromy za jižní zdí pozemku značí zaniklou alej, probíhající po celé délce této stěny. Stromy zřejmě padly za obětí rozrůstajícím se zemědělským potřebám.

Dále se na pozemku nachází několik různě vzrostlých stromů vysazených bez zjevného uspořádání a další drobný nálet. Nikterak však nezasahují do samotného objektu.



## 2.2 HISTORIE

Ves Kněžice s tvrzí, připomínána prvně roku 1295 jako statek Bohuslavův. Na návrší nad obcí, obklopen hřbitovem, který je dnes zrušen.

Kostel sv. Kateřiny je ve zdivu starší, připomínán jako farní ve 14. století. Nové, dochované úpravy byly provedeny zejména ve století 19. (Poche, 1978).

K dispozici se nepodařilo dohledat žádné další dokumenty popisující jeho stavební historii. Rovněž nebyl proveden stavebně historický průzkum, který by objasnil tento vývoj.

Vzhledem k charakteru posudku není přesná datace nezbytná, jde především o stavební postupy, které jsou pro dané období charakteristické a také stavební zásahy, které mohly narušit statiku objektu.

Pokud vyjdeme z dat v knize E. Poche, můžeme předpokládat, že základní torzo kostela pochází z přelomu 13. a 14. století, což odpovídá stavebním postupům, užívaným v období gotiky. Charakteristické jsou neodstupněné opěráky. Další úpravy byly provedeny v 19. století. Úpravou prošlo západní průčelí, které vykazuje prvky baroka<sup>1</sup>. Dle komplikovanější konstrukce krovu jako stojaté stolice, lze jeho provedení, respektive výměnu, též zařadit do uvedených úprav v 19. století.<sup>2</sup>

Nejmladším stavebním zásahem je opláštění věže, které je provedeno z ocelového plechu natřeného základovou barvou. Vzhledem k tomu, že tento zásah není zmíněn v knize E. Poche, byl zásah proveden až po roce 1978. Společně s ním zřejmě došlo i k osazení dvou hromosvodů.

## 2.3 DISPOZICE

Jedná se o jednolodní kostel s pěti-boce zakončeným presbytářem, se sakristií na severní straně.

Jak je již zmíněno, vstup do objektu je ze západní strany. Do hlavní loď sestoupíme po dvou schodišťových stupních vyrovnávající rozdíl mezi úrovní terénu a podlahou. Po levé straně se nachází dřevěné schodiště, vedoucí na kruchtu. Kruhta je dřevěná, s čistou výškou podlahy 3,25m, nad úrovní podlahy kostela. V hlavní lodi jsou po obou stranách rytmicky osazena dřevěná okna. Okenní otvory mají půlkruhové klenuté nadpraží. Výška klenutí se směrem do exteriéru zmenšuje. Také ostění a parapet jsou šikmé a zužují se směrem do exteriéru.

---

<sup>1</sup> Datace a sloh se neshodují. Jelikož se objekt nachází na vesnici, může jít o pozdní užití baroka, po vzoru jeho užití ve městech, nebo o novobaroko. Důležitá je změna slohu, naznačující rozdílné období výstavby.

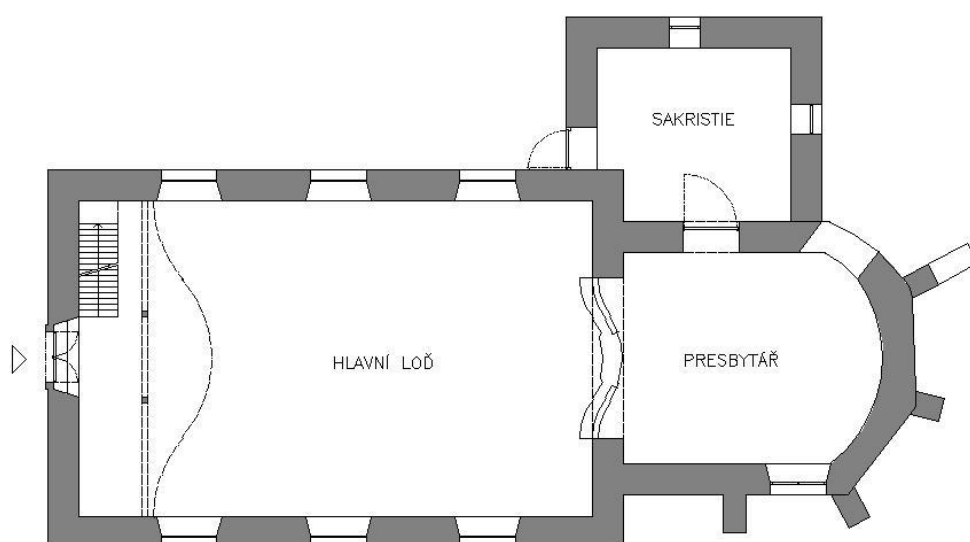
<sup>2</sup> Takto bude přístupováno ke konstrukci objektu v rámci diplomové práce. Stavebně historický průzkum, výpovědi starousedlíků a další šetření by umožnily přesnější dataci, popřípadě by vyloučily výše uvedené domněnky. Jde však o posudek zaměřující se na stavebně konstrukční poruchy a jejich sanaci. Historický vývoj proto nebyl natolik zkoumán.

Presbytář od hlavní lodě dělí kruhový, klenutý oblouk. Výškový rozdíl je zajištěn kamenným schodem a překonává výšku 0,2m. Okenní otvory v presbytáři již nejsou umístěny souměrně a výška parapetu je nižší.

Na severní stěně presbytáře nacházíme vchod do sakristie. Sakristie má pultovou střechu a v porovnání s kostelem dvě malá nesymetricky osazená okna, zajišťující přístup světla ze severu a z východu. Na západní straně nalezneme vchod sloužící pro kněží.

Přístup ke krovu je zajištěn pomocí otvoru ve stropě nad kruchtou. Jde o ležatou stolicí, která má nad hlavní lodí a nad presbytářem různé výškové úrovně.

Kostel nevykazuje známky sklepních prostor.<sup>3</sup>



3. Půdorys 1. NP

*„Západní průčelí hladké završeno trojúhelníkovým nástavcem zdobeným jehlanci. V nice štítu, na ose průčelí, umístěna socha sv. Jana Nepomuckého<sup>4</sup>*

*Boční fasády hladké, nečleněné. Okna jsou v exteriéru obdélníková s jednoduchým rámováním.“ (Poche, 1978)*

<sup>3</sup> Tyto prostory však nebývají přiznané. Je tedy možnost, že se zde nějaká krypta nachází. Tato skutečnost by musela být potvrzena hlubším zásahem.

<sup>4</sup> Takto je uvedeno v knize. Po srovnání fotografií stylu vyobrazení svatých, socha znázorňuje sv. Judu Tadeáše, lze tak určit dle kyje v jeho pravé ruce a knize v jeho ruce pravé. Knihu již na soše nenajdeme.

## 2.4 INTERIÉR

Vybavení interiéru:

*„Hlavní oltář a boční oltář sv. Jana Nepomuckého při triumfálním oblouku tabulový s obrazem, kazatelna, varhany s rokokovými řezanými postranicemi a soška Madony, pochází z konce 18. století. Kamenná renesanční křtitelnice z roku 1585 s dřevěným víkem z 2. Poloviny 17. století*

*Náhrobník v presbytáři ze začátku 17. století.“ (Poche, 1978)*

Výčet zařízení pochází z knihy Emanuela Poche vydané v roce 1978. V době zaměřování, říjen 2017, zde z výše uvedeného zbylo pouze: hlavní oltář z konce 18. století, křtitelnice z roku 1585 a náhrobník v presbytáři. Ostatní vybavení bylo ukradeno nebo odvezeno.

Důkazem dalších pokusů o krádeže je vykopaná díra v místě mezi křtitelnicí a náhrobníkem. Tyto památky prozatím zlodějům odolávají.

Vnitřní úpravy stěn jsou jednobarevné, bez maleb a profilů. Přechod stěna-strop je řešen vyprofilovanou vnitřní římsou. Barevnost: stěny – světle růžová, strop-světle růžová

V hlavní lodi jsou náslapné plochy zhotoveny kombinací cihel kladených naostro a žulových velkoformátových dlaždic, které na ose lodi a směrem na jih k presbytáři vpisují písmeno T. Presbytář od lodi je oddělen žulovým schodem a dále pokračuje podlaha z velkoformátových žulových dlaždic.

Kruchta je dřevěná, stejně jako schody a zábradlí. Presbytář od lodi odděluje zábradlí, jehož půdorysný tvar kopíruje tvar žulového schodu. To je rovněž dřevěné.



4. Křtitelnice, náhrobník a oltář



5. Kruchta

## 3. KONSTRUKČNĚ STAVEBNÍ POPIS

### 3.1 GEOLOGICKÉ POMĚRY A ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

Základová půda, na které je objekt založen, se skládá z uhlí, jílového uhlí, jílu a písků. Severovýchodně po směru spádu rostlého terénu ve vzdálenosti přibližně 110 m leží zjištěná linie, kde geologické podloží přechází do nivního sedimentu řeky Lesky. Jižně, přibližně 150 m, se nachází zjištěná linie spraše a sprašové hlíny.<sup>5</sup>

Hloubka a způsob založení není znám. Stáří konstrukce odpovídá materiálovým a technologickým postupům prováděných v období gotiky.

*„V období gotiky se používaly hlubší základy z lomového kamene, ztužené pilíři a nárožními z velkých kamenných kvádrů. Základové pásy mají na rozdíl od nadzemního zdiva neupravený líc a prováděly se kamennou rovnaninou či prostým vhašováním kamene a malty do připravených výkopů“*

(Fořtová, 2011)

Zde uvažujeme použití stejného kamene jako u nosných stěn, tedy kvádry opuky.

### 3.2 SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

Nosné konstrukce mají tloušťku 800 mm. Je užito smíšeného zdiva, kde hlavní podíl tvoří kvádry z opuky. Pálené cihly jsou užity jako doplňující materiál a také v provedení detailů. Stejná skladba je užita u opěráků, které jsou součástí pěti-boce zalomené zdi presbytáře. Opěráky jsou proměnné výšky a šířky.

Zdivo je omítnuto v exteriéru i v interiéru.

Nosné žulové sloupy 180/180 mm slouží jako nosné zárubně u otvoru vchodových dveří.

Kruchta je nesena dvěma dřevěnými sloupy 150/150 mm.

### 3.3 VODOROVNÉ NOSNÉ KONTRUKCE

Konstrukci stropu nad hlavní lodí a nad presbytářem tvoří stropní dřevěné trámy 200/200 mm. Jsou pomocí kapes vetknuty do nosných stěn na kratší rozpon 8 280 mm. Osová vzdálenost je přibližně 1000 mm. Otvor ve stěně, která odděluje presbytář od hlavní lodi, je překlenut obloukem na rozpon 4210 mm. Klenutých oblouků je užito také v nadpraží oken.

---

<sup>5</sup> Informace z geologických map České geologické služby. Portál [www.geology.cz](http://www.geology.cz).

### 3.4 KROV

Nad hlavní lodí je konstrukce krovu provedena jako klasická stojatá stolice přenášející síly přes pozednici do vazných trámů, které jsou prostě uloženy na svislé konstrukce stěn. V přechodu mezi lodí a presbytářem se rozpon konstrukce zúží a společně s tím se sníží i výška hřebene. Spolupůsobení zajišťují šikmé vaznice. Nad presbytářem je situována věž. Její konstrukce je umístěna na vazné trámy krovu společně se vzpěrami. Ukončení nad pěti-boce zalomeným presbytářem je provedeno pomocí skupiny krokví, které se opírají do vaznice.

*Pozednice: 150/150 mm*

*Vazný trám: 180/180 mm*

*Krokev: 120/120 mm*

*Vaznice: 150/150 mm*

*Vzpěra: 80/130 mm*

*Sloupek: 150/150 mm*

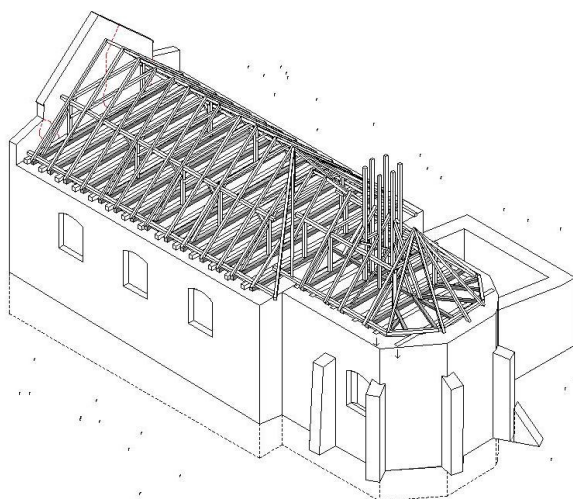
*Hambálek: 100/120 mm*

*Pásek: 110/110 mm*

*Sloupek věže: 150/150 mm*

*Vzpěra věže: 120/120 mm*

*Zavětrování věže: 100/100 mm*



6. Axonometrie krovu

Nad sakristií je již krov spadlý, šlo o pultovou střechu tvořenou ze střešních trámů. Přímo na ně byly umístěny latě.

### 3.5 STŘECHA

Objekt je zastřešen klasickou sedlovou střechou, která je na západní straně ukončena štítem. Na straně východní je ukončena pěti-boce zalomenou valbou, kopírující konstrukci stěny presbytáře. Ukončení střechy u stěn zajišťuje římsa, která má v řezu profil čtvrtkruhu.

Jako krytina je použita pálená střešní taška bobrovka červené barvy.

Nad presbytářem je umístěna věž zvonice. Opláštění věže je provedeno z ocelového plechu natřeného základovou červenou barvou.

Prostor krovu osvětlují čtyři volská oka, umístěná na severní a jižní rovině střechy lodě.



## 4. PORUCHY OBJEKTU

### 4.1 ÚVOD

Na objektu lze pozorovat četné poruchy zdiva. Jde především o pěti-boce zalomenou stěnu presbytáře, kde jsou poruchy nejvážnější.

Hlavní příčinou těchto poruch jsou síly vyvolané konstrukcí krovu. Důvodů, proč tyto síly vznikají, může být více.

Původní konstrukce krovu byla nahrazena novou a pravděpodobně přibyla také věž zvonice. Tato úprava mohla navýšit stálé zatížení.

Dále jistou roli hraje změna charakteru okolního prostředí. Zatím co severní část pozemku můžeme zařadit při výpočtu tlaku větru do kategorie terénu III, charakter okolí jižní strany řadí objekt do kategorie terénu II. To popisuje jistou nevyváženost působení větru. Možné zhoršení tohoto vlivu mohlo zapříčinit odstranění přirozeného větrolamu, který se ve formě aleje pravděpodobně nacházel kolem jižní části pozemku.

V současnosti se kolem příjezdové cesty nacházejí tři vzrostlé stromy v řadě, což nasvědčuje této teorii. Pokud k zániku stromořadí došlo v nedávné době, její odstranění mohlo přispět ke změně působení tlaku větru, které dříve nevyvozovalo tak silné nežádoucí účinky, a proto zde nebyla provedena opatření.

Tyto informace by mohly být zanedbány, pokud by konstrukce krovu nebyla narušena. Avšak vzhledem k degradaci střešní krytiny dochází v mnohých místech k zatékání. To způsobilo poruchu spojů, prvků a oslabení tuhosti konstrukce jako celku.

Takto narušená konstrukce v kombinaci s možným navýšením zatížením od novější konstrukce a nerovnoměrným zatížením od větru pak vyvozuje zmíněné nežádoucí síly.

### 4.2 KONSTRUKČNÍ PORUCHY

#### 4.2.1 – Porušení pěti-boce zalomené stěny presbytáře

**Projev:** Nejviditelnějším projevem poruchy je odlomení paty severozápadního opěráku, na schématu značeno číslem IV. Tato prasklina je přes 200 mm široká a dochází u ní k vydrolování materiálu ze zdiva. Další významný projev nalezneme mezi opěrákem II a III. Jde o trhlinu táhnoucí se přes celou výšku stěny. V interiéru má znatelnější projev, dosahuje šířky až 30 mm. V okolí trhliny dochází k odpadávání omítky a vydrolování materiálu. Tato porucha pokračuje na rozmezí strop-stěna, kde došlo k vertikální poruše spojení konstrukcí. Šířka tohoto porušení dosahuje až 150 mm a dochází zde k vysypávání materiálu. V exteriéru se porucha projevuje trhlinou rovněž přes celou výšku stěny, avšak maximální šířka je cca 10 mm.

Porucha se projevuje také v okenních otvorech. Severní otvor má spadlé již celé nadpraží. Ve spadlém nadpraží lze registrovat trhlinu pokračující směrem vzhůru až do vrchu stěny. Jižní okenní otvor presbytáře má spadlou jen část nadpraží ze strany v exteriéru.

V interiéru se však již vytvořily praskliny typické pro poruchu klenutého nadpraží, tudíž

hrozí jeho kolaps. Tomu zřejmě zabraňuje dřevěná konstrukce okna, která v tomto případě slouží jako vzpěra.

Dále lze pozorovat trhlinu v exteriéru přímo nad opěrákem IV táhnoucí se od vršku stěny podél styku opěrák-zedř. Ta má šířku maximálně 10 mm.

Další menší trhliny se objevují přímo v opěráku, ale jde o trhliny menší pohybující se mezi 1-5 mm a jsou způsobené absencí paty.



8. Pěti-boce zalomená konstrukce presbytáře



9. Za oltářem prasklina v místě opěráku III. Nad oltářem u stropu horizontální trhlinka



10. Spadlé nadpraží severního okna a prasklina definující zlom konstrukce



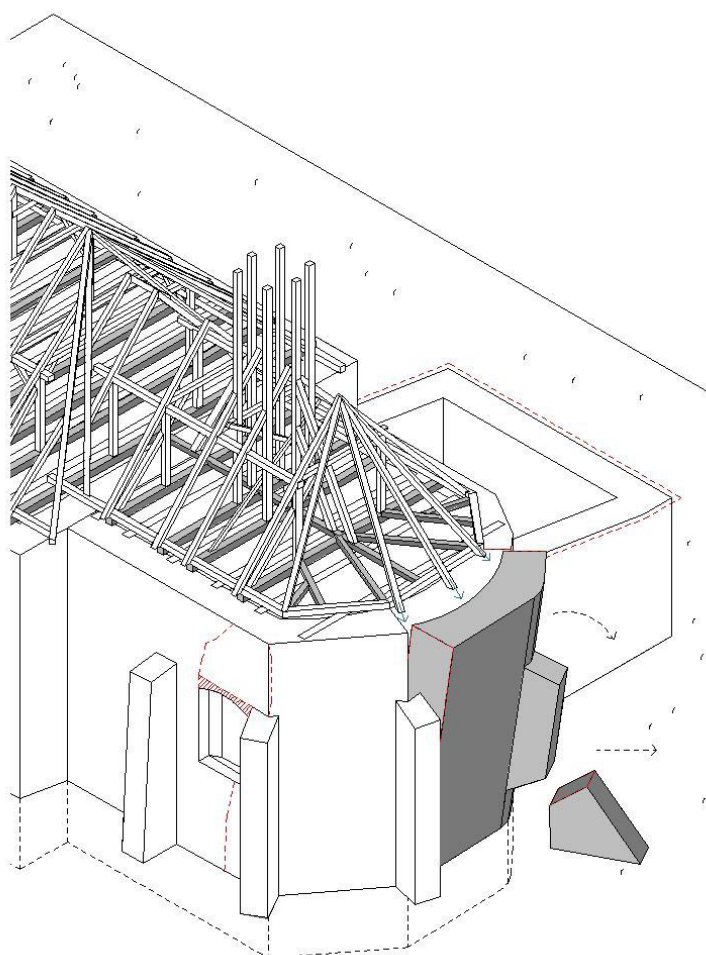
12. Spadlé nadpraží jižního okna



11. Spadlé nadpraží severního okna



7. Tlakové porušení severní stěny přilehlé k oltáři



13. Schéma poruchy části konstrukce

**Příčina:** Vzhledem k velikosti trhlin je zřejmé, že počátek poruchy vznikl v patě opěráku. Tato trhlina má s přihlédnutím na tok hlavních napětí smykový charakter, kde v místě náběhu dochází k natočení průběhu hlavních napětí a vzniká tak smykové napětí. Po vzniku trhliny byla konstrukce přímo vystavena povětrnostním vlivům a zatékání. S přihlédnutím k charakteru trhliny zde bylo zatékání a zamrzání vlhkosti krizové. Při zhoršující se pevnosti zdiva opěráku smyková trhlina pokračovala dále do konstrukce i tam, kde je smykové napětí slabší. Po vzniku trhliny se ve spoji objevila „stěna – opěrák“ tahová síla, kterou vyvozovala snaha paty

opěráku posunout se vlivem smyku směrem z konstrukce ven. Tato síla zapříčinila další trhlinu, která oddělila opěrák od stěny.<sup>6</sup>

Spolupůsobení opěráku se zbytkem stěny je tedy omezené a jeho plnou aktivitu lze vyloučit. Avšak některé síly, i vzhledem k trhlině, budou přenášeny a budou přispívat k dalším poruchám, což lze pozorovat na samotném opěráku, kde vznikají malé smykové trhliny od nerovnoměrného působení styku v hlavní trhlině.

Statické působení opěráku tkví v roznášení svislého zatížení do půdy a také jako stabilizace stěny od působení šikmých sil vyvolaných krovem. Po jeho uvolnění paty opěráku došlo k borcení části stěny presbytáře směrem ven, což zapříčinilo působení šikmých sil od krovu. Zmenšením základu a jeho oslabením o patu opěráku došlo ke změně napětí v základové spáře, ta počala opět sedat převážně na exteriérové straně. Toto vyklonění narušilo spolupůsobení pěti segmentů stěny. Vlivem sil od krovu se ve stěně vytvoří tahové napětí, které dalo vzniknout vodorovným tahovým trhlinám na stěně

<sup>6</sup> Tahová síla stačila malá. Jde o zděnou konstrukci, které jsou na tah velmi citlivé.

mezi opěráky II a III. To narušilo celkovou soudržnost konstrukce a vlivem působení svislých sil krovu docházelo k dalším trhlinám. Důkazem tohoto jsou spadlá nadpraží, kde snížení tuhosti vlivem porušení soudržnosti vedlo k posunu podpory klenutých nadpraží. To má za následek jejich pád na severní straně a porušení blížícího se kolapsu na straně jižní.

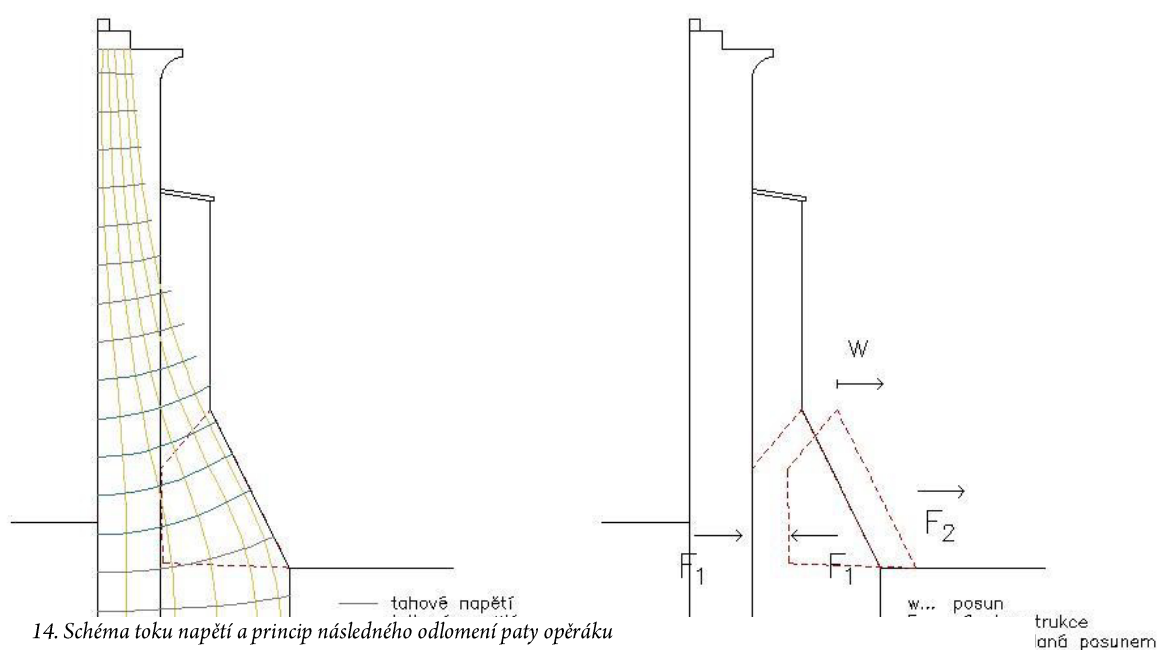
Dalším projevem snížení tuhosti v konstrukci stěn presbytáře jsou interiérová porušení. Jedno se nachází na severní straně nad vchodem do presbytáře pod uložením věže zvonice. Trhliny jsou charakteristické pro zvýšený tlak ve stěně. Zvýšený tlak je způsoben právě uložením věže, ale trhliny vznikají až v kombinaci s oslabením spolupůsobení konstrukce presbytáře. Tento tlak tak navíc přispívá k vyklánění a vysouvání konstrukce presbytáře.

Kombinací oslabení spolupůsobení a vlivu sil od krovu vznikly i trhliny na jižní straně presbytáře. Zde je příčinou působení hřebenové krokve. Ta do stěny vnáší tahové napětí a od stropu směrem dolu tak vznikají tahové trhliny.

Velkou roli při rozvoji trhlin hraje i velmi porušená střešní krytina. Obzvláště v místech hřebenů, kde chybí hřebenáče. Do konstrukce stěny se tak dostává voda. Opakované zamrzání vody v konstrukci přispívá k rozvoji trhlin.

Nutno podotknout, že porušený opěrák, tedy opěrák IV, má jako jediný přizděný náběh. Po nahlédnutí do trhliny, která svým rozšířením umožňuje posouzení zdiva, neshledáme rozdílné materiály. Povrch odlomené paty opěráku je sice jiný, ale to je způsobeno přímým přístupem podnebních vlivů. Předpokladem tedy není to, že náběh byl zkonstruován v reakci na předchozí poruchu, avšak proto že se jedná o opěrák, který je umístěn v nejprudším spádu a je nejnižším bodem konstrukce. Byl tedy zesílen, aby lépe odolával půdním erozím.

Pokud však byl zkonstruován v reakci na předchozí poruchu, toto opatření ji nezajistilo



dostatečně a sanace se musí provést pečlivěji.

Odhad, zda jsou trhliny aktivní či pasivní, nelze provést dle běžných regulí<sup>7</sup>. Avšak z fotografií z nedávných let lze soudit, že některé poruchy aktivní jsou. Příkladem je porovnání přiložených fotografií. Zde pozorujeme pád exteriérové části nadpraží u jižního okna a pokračující degradace nadpraží okna severního. Dále lze pozorovat pokračující degradaci přechodu „stěna-strop“ v exteriéru presbytáře. I přestože jistou část této degradace lze přisoudit povětrnostním vlivům, nelze vyloučit i vlivy statické.

<sup>7</sup> Sledování a měření trhlin v delším než ročním cyklu.

Konstrukce stěny jednoznačně dále degraduje. Pokud nebude proveden zásah do konstrukce, hrozí kolaps stropu presbytáře společně s krovem. V dalším případě hrozí kolaps nosné stěny presbytáře. To by znamenalo zánik celého současného presbytáře.



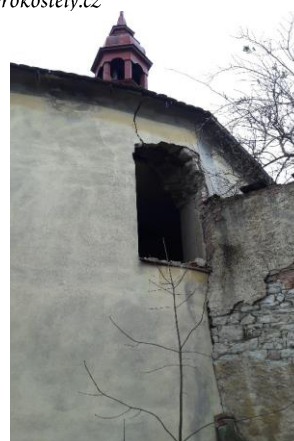
18. Stav cca 2014, fotografie ze serveru prokostely.cz



17. Stav cca 2014, fotografie ze serveru prokostely.cz



16. Stav jižní fasády rok 2017



15. Stav severní fasády, rok 2017

#### 4.2.2 Krov

**Projev:** Degradace prvků krovu. Některé nastavované spoje jsou rozpojené. Silně porušené jsou vodorovné prvky a šikmé prvky, tedy vaznice a vzpěry. V kritických místech jde také o vazné trámy krovu. Trámy jsou převážně shnilé. V nejkritičtějším místech došlo k oslabení průřezu až o jednu třetinu. V okolí porušení vlhkostí nalezneme také napadení plísní. Krov nejeví závažné napadení dřevokazným hmyzem.

Až na kritická místa je krov v dobrém stavu. Prvky, které nejsou vystaveny přímým povětrnostním vlivům, nejeví známky napadení houbou ani dřevokazným hmyzem. Při sanacích můžeme počítat s jeho zachováním.

Dále bude pokračovat rozbor jednotlivých typů poruch.

##### *4.2.2.1 – porušení prvků vlivem zatékání*

Na ose pod hřebenem došlo vlivem hniloby k narušení vodorovných prvků. Jedná se o trámy a spoj krokví. Hniloba narušuje prvky svrchu. Většina prvků je silně porušena. Zvláště pak u vazných trámů je toto porušení až do jedné poloviny rozměru prvku. Tento vážný úbytek materiálu je však ryze lokální, jeho rozsah je v řádech centimetrů a to tam, kde dochází k přímému dopadu vody na prvek. Dále se šíří povrchová hniloba a vlhkost. Toto rozšíření se pohybuje kolem 0,5m na každou stranu od osy hřebene. Dále již trámy vykazují známky zdravého dřeva.

Pokud se týká spojů krokví, lze tuto poruchu označit za lokální. K degradaci materiálu dochází především ve spojích a jeho dosah je v řádech centimetrů. Narušení průřezu prvku je zde znatelně menší a pohybuje se v jedné desetíně výšky průřezu.

Dalším prvkem, který je narušen hnilobou od přímého zatékání vody, je vzpěra věže zvonice. Zde narušení průřezu prvku přesahuje polovinu průřezu.

Tento typ poruchy se dále nachází v přechodu mezi konstrukcí krovu nad hlavní lodí a konstrukcí nad presbytářem. Po celé délce je pak zasažena šikmá hřebenová krokev, která je zcela vystavena povětrnostním vlivům.

Porušení se dále týká konstrukce krovu nad pěti-boce zalomenou stěnou presbytáře. Na jižním hřebenu se již nenachází žádné hřebenáče. Také dochází k zatékání podél věže zvonice. To způsobilo silnou degradaci jižní hřebenové krokev a vazného trámu pod ní. V tomto místě je porušena také pozednice. Porušení pozednice se dále táhne po celé délce zalamované stěny presbytáře.

Ve vrcholu jehlanu tvořeném střešními rovinami střešní krytina také chybí. Následkem toho je porušený spoj ve vrcholu spojení hřebenových krokví.

Zatékání kolem věže zvonice pak způsobuje oslabení prvků vazných trámů, a to především ve spojích.

V souhrnu je tato část krovu silně porušena, zde bude muset dojít ke kompletní náhradě.

Pod střešními okenními otvory jsou prvky rovněž vystaveny přímému zatékání. Zvýšenou vlhkost a mírnou hnilobu pozorujeme především u pozednice. Odtud se vlhkost šíří do vazných trámů, kde v plných vazbách vzniká degradace spoje „vazný trám – vzpěra“.

#### 4.2.2.2 – porušení prvků vlivem napadení dřevokazným hmyzem

Napadení prvků dřevokazným hmyzem není rozsáhlé. Objevuje se pouze v zavětrování věže zvonice, odkud je lokálně přeneseno do sloupů věže. Částečně napaden je vazný trám, do kterého je jeden z prvků zavětrování osazen. Nejvíce napadena je krokev, která probíhá přes severní část sloupu věže.

Napadená krokev vykazuje známky drobení materiálu do zhruba jedné pětiny výšky průřezu. U napadeného sloupu došlo k snížení pevnosti materiálu a vzniká v něm trhlinka způsobená silami od prvku vrchního zavětrování věže, který je do sloupku zasazen.

Na zmíněných prvcích lze sledovat výletové otvory do 5 mm. Pravděpodobně půjde o napadení červotočovitými.

#### 4.2.2.3 – porušení prvků vlivem ztráty tuhosti krovu

Ve dvou případech došlo k vybočení prvků z roviny jeho působení. První případ se nachází na čtvrté plné vazbě. Zde proběhlo rozlomení hambálku v místě spoje se vzpěrou a jeho vybočení. Další případ nalezneme v druhé plné vazbě, kde se rozpojila vazba „hambálek – vzpěra“.

Příčinou oněch porušení jsou vodorovné síly způsobené tlakem větru. Jak krov vlivem vlhkosti a lokálních poruch ztrácí svou prostorovou tuhost, přenáší se do hambálků více sil, které způsobují jejich kolaps.



19. Chybějící střešní krytina



20. Stav suchého krovu, rozpojení prvku krovu



21. Plíseň na kleštině





26 Stav krovu nad presbytářem



23 Porušení vzpěry věže zvonice



27 Dislokace vzpěry



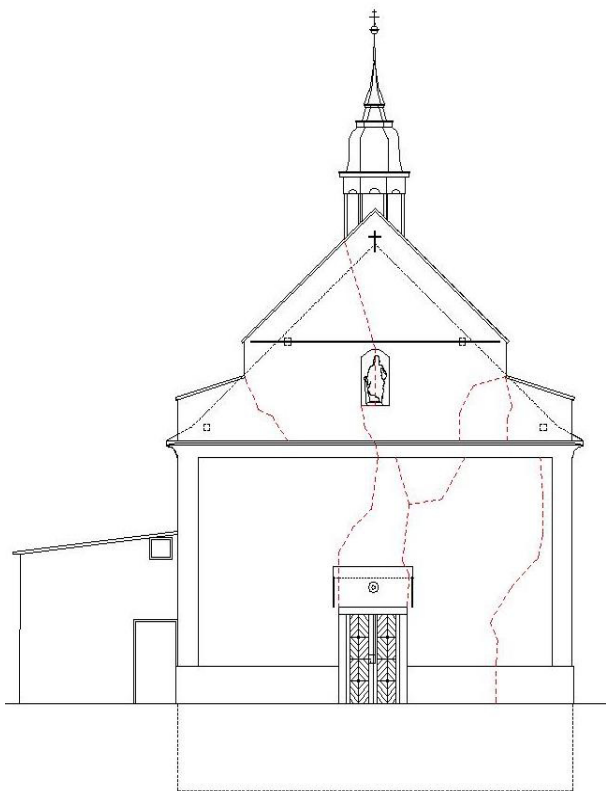
25 Narušení vazného trámu dřevokazným hmyzem



24 Stav krovu nad presbytářem



22 Uhnilý vazný trám



28. Schéma poruch na západním průčelí

#### 4.2.3 poruchy na západním průčelí

**Projev:** Vertikální trhliny táhnoucí se od vstupního otvoru do vrcholu štítu.

Hlavní trhlina kopíruje oslabené průřezy v průčelí, to je nika určená pro varhany v interiéru a nika pro sochu v exteriéru. Tato trhlina je na průčelí nejmarkantnější. Její šířka se pohybuje okolo 30 mm v nejširším místě.

V prostoru mezi vstupem a nikou pro sochu se trhlina rozvinula a vytvořilo se zde místo, kde došlo k pohybu materiálu a opadu omítky.

Další poruchu nám signalizuje trhlina v jižní části průčelí, která se táhne od římsy z místa, kde je umístěna pozednice přes skol pod terén. Kopíruje jižní stěnu kolmou na průčelí a v třetině výšky průčelí se odkloní směrem k ose průčelí.

Tato porucha indikuje tah vyvolaný jižní stěnou. Tedy jejím odklonem, nebo jiným pohybem. Další trhliny tahového charakteru se objevují v rozích jehlanovitého odstupňování průčelí. Ty jsou projevem rozevírání rohu v odstupňování.

**Příčina:** Při nahlédnutí do krovu zjistíme, že některé plné vazby jsou přerušeny. Vektor sil vyvolaných krovem nepůsobí kolmo do stěny, ale natáčí se a vyvolává síly vodorovné. To způsobuje, že pozednice přenáší svým vložením do západního průčelí síly, které způsobují tyto trhliny.

Stejně jako pozednice jsou netypicky zakapsovány také vaznice. Ty jsou stejnou příčinou problému, a to přenášení vodorovných sil do průčelí.

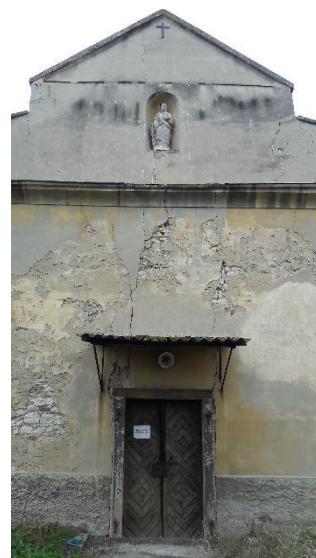
Dalším problémem je vynášecí trám stropní konstrukce. Jeho statické působení je podrobně popsáno v další části poruch. Ve stručnosti - přebírá zatížení z konstrukce stropu včetně stropních trámů samotných a přenáší je do krovu. V části u štítu je vynášecí trám vložený do stěny štítu. Přenáší tak síly do konstrukce a stěny štítu, a to přímo nad oslabenou část stěny – niku pro varhany. Tato bodová síla tak přispívá k rozvoji trhliny ve středu štítové stěny. Působení vynášecího trámu lze pozorovat také na poruchách niky v interiéru, které však nejsou konstrukčně závažné. Zděné stěny jsou odolné na tlakové napětí, avšak tahovému napětí odolávají špatně. Vznik trhlín tedy způsobují již relativně malé síly.

Stejně jako u předchozí poruchy dnešnímu stavu napomohla degradace zdiva vlivem povětrnostních vlivů.

Aktivitu trhlin nelze vyloučit, z dochovaných fotek nelze určit, zdali trhliny mají nějaký vývoj. Každopádně lze říct, že vlivem povětrnostních vlivů západní průčelí bude dále degradovat.



30 Východní průčelí



29 Východní průčelí

#### 4.2.4 - poruchy na severní konstrukci stěny lodě

**Projev:** Severní strana obsahuje několik trhlin, které jsou především v okolí okenních otvorů. Pokud budeme v popisu postupovat od východní strany fasády, dostaneme se k nejvýraznějšímu projevu v okolí prvního okna. V nadpraží okenního otvoru se nachází skupina trhlin. Největší trhlina se táhne od pravého rohu okenního otvoru k hranici střechy a dosahuje šířky až 10 mm. Další trhlina šířky 5 mm se vytvořila na druhé straně. V oslabeném nadpraží pak vzniklo několik dalších trhlin indikujících hroutící se klenuté nadpraží. V parapetu okenního otvoru se nachází další dvě trhliny charakteristické pro porušení smykem. Ty dosahují tloušťky 5 mm. V pravé části od okna pak tyto smykové trhliny pokračují v šířce menší než 5 mm. Smykové trhliny nalezneme také v parapetu okna prostředního.

V posledním okně severní fasády se ve středu nadpraží nachází tahová trhlina. Ta se směrem k horní hraně stěny rozděluje. Šířka této trhliny dosahuje 10 mm. Další drobnější tahové trhliny jsou patrné u konce stěny pod hranou střechy.

**Příčina:** Hlavní příčinou vzniku poruch jsou síly od krovu, které jsou vzhledem k charakteru krajiny přenášeny více do severní stěny. Dalším důvodem vzniku poruch je způsob usazení krovu, kdy pozednice leží na trámech. Síly od krovu jsou přenášeny bodově, ne spojitě. Bodové síly mají různé velikosti a jsou umístěny nad okenními otvory náhodně a nesymetricky. Bodové namáhání, která působí nesymetricky, pak v nadpraží způsobují tahové napětí, které zapříčiňuje tyto trhliny.

V pravé krajní části došlo zvýšeným tahovým napětím ve stěně ke vzniku nejširší trhliny. Kvůli absenci okapních svodů do této trhliny zatékalo. Vlivem opakovaného zamrznání se trhlina dále rozšiřovala až k okennímu otvoru. Rozšiřováním trhliny a měnícím se napětím v klenutém nadpraží docházelo k poruše soudržnosti tlačené konstrukce. Tlak od krovu v narušeném oblouku způsobil přetížení a následné poruchy. Tlak ve stěně nadále způsobil smyková porušení v parapetu okenního otvoru.

Smyková porušení stěny v pravé části od okna lze připsat tomu, že je tlak přenášen stěnou v šířce 2 m. Porušení v okolí okna bylo z spolupůsobení celé stěny odizolováno pouze na nárožní část stěny.

Trhlina v nadpraží okna v levé části severní stěny je opět způsobena bodovými silami od krovu. Ty do konstrukce nadpraží vnášejí tahové napětí. Trhlina se vlivem zatékání a opětovného zamrzání šířila dále. Pokles pravé strany klenutého nadpraží pak dal vzniknout vodorovné trhlině navazující na počáteční svislou.



31 Severní fasáda



32 Severní fasáda

#### 4.2.5 - poruchy na jižní konstrukci stěny lodě

**Projev:** V nadpraží západního okna a v krajní části stěny západně od okna se vyskytují trhliny svým charakterem velmi podobné trhlinám jako na stěně severní. Jedná se například o tahovou trhlinu táhnoucí se z levého rohu okenního otvoru a o podobný způsob porušení klenutého nadpraží. Tyto trhliny oproti severní straně mají znatelně mírnější projev. Maximální šíře trhliny nedosahují ani 5mm.

V dalších okenních otvorech vznikly tahové trhliny také nedosahující šíře 5 mm.

**Příčina:** Stejně jako u severní stěny způsobily tyto poruchy bodové síly od krovu v kombinaci s přístupem vlhkosti do konstrukce. Opakované zamrzání vneslo nesilový tlak do konstrukce stěny a oslabilo ji. V kombinaci s tlakem od krovu došlo k poruchám.



34 Jihozápadní nároží



33 Jižní fasáda

#### 4.2.6 – stropní trámy

**Projev:** Na rozdíl od krovu, jehož vazné trámy leží přímo na zdivu, stropní trámy jsou vloženy do kapes v nosném zdivu. Předpokladem je, že krovní soustava byla vyměněna při úpravách v 19. století, avšak stropní trámy kvůli obtížné výměně zůstaly původní. Ať byly vyměněny či nikoli, degradace stropních trámů je značná, je horší než v případě krovu.

Byla zde provedena bezpečnostní opatření proti jejich kolapsu. Kolmo na vazné trámy krovu byl osazen trám 200/200 mm. Skrz vynášecí trám byl do stropních trámů umístěn svorník, který přebírá zatížení ze stropních trámů a přenáší je do stěny východního průčelí a do vazných trámů krovu.

Takto kolmý trám vynáší stropní trámy nad celou lodí.

Poruchy jsou totožné s poruchami krovu. Jde tedy o hnilobu a místy napadení plísní.

Hlavní projevem je značné poškození podhledu stropu. Objevují se zde praskliny a opadá omítka.

**Příčina:** Stejná příčina jako u porušení krovu. Chybějící části střešní krytiny mají za důsledek přístup vody a sněhu.



35. Vlevo: stropní trám, vpravo: střešní trám



36. Poškozený strop vlivem degradace stropních prvků

## 4.3 OSTATNÍ PORUCHY

### 4.3.1 Sakristie

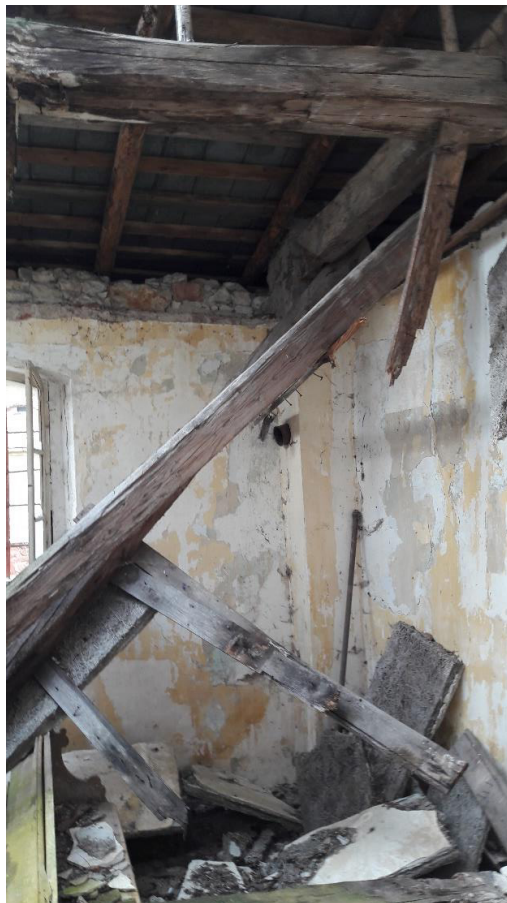
Ze sakristie zbylo pouze zděné torzo. Uvnitř torza leží spadlé stropní trámy. Z nich jsou některé stále na svých původních pozicích. Lze tedy určit konstrukční uspořádání, které indikuje orientaci stropních trámů východ-západ. Kolmo na ně byly usazeny střešní trámy.

Bez střešní krytiny, která se na objektu sakristie již nenachází, byly trámy vystaveny přímo vnějším vlivům. Postupná degradace zavinila jejich kolaps.

Stěny sakristie v tloušťce 800 mm odolávají vnějším vlivům, avšak odshora kde jsou konstrukce odhaleny, lze pozorovat postupnou degradaci.



37. Sakristie



38. Sakristie



### 4.3.2 Vlhkost

V severovýchodním a jihovýchodním rohu hlavní loď se při zemi a při stropu objevují skvrny indikující kumulaci vlhkosti. Problémem je již zmíněné zatékání do krovu. Dosahuje takové míry, že v oněch rozích vytvořilo díry v prkenném podhledu. Tudy vlhkost postupuje dále do interiéru. Můžeme tak pozorovat klasické projevy vlhké stěny - bobtnání omítky, praskání a její následné opadávání.

Stejný projev zatékání lze pozorovat pod konstrukcí věže zvonice, kde došlo k opadání omítky až na rákosové pletivo.

V interiéru i exteriéru jsou patrné projevy vztlínající zemní vlhkosti. Na jižní stěně v exteriéru došlo k odlomení soklové úpravy a dochází k odlupování omítky. V interiéru v tomto místě bobtná omítka, která následně opadá. V interiéru dochází ke stejnému jevu i na straně severní, ale ne v takové míře. Exteriér severní stěny nejeví typické bobtnání a odlupování omítky. Sokl je však porostlý mechy a lišejníky, což napovídá zvýšené vlhkosti i zde.

Jak v interiéru, tak v exteriéru směrem k západní straně vlhkosti stěn ubývá.

Na severozápadním a jihozápadním nároží v exteriéru ani v rozích interiéru již se vlhkost v patách stěn neobjevuje.

Příčinou vlhnutí stěn je zřejmě dešťová voda, která stéká ze střechy přímo k patám konstrukcí stěn. Okapové žlaby a svody byly odebrány a v exteriéru se nenachází žádný okapový chodník.



40. Strop pod konstrukcí věže



39. Vlhnutí rohů v lodi



41. Výkop v presbytáři

#### 4.3.3 Podlaha

Pravděpodobně při pokusu o krádež křtitelnice a náhrobníku v presbytáři byla v blízkosti zmíněných odebrána skladba podlahy a vytěžena zemina do hloubky cca 1,5 m. Práci zkomplikovala kamenná deska v podlaze. Ta je podkopána. Na jejím středu se nachází otvor pod ni, který vede až pod nosnou stěnu. Pokud se zde nacházejí podzemní prostory, mohlo dojít k jejich zřícení. Avšak stav nosných stěn nenaznačuje významný pokles. Jestli se jedná o podzemní prostory lze potvrdit pouze pomocí časově a finančně náročných sond, na které nejsou v rámci DP prostředky.

#### 4.4 ZÁVĚR

Konstrukční poruchy ohrožují existenci objektu. Stav východní stěny presbytáře je kritický, a pokud nedojde k zásahu, který by zastavil rozvíjení poruch, hrozí kolaps. V první řadě je třeba zamezit zatékání do objektu a konstrukcí krovu, které je hlavní důsledek rozvíjejících se poruch.

Dalším krokem bude sanace ohrožených konstrukcí. Sanace budou probíhat tak, aby bylo zachováno co nejvíce ze stávajících konstrukcí. Kde toto nebude možné, jako například u vodorovných konstrukcí sakristie, budou nahrazeny prvky novými, avšak při snaze zachovat tehdejší postupy a materiály, aby kopie byly co nejdělejší. Kostel však není v databázi památkově chráněných objektů. V rámci zlepšení konstrukčních vlastností objektu, prodloužení jejich životnosti a s přihlédnutím na finanční stránku sanací, bude v některých případech užito i moderních konstrukcí a postupů, avšak pouze tak aby nebyly oku lajka patrné.

Kostel sv. Kateřiny je značně poškozen. Dlouhodobé zanedbávání tohoto stavu zapříčinilo jeho kritický stav, který může vést k zániku. Avšak tento stav není nezvratný a pokud se obnoví jeho provozuschopnost, může kostel bdít na Kněžicemi několik dalších století.

## 5. SANACE

### 5.1 ÚVOD

Prioritou při sanacích je odstranění příčiny vzniku poruch. V případě kostela sv. Kateřiny bylo stanoveno, že příčinou většiny poruch jsou poruchy krovu. Nejde jen o konstrukci krovu, která přenáší nežádoucí síly, ale také o zatékání do konstrukce, které znehodnocuje zdivo. Krom zatékání do krovu znehodnocuje zdivo také vztlínající vlhkost ze zeminy. To se týká poruch především v lodi kostela, kde se zajištěním krovu a odvedením vlhkosti ze zdiva příčiny odstraní a může se přikročit k sanaci poruch samotných.

V případě presbytáře jsou poruchy způsobeny rovněž kombinací vlhkosti a sil způsobených krovem, přibyl zde však ještě jeden faktor. Odlomení paty opěrák, které způsobuje vyklánění východní zdi presbytáře. Po zajištění těchto faktorů mohou proběhnout sanace poruch.

Po dokončení prací na statickém zajištění objektu se může přistoupit k estetickým opravám škod, které vznikly vlivem poruch, jako jsou sanace podlah nebo výměna omítek a stropů.

### 5.2 SANACE PORUCH ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### 5.2.1 Sanace porušení pěti-boce zalomené stěny presbytáře

##### 5.2.1.1 Sepnutí pěti-boce zalomené stěny presbytáře

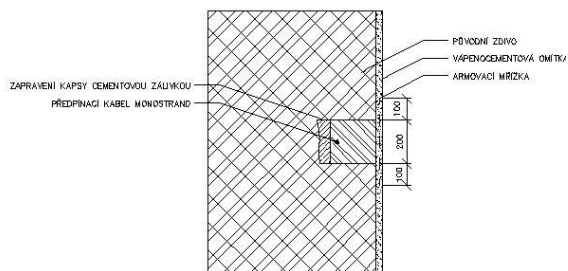
Východní strana presbytáře bude sepnuta jednopramencovými předpínacími kabely MonoStrand.

V ose 750 mm od hranice římsy bude vyříznuta a vysekána kapsa výšky 200 mm a hloubky 300 mm. Půdorysně se kapsa upraví tak, aby nároží přecházela po obloukových výsecích. Kapsa se vyseká po celém obvodu presbytáře. Po vysekání se její vnitřek zapraví cementovou zálivkou.

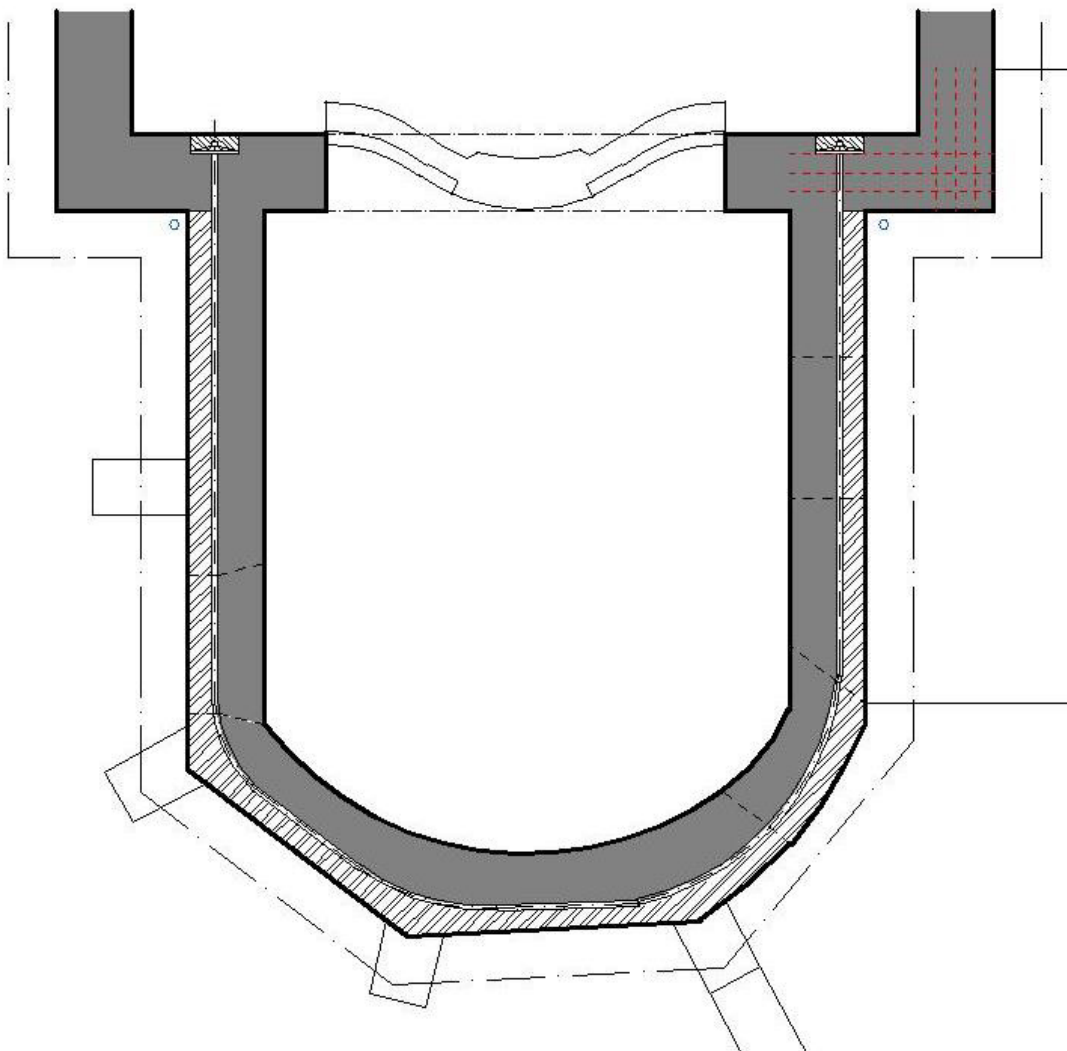
Dále se osadí předpínací kabely. Kotvení kabelu bude provedeno v interiéru ve východní stěně lodi, která je kolmá na jižní a severní stěnu presbytáře. V místě vyvedení kabelů se vyřezají a připraví kapsy na osazení kotev. Po osazení kabelů se začne s jejich předpínáním. Postupovat se bude dle technického listu výrobce kabelů. Předepnutí bude do aktivace kabelů vnášeno po 10 kN. Po aktivaci se vykoná injektáž kapsy cementovou zálivkou. Společně s injektáží kapsy se uskuteční injektáž trhlin, které budou spínány. Spínání se provede ještě před zatuhnutím injektáže.

Vzhledem k šířce trhlin bude injektáž prováděna injektážní cementovou maltou. Samotné předpínání konstrukce bude probíhat v záběrech po 2-5 kN v závislosti na velikosti

konečného předpětí. Mezi jednotlivými záběry budou časové prodlevy, při kterých se zkontroluje stav předpínané a se protažená lana zkrátí na 20 mm a vykoná se zakrytování kotev. Velikost předpětí vnášeného do konstrukce a počet lan budou určeny samostatným projektem. Je třeba podrobnějšího průzkumu a zkoušek k vyhodnocení pevnosti zdiva, by mohla být stanovena maximální předpínací síla.



42 Detail uložení kabelu



43 Vedení kabelu v půdorysu

### *5.2.1.2 Obnova klenutí nad otvory presbytáře*

Sanace A.1 a A.2 se úzce prolínají, a to z toho důvodu že nadpraží jsou v havarijním stavu a zásah ve formě sekání kapsy by v nich způsobil kolaps. Je tedy nutné před osazením předpínacích kabelů tyto nadpraží nahradit novými.

V nadpraží severního okenního otvoru, se nacházejí zbytky materiálu v koruně stěny, ty však pravděpodobně spadnou při odstraňování krovu. Jižní nadpraží drží pouze díky konstrukci okenní výplně, o kterou se propadlá klenba opírá.

Vzhledem ke stavu nadpraží se ustoupí od sanace a provedou se nadpraží nová. Zbytky materiálu se odstraní až do vršku stěny v šířce okenního otvoru. Odstraňování bude probíhat shora po záběrech výšky 300 mm. Po skončení záběru se otvor zajistí vzpěrami ve formě dřevěných fošen. Takto bude provedeno na obou stranách. V dalším kroku se vysekají kapsy v místě budoucích podpor klenutí. Kapsy se zapraví cementovým potěrem a odstraní od nečistot. Připraví se bednění klenutí vytvořené na míru. Charakter klenutí je stejný jako u oken lodi. Dle bednění se zhotoví zděná klenba z pálených cihel. Dále se provede dozvěnění do výšky stěny ze smíšeného zdiva.

Po zatuhnutí se dořízne a vyseká kapsa pro předchozí sanaci.

### *5.2.1.3 Zajištění paty opěráku*

V první řadě je třeba obnovit spolupůsobení paty opěráku s opěrákem a se samotnou stěnou. V šikmé trhlině způsobené smykovým porušením došlo k výsypu veškerého materiálu. Šíře trhliny přesahuje 80 mm, a tak by bylo zajištění spolupůsobení se zbytkem opěráku pomocí injektáže těžko proveditelné. Vrchol paty opěráku je navíc porušen a při kotvení ke zbytku konstrukce by hrozilo jeho odlomení od zbytku paty. Bude proto provedena betonová plomba.

Po očištění opěráku od omítky bude vrchol paty opěráku odstraněn a nahrazen plombou. Plomba se s přihlédnutím na vysoké tlakové namáhání provede z betonu. Její spolupůsobení zajistí ocelová výztuž. Výztuž se provede dvojího typu. První bude vložena kolmo na šikmou trhlínu. Bude vsunuta do předvrtaného otvoru a upevněna chemickou kotvou. Hloubka vložení závisí na tom, aby se kotvení dostalo ne jen do opěráku, ale také do stěny presbytáře. Hloubka vrtu by měla tedy být alespoň 1 m. Kotvy se provedou čtyři v místech 200 mm od osy trhliny na každou stranu, ve dvou řadách.

Druhý typ vyztužení bude proveden svisle do temene zbývající paty opěráku. Bude uskutečněn stejně jako předchozí vyztužení, tedy do předvrtaných děr na chemickou kotvu. Hloubka kotvení by se měla pohybovat kolem 600 mm. Výztuž se provede ve stejném počtu a rozmístění jako předchozí. Ocelové tyčoviny se svaří, aby bylo zajištěno jejich spolupůsobení. V posledním kroku se vykoná betonáž plomby.

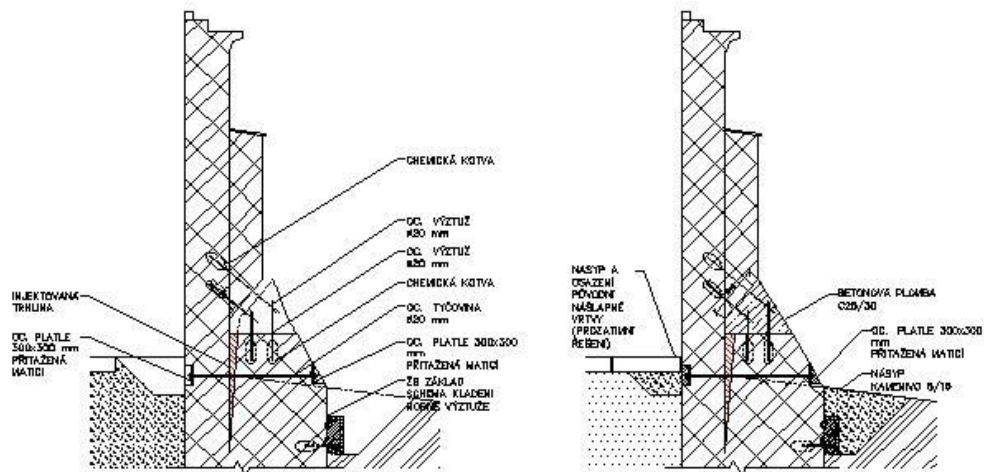
Další kotvení bude provedeno v patě opěráku kolmo na konstrukci stěny presbytáře. Bude přenášet tahové síly vnikající od oddalování paty do opěráku. Do předvrtaného otvoru bude vložena ocelová tyčovina. Vrt bude uskutečněn skrz konstrukci do interiéru. Kotva zde bude přitažena na roznášecí platni stejně jako v exteriéru. Aby v exteriéru byla styčná

plocha kolmá ke směru působení, bude v patě opěráku proveden výsek 300x300 mm. Výsek bude zapraven cementovou maltou a po zaschnutí se provede vrt. Vrt se injektuje jemnou cementovou maltou, aby bylo zajištěno spolupůsobení s konstrukcí a vloží se do něj tyčovina. Ta bude mít na koncích vykroužený závit. Přes tyčovinu se nasadí ocelová platle a matkou se tato kotva na obou stranách utáhne. V interiéru se vrt dostane po úroveň podlahy presbytáře, zde se tedy musí provést odtěžení zeminy, aby se mohla osadit platle a utáhnout matka. Utahování musí proběhnout před zaschnutím injektáže. Následně se výsek zapraví betonem.

V dalším kroku bude kolem paty opěráku odtěžena zemina. Hloubka založení není známa, výkop bude proveden do hloubky 0,8m nebo k základové spáře, tedy do té hloubky, která nastane dřív. Odhalí se svislá trhлина ve spoji „opěrák-stěna“. Neaktivní materiál se z trhliny po celé výšce mechanicky odstraní. Trhлина bude mechanicky zbavena nečistot a vykoná se její povrchové tmelení pryskyřicí. Po zaschnutí tmelení se provede dvousložková injektáž trhliny, cementovou směsí v prvním záběru a epoxidovou pryskyřicí v druhém. Tmelení se provádí proto, že kvůli šířce trhliny by mohla suspenze injektáže vytékat. Injektáž bude udělána oboustranně, vrty pro injektáž tedy budou provedeny do 1/3 tloušťky opěráku, v tomto případě 200 mm. Otvory pro injektáž se vykonají dva na každé straně ve vzdálenosti 500 mm.

Sekundární zajištění paty opěráku proti dalšímu odsouvání, jako primární lze označit vodorovnou kotvu, se vyřeší zhotovením železobetonové koruny kolem paty. Koruna tloušťky 300 mm bude sahat do výšky 600 mm od základové spáry. Spolupůsobení bude zajištěno dvěma drážkami zhotovenými do původní paty základu a kotvením provedené skrz základ.

Kolem nového základu se provede drenáž dle popisu v samostatné kapitole.



44 Schéma provedení sanace opěráku

#### 5.2.1.4 Sanace ostatních trhlin stěny presbytáře

Sepnutí bude vykonáno pouze v horní části, trhliny v ní by měly být zaceleny. Avšak některé trhliny na konstrukci presbytáře probíhají skrz celou stěnu nebo se objevují v nižších polohách, kde sepnutí není aktivní. Je tedy nutné provést na střední a spodní části další sanace. Po statickém zajištění všech trhlin budou vykonány injektáže trhlin v presbytáři.

Trhliny jsou převážně svislé, v některých místech rozvětvené, avšak probíhající blízko sebe. Proto bylo zvoleno sponování zdiva helikální výztuží (např. systém firmy Helifix nebo systém firmy Sanax), která se přes trhliny umísťuje vodorovně a lze s ní sešít více trhlin zároveň, pokud je splněna podmínka přesahu spony 0,5m.

V případě exteriéru presbytáře proběhne sponování na jihovýchodní stěně a v parapetu jižního okna. V prvním případě se nebude sponovat po celé délce trhliny, ale začne se 1,5m pod římsou zhruba v místě konce opěráku. Trhlina mezi začátkem sponování a římsou je již staticky zajištěna sepnutím konstrukce presbytáře.

Prvním krokem sponování je vyfrézování otvoru pro uložení prutů. Pruty délky dle umístění na trhlině budou osazeny středem na osu trhliny tak, aby vždy přesah od trhliny činil alespoň 1 m. Tímto způsobem bude postupováno i při frézování. Hloubka drážky by měla být minimálně 60 mm. Frézovat se bude přes omítku s předpokládanou tloušťkou 20 mm, konečná hloubka tedy bude přibližně 80 mm. Jak je již zmíněno, kladení započne 1,5m pod hranou římsy a bude pokračovat dolů. Vzdálenost jednotlivých kladení je doporučena mezi 150 až 450 mm. S přihlédnutím na počet trhlin sponou přesahující a na jejich tloušťku bude vzdálenost upravena v tomto intervalu.

Do vyfrézované drážky se pomocí pistole na zadní stěnu drážky aplikuje tmel na bázi epoxidové pryskyřice. Do čerstvého tmele se pomocí zednické lžice natlačí ocelová spona a drážka se vyplní tmelem do 15 mm od lícové stěny. Zbytek spáry bude vyplněn vápenocementovou maltou a zahlazen s povrchem stěny.

Stejný postup se provede na této trhlině v interiéru. Při kladení spon bude dbáno na to, aby jejich uložení bylo prostrídáno v návaznosti na sešití venkovní trhliny.

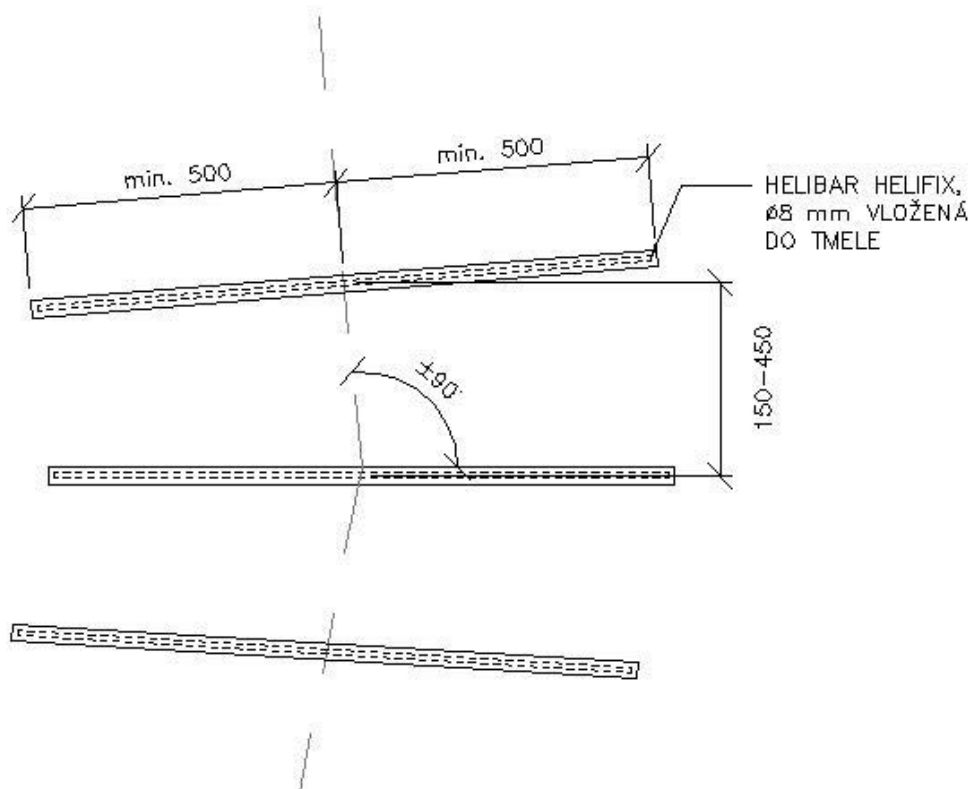
Další trhliny budou sanovány stejným postupem: trhlina v parapetu jižního okna (interiér, exteriér); trhlina v parapetu severního okna (interiér); soubor trhlin v nadpraží vchodu do sakristie; trhliny v severozápadní části presbytáře, u přechodu „presbytář-loď“

Po statickém zajištění bude následovat injektáž trhlin. Injektáž se provede z injektážní cementové malty nebo epoxidové pryskyřice a to podle rozšíření trhliny. Trhliny v šířce 1-3 mm se budou injektovat směsí epoxidové pryskyřice a plnidla z křemičité moučky s maximálním zrnem 0,1 mm v zastoupení 40% ve směsi. Pro trhliny větší než 3 mm bude užito injektážní malty.

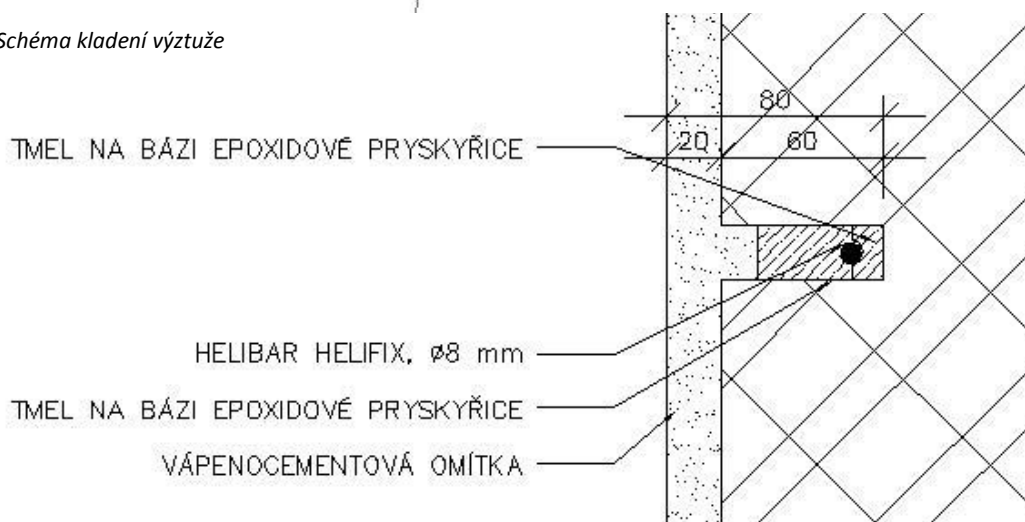
Do trhlin budou provedeny vrty o průměru 10 mm. Injektáže bude probíhat oboustranně, vrty se tedy provedou do hloubky jedné třetiny zdiva, tedy do 200 mm. Do vrtů bude vhaněna pod tlakem 20-60 kPa suspenze. Vzdálenost vrtů závisí na šířce trhliny, pro

trhliny do 1mm se vrtky provádí po 500 mm a v trhlinách nad 1 mm po 600-1000 mm. Doba injektáže jednoho vrtu je pod 20 minut. (Prof. Ing. Jiří Witzany, Ing. Tomáš Čejka, Prof. Ing. Richard Wasserbauer, & Ing. Radek Zigler, 2010)

Dalším krokem bude zatmelení trhlin. Z povrchu trhlin se odstraní poškozená omítka. Trhliny se proškrábnou, aby se odstranil uvolněný materiál a odstraní se nečistoty. Odstraněný materiál se nahradí cementovou maltou do hloubky líce konstrukce zdi. Spáry v omítce se dohodí vápenocementovou maltou a provede se finální začištění.



45 Schéma kladení výztuže



46 Detail uložení výztuže



## 5.2.2 Sanace poruchy na východním průčelí

K sanaci východního průčelí lze použít stejného typu sešití trhlín jako u trhlín v presbytáři. Avšak charakter trhlín zde není úplně stejný. Trhliny se zde tvoří samostatně a k rozvětřování zde dochází méně než u předešlých trhlín. V některých místech dochází k odklonění od svislé osy o více jak 45°. Při vyztužování trhlín je vhodné dodržovat uložení výztuže kolmo k trhlině nebo úhlu se k němu blížícímu. Helikální výztuž se tedy bude ukládat kolmo na trhliny. V tomto směru se budou frézovat také kapsy.

Před začátkem prací se sejme socha umístěná v nice a bude odvezena k restaurování. Sponování se vykoná především z venkovní strany. V interiéru provedení znemožňuje konstrukce kruchty, stropu a krovu. Spony budou v interiéru umístěny jen v podkroví. V interiéru bude dbáno, aby pozice spon byla prostřídána s ohledem na pozice spon venkovních.

Po provedení sponování bude následovat injektáž trhlín. Ta bude probíhat stejně jako v přechozím případě, ale kvůli zhoršenému přístupu z interiéru budou otvory na místech, kde injektáž z interiéru neproběhne, prohloubeny do dvou třetin zdiva.

Po provedení injektáže budou trhliny zatmeleny dle postupu v předchozí sanaci.

## 5.2.3 Sanace poruchy na severní konstrukci stěny lodě kostela

### 5.2.3.1 Sanace poruchy nadpraží západního okna

Porucha nadpraží je způsobena kombinací tahových sil v nadpraží a hroutícího se klenutí. K zachycení tahových trhlín bude opět sloužit helikální výztuž a následné injektování trhlín. K zachycení sil od bortící se klenby bude provedeno vyztužení klenby opět pomocí výztužných šroubovicových prutů. To zajistí opětovné spolupůsobení klenutí s okolní konstrukcí stěny a obnoví činnost klenby bez nutnosti ji bourat a nahrazovat klenbou novou.

Práce budou probíhat následovně. Nejprve se vyřežou kapsy pro vodorovnou helikální výztuž v nadpraží, v interiéru a exteriéru. Bude postupováno stejně jako u předchozích aplikací a taktéž budou dodržena stejná pravidla.

Dále se provede vyztužení klenutí. Do ostění v místě podpory klenutí se vyvrtají otvory ve vzdálenosti 200 mm, tedy v každém ostění tři do hloubky minimálně 500 mm. V místě otvorů se vyřízne drážka přes celou délku podhledu klenutí k protějšímu otvoru. Drážka bude mít stejné parametry jako drážka k ukládání vodorovných prutů. Tedy šířku 10 mm a frézování do hloubky 80 mm. Protože je drážka v podhledu, musí se k ukládání prutů použít trixotropní malty, která umožňuje práci nad hlavou. Po vložení se prut opět zatmelí trixotropní maltou do zhruba 10 mm od líce zdiva. Zbytek bude zahlazen vápenocementovou omítkou při dokončovacích pracích. Ztužení klenby zachycující tahové síly v hmotě klenutí bude provedeno pomocí helikálních výztuží osazených kolmo

k pohledu klenutí. Do předvrtaných otvorů se aplikační pistolí vpraví trixotropní malta a vloží se prut. Hloubka vrtu závisí výšce klenutí, protože je třeba zajistit spolupůsobení v klenutí a stěny nad ním. V tomto případě bude hloubka vrtu 350 mm. Vrty budou provedeny do středu klenutí a do jeho krajů ve třech řadách tak, aby vrty nekolidovali s výztuží v pohledu klenutí.

#### *5.2.3.2 Sanace poruch severozápadního nároží*

Smykové porušení na stěně mezi západním oknem a nárožím se projevuje trhlinami, které se táhnou stěnou pod úhlem 45°. Vzhledem k naklonění trhlín zde bude užito stejné sanační metody jako ve východním průčelí a to sponováním kolmo na trhlinu pomocí helikální výztuže.

#### *5.2.3.3 Sanace poruchy nadpraží východního okna lodi*

Trhlina ve středu nadpraží bude ošetřena sešitím helikální výztuží. Protože rozvětvení svislé trhliny a další dvě trhliny indikují oslabení klenutého nadpraží, bude zde provedeno vyztužení klenutí. Vyztužení bude realizováno stejným způsobem jako u nadpraží okna západního.

Projevy poruchy v interiéru budou sanovány vodorovně kladenou helikální výztuží.

#### *5.2.3.4 Sanace poruch severovýchodního nároží*

V horní části nároží se nacházejí svislé tahové trhliny. Větším projevem této poruchy jsou trhliny v interiéru, především ve východní stěně lodi. Horní část nároží bude proto ztužena. Ztužovat se bude opět systémem z helikální výztuže.

Ze severní strany se do východní zdi vyvrtají otvory průměru 10mm do hloubky 1,5 m, tak aby byla překryta porušená oblast. Vrty budou prováděny po 250 mm ve dvou řadách 200 mm od sebe. Vrty je vhodné provádět pod mírným sklonem cca 15° od svislé roviny dolů a to kvůli snazšímu plnění.<sup>8</sup> Dále se vrty vyplní cementovou zálivkou a osadí se výztuž. Konec výztuže by do zdiva měl být zapuštěn alespoň 60 mm kvůli jejímu krytí. Otvory po vrtech se zahradí vápenocementovou maltou.

Stejným postupem budou osazeny pruty do severní stěny ze strany východní a také v délce 1,5m. Při vrtech musí být dbáno, aby nedošlo ke kolizi s výztuží ze severní strany.

#### *5.2.3.5 Injektáž trhlín*

Po statickém zajištění poruch dojde k jejich injektáži. Injektáž proběhne stejným způsobem jako injektáže trhlín v presbytáři. Do předem připravených otvorů se bude vhnět směs epoxidové pryskyřice s příměsí jemného křemičitého písku nebo injektážní malty. To podle šířky trhliny.

Po injektáži se provede tmelení trhlín a jejich začištění.

---

<sup>8</sup> Pokud by se vrty prováděly kolmo do zdiva, hrozí vylití plniva. Zabránění vylití by se muselo docílit trixotropním plnivem, které oproti cementové zálivce drahé.

## 5.2.4 Sanace poruch na jižní konstrukci stěny lodě kostela

### 5.2.4.1 Sanace poruch kolem západního okna

V nadpraží západního okna je narušené klenutí okna. Klenutí se vyztuží dle stejného postupu jako na stěně východní s tou výjimkou, že zde nebude použito výztuže v podhledu klenutí. Vzhledem k tomu, že porušení není natolik vážné, budou provedeny pouze výztuže kolmé na podhled klenutí.

Trhliny v parapetu budou zajištěny vodorovnou helikální výztuží, stejně jako projevy v interiéru.

### 5.2.4.2 Sanace poruch kolem středního okna

Trhliny jsou především svislého charakteru, budou sanovány vodorovně kladenou helikální výztuží z obou stran konstrukce tak, aby bylo kladení výztuže střídavé. Klenuté nadpraží nejví závažné porušení. Nebude tedy přistoupeno k jeho vyztužení.

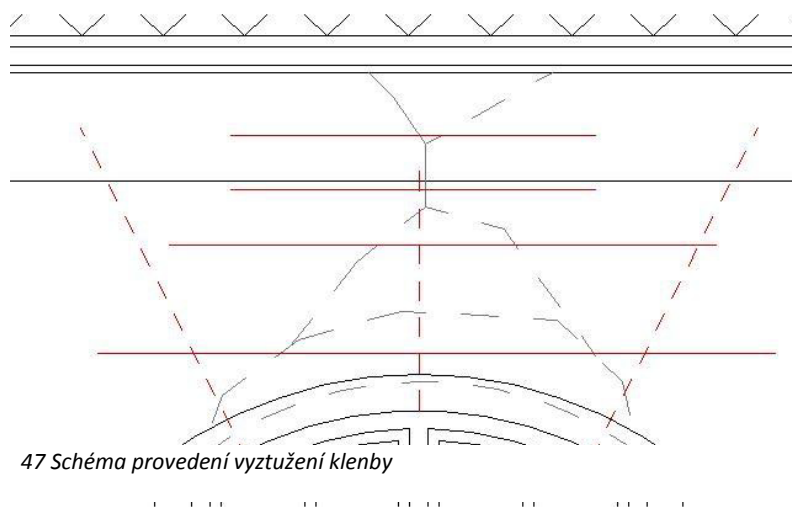
### 5.2.4.3 Sanace poruch kolem východního okna

Trhliny jsou především svislého charakteru, budou sanovány vodorovně kladenou helikální výztuží z obou stran konstrukce tak, aby bylo kladení výztuže střídavé. Stejně jako u středního okna klenuté nadpraží nejví známky vážného poškození, nebude proto vyztužováno.

### 5.2.4.4 Injektáž trhlin

Po statickém zajištění poruch dojde k jejich injektáži. Injektáž proběhne stejným způsobem jako injektáže trhlin v presbytáři. Do předem připravených otvorů se bude vhnět směs epoxidové pryskyřice s příměsí jemného křemičitého písku nebo injektážní malty.

Po injektáži se provede tmelení trhlin a jejich začištění.



## 5.3 SANACE PORUCH DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

### 5.3.1 Sanace poruchy B – poruchy konstrukce krovu

Sanace krovu budou rozděleny na sanační opatření konstrukce krovu nad presbytářem a opatření konstrukce krovu nad lodí. Je tomu proto, že část nad presbytářem bude částečně rozebrána a prvky v ní budou měněny, zatímco v konstrukci nad lodí bude soustava zachována a bude se provádět pouze plombování nebo protězy.

#### 5.3.1.1 Sanační práce – konstrukce krovu nad presbytářem

V prvním kroku budou odstraněny střešní tašky a laťování a to nad celým presbytářem. Tašky, které jsou ve většině případů narušeny degradací, nebudou již sloužit svému účelu. Budou vyhozeny do kontejnerů a odvezeny na místní skládku. Stejně bude naloženo s odstraněným laťováním.

Oplechování věže zvonice bude rovněž sejmuto, odstranění se provede citlivě, aby nedošlo k poruše a oplechování se odveze k restaurování.

Dále se odstraní šikmé krokve nad presbytářem. Začne se trojicí nad východní stěnou, dále se odstraní boční hřebenové a jako poslední krajní v rovině sedla střechy.

Jako další se odstraní dvě dvojice krokví, které jsou osazeny do šikmých krokví tvořící přechod střechy a následně se provede odstranění i této hřebenové šikmé krokve.

V dalším kroku se odebere pozednice společně s vaznými trámy do ní přichycených.

Odstranění vazných trámů proběhne až k trámu nesoucího plnou vazbu.

Dalším úkonem bude odstranění středového a vazného trámu pod plnou vazbou. To bude vyžadovat prozatímní opatření. Betonářskými stojkami se podepře vaznice v místě dalšího vazného trámu. Odeberou se sloupky a vzpěry, které se uskladní v prostorách staveniště na suchém místě, kde se mohou ošetřit a impregnovat. Stejně tak bude naloženo se vzpěrami věže a s jedním sloupem věže. Po odlehčení konstrukce se provede řez cca v jedné třetině rozponu vazných trámů. Stejně tak pozednice se v tomto místě přeřízne a část nad presbytářem bude odstraněna. Po odřezání a odstranění středového trámu a pozednic se odstraní všechny vazné trámy nad obloukem presbytáře a vazný trám pod první východní vazbou.

Po odejmutí prvků se začistí horní povrch zdi. Uvolněné prvky zdiva se odeberou, odstraní se vydrolená malta a uvolněný prvek se zazdí zpět do malty. Po provedených opravách kusového zdiva se cementovým potěrem vytvoří ložné lůžko v tloušťce 40 mm pro osazení vazných trámů. Prostor mezi ložnými spárami pro osazení trámů se pomocí plných pálených cihel dozdí do výšky mezi stávající stěnou a budoucí patou pozednice.

Budou provedeny kopie odejmutých prvků. Kopie se vytvoří ze smrkového dřeva s pevnostní třídou C24. První dojde k osazení vazného trámu pod východní plnou vazbou do připravených kapes.

Vnitřky kapes budou natřeny asfaltovým nátěrem a na dno vlepen asfaltový pás. Dno bude osazeno impregnovanou roznášecí dřevěnou deskou tl. 30 mm. Vkládaný konec vazného trámu bude v délce 600 mm natřen impregnačním nátěrem proti vlhkosti. Další se osadí středový trám, který bude napojen plátovým spojem na původní trám. V přechodu přes kolmý vazný trám budou prvky propojeny rybinovým spojem. Postupně budou osazeny zbývající šikmé trámy. Ty budou kotveny do nových prvků šikmým čepováním. Pozednice se plátovým spojem spojí se stávající pozednicí a šikmými rybinovými se spojí s novými trámy. Pomocí ocelové pásoviny se sváže pozednice s vaznými trámy. Dále může pokračovat navrácení prvků věže a znovu složena plná vazba. Tyto prvky budou napojeny do nových konstrukcí pomocí šikmého čepování. V konečné fázi budou osazeny šikmé krokve.

Odstranění napadení dřevokazným hmyzem v severní části konstrukce bude opět vyžadovat odebrání zavětrování na západní straně věže zvonice a severozápadního sloupu věže. Tyto prvky budou nahrazeny novými. Opět se bude jednat o kopie ze smrkového dřeva pevnostní třídy C24. Příléhající krokev, která je napadena v šířce zhruba 1 m, bude v délce 1,4m od konce uříznuta a odstraněna.

Stejně tak se provede protéza vazného trámu, do kterého je osazeno zavětrování. 0,7m na každou stranu od osy uložení zavětrování se provede řez, prvek se odstraní.

Náhrada vyjmutých prvků bude probíhat takto: Provede se protéza odříznutého vazného trámu. Spoje budou provedeny šikmým plátováním. Dále se osadí kopie sloupu, která se po osazení zavětruje novými prvky. Dále se osadí protéza krokve, která se na jedné straně zasadí do nového sloupu věže a na druhé se provede přeplátování. Spoje budou pojaty stejně jako u předchozího řešení, tedy šikmé rybinovými u překrývajících se prvků a čepy u prvků, jež jsou do sebe zasazeny.

U prvků, které byly napadeny dřevokazným hmyzem a také u prvků k nim přílehlých, se provede chemický nástřik specializovaný na červotočovitě.

Výměnu podstoupí i jižní vzpěra věže zvonice, opět se provede kopie ze smrkového dřeva třídy C24. Výměna proběhne společně s výměnou zavětrování věže zvonice.

Sanace západní části nad presbytářem se uskuteční společně se sanací konstrukce krovu nad lodí. Po dokončení předchozích sanací bude provedeno laťování až do první plné vazby umístěné za západní částí věže. Laťování se prozatímně potáhne plachtou, aby bylo zabráněno zatékání.

### 5.3.1.2 Sanační práce – konstrukce krovu nad lodí

Před začátkem prací se opět sejme střešní krytina společně s laťováním. První budou probíhat práce na východní části lodí, tedy v přechodu střešních rovin. Jak je zmíněno v popisu poruch, šikmá hřebenová krokev je poškozena jak na straně severní, tak jižní. Proveďte se tedy jejich odstranění. Společně s ní budou odebrány krokve, které jsou do ní usazeny. Ty porušené nejsou, budou proto uschovány na pozemcích kostela na suchém místě, kde bude provedena jejich impregnace.

Po odstranění prvků, bude sanace pokračovat opravou vazného trámu v první plné vazbě směrem od východu. Vzhledem k tomu, že bude měněna střední část rámu, provede se prozatímní vyvěšení<sup>9</sup>. V místě 1,5m od osy trámu na každé straně, se přeloží řezaný trám, vynášecím trámem o průměru 150x150mm. Vynášecí trám bude stažen k vazným trámům ocelovými třmeny, uloženými uhlopříčně přes překrytí trámů. Takto zajištěný trám na obou stranách, může být upravován. Proveďte se řez na každé straně v délce 0,7 m od osy trámu. Konce řezu se připraví na osazení protézy, která bude k původnímu prvku připojena šikmým plátováním. Po zajištění spojů, se odeberou vynášecí trámy.

Vedlejší vazný trám není třeba vynášet, není na něm osazena plná vazba. Proveďte se pouze odřez znehodnoceného dřeva stejným způsobem, jako u předchozího trámu, se provede protéza.

Sanace budou pokračovat osazením kopií odebraných prvků v západní části lodě zpět na svá místa. Kopie se opět provedou ze smrkového dřeva pevnostní třídy C24. Po osazení šikmých hřebenových krokví, bude osazena i část s šikmými krokvemi, sejmutá při sanaci krovu nad presbytářem.

Podobně bude postupováno i ostatních částech krovu. Prohnilé vazné trámy na zbytku konstrukce budou nahrazeny protézami.

V částech krovu pod okenními otvory, kde došlo k narušení pozednice, bude shnilá část odebrána a bude provedena plomba. Plomby se vyrobí na míru, dle vyřezané části pozednice. Plomby budou lepeny epoxidovou pryskyřicí a stáhnuty ocelovými svorníky.

Přelomený hambálek ve čtvrté plné vazbě od západu, bude nahrazen stejným prvkem. Aby došlo k obnově spolupůsobení v místě „hambálek-vzpěra“ bude zde umístěn svorník. Vzhledem k tomu, že se porucha dislokace vzpěry od hambálku objevuje na více místech, budou svorníkem opatřeny všechny tyto spoje.

Porušení krokví ve vrcholovém spoji, bude vzhledem k charakteru lokálního porušení přistoupeno k plombování spojů. Jednotlivé krokve, na kterých budou sanace probíhat, se podepřou betonářskými stojkami. Dále se odřezou shnilé kusy a budou nahrazeny na míru vyrobenými plombami. Plomba bude lepena epoxidovou pryskyřicí a následně stažena svorníkem. Rohové spoje ve vrcholu budou opatřeny svorníkem. Je možné, že se při

---

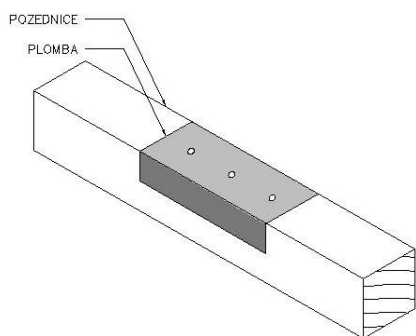
<sup>9</sup> Možné je také podepřít trám ze spodu, avšak výška krovu od podlahy je značná, podepření by bylo složité. Možnost vyvěšení určí výpočet únosnosti okolních trámů.

odřezávání shnilé části vrcholu krokve zjistí větší porušení, které znemožní osazení plomby. V tomto případě, bude provedena protéza. Podepřená krokev se odřízne v místě, kde již nebude oslabena hnilobou a protéza se připojí plátovým spojem s ocelovými svorníky.

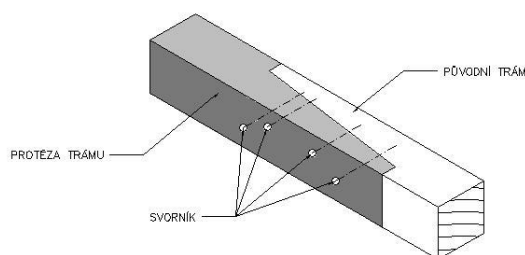
Faktem je, že mnohé poruchy zdiva jsou vyvolané pohybem krokvu převážně v příčném směru. To je způsobeno ochabnutím spojů. Spoje budou proto zesíleny následovně:

- a) Opravením vrcholových spojů krokví a přidáním svorníků se ztuhne spoje ve vrcholu.
- b) Spoje sloupků s vaznými trámy budou osazeny dřevěnými kvádry výšky 100 mm a svorníky přitaženy k vazným trámům.
- c) Již zmíněné ztužení spoje „hambálek-vzpěra“ ocelovými svorníky.
- d) Provede se kontrola ocelových pásovin spojující vazné trámy a pozednici.  
Neaktivní prvky se vymění.

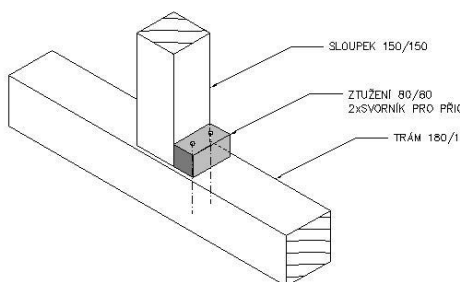
Zmíněné plátované spoje, budou dvojího typu. Krokve a šikmé prvky, budou spojeny šikmým plátováním ztuženým ocelovými svorníky. Spoje vazných trámů, budou plátové rovné s kolmým čelem a svorníky. V případě že nevyhoví, budou zhotoveny příložky nebo se spoj provede pomocí vloženého ocelového plechu zajištěného ocelovými svorníky.



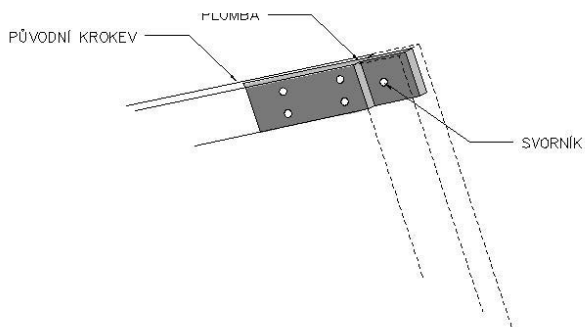
49 Plomba provedená na pozednici



48 Schéma plátového spoje



50 Ztužení sloupku



51 Plomba a spojení krokví

### 5.3.1.3 Sanační práce– Dokončovací práce

Po provedení sanací, se celý krov natře impregnačním nátěrem a v místech, kde bylo zaznamenáno porušení vlivem dřevokazného hmyzu, se provede chemický nástřik specializovaný na červotočovitě.

Zbytek krovu se opatří laťováním a položí se střešní krytina. Ta bude kopií té původní. Tedy keramická bobrovka, červené barvy. Dále se zpět naistaluje zrenovovaný plášť věže<sup>10</sup>. Budou následovat klempířské práce, zahrnující osazení okapových žlabů a svodů, oplechování styku věže s rovinou střechy a oplechování styku západního průčelí s rovinou střechy. Tyto prvky by se nejlépe působily, pokud by byl použit měděný plech. Alternativou je pozinkovaný ocelový plech. Oplechování bude sladěno s opláštěním věže zvonice.

### 5.3.2 Sanace poruchy D – poruchy konstrukce stropu

Trámy, nesoucí stropní konstrukci jsou silně degradované, proto budou odebrány a nahrazeny novými.

Aby bylo odlehčeno konstrukci zdiva, mohou být použity nosníky z lepeného dřeva. Objekt není památkově chráněn, není proto nutné dodržovat původní postupy. Konstrukce stropu navíc není ničím specifická. Profil se zvolí výpočtem.

Práce na konstrukci proběhnou následovně. V půdních prostorech se odebere původní násyp. Dále se z lešení postaveném uvnitř objektu postupně otluče omítka, odebere rákosová rohož a odstraní podbití.

Trámy se začnou odstraňovat od západního průčelí. Trám se podepře, například betonářskými stojkami, a po kusech v délce 1m se bude odřezávat. Ze zdiva se bude vyjímat se zvýšenou opatrností, aby kapsy pro jeho uložení nebyly porušeny. Dále se provede oprava kapsy. Ta spočívá odstranění uvolněného zdiva, odstranění neaktivní malty a opětovné zazdění zdiva. Dále se provede zvětšení kapsy dle výšky profilu. Provede se cementové lože v tloušťce 40 mm, které bude opatřeno asfaltovým nátěrem, na který se vlepe asfaltová páska a uloží impregnovaná dřevěná podložka. Dále se osadí trám, jež bude impregnovaný, a to alespoň v délce 600 mm od líce uložení.

Aby byla zvýšená prostorová tuhost celé konstrukce kostela, budou nosníky opatřeny zedními kleštinami. Tato konstrukce nahradí funkci věnce. Zední kleštiny budou zapuštěny z vnější strany do zdiva a předem připravenými otvory budou kleštiny protaženy do prostoru kapsy. Zde se provede jejich spojení se stropním trámem. Odebrání dalšího trámu bude následovat až po osazení trámu nového.

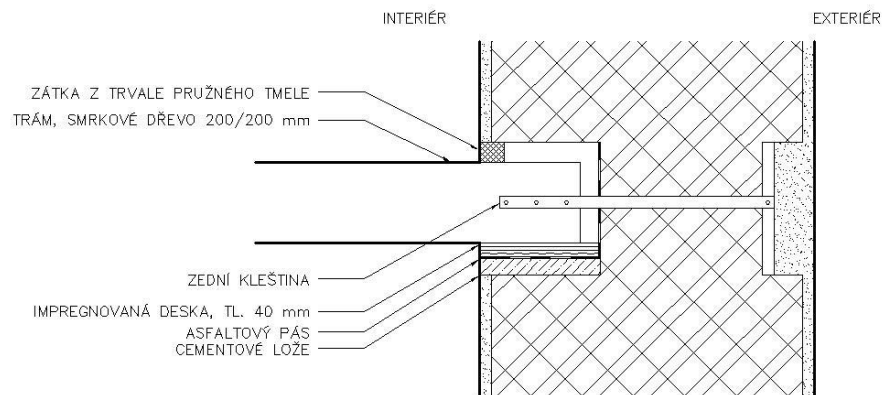
Finální práce bude provedení nové podbití a opatření podbití rákosovou omítkou. Dále se provede násyp z keramzit betonu.

---

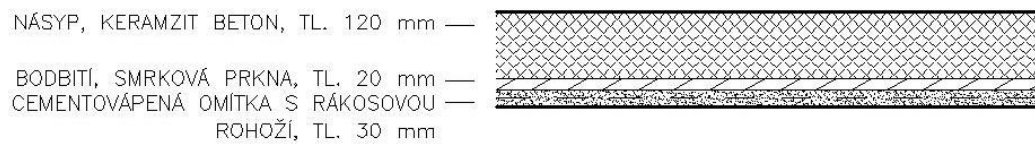
<sup>10</sup> Vhodným řešením by bylo nahradit plášť z ocelového plechu, plechem měděným, jak bylo u kostelů zvykem. Avšak tato úprava je finančně náročná.



Omítnutí stropu se provede vápenocementovou omítkou na rákosovou rohož. Budou vytvořeny stejné fabiony, jako byly původní.



52 Detail uložení trámu



53 Skladba stropu

## 5.3 SANACE OSTATNÍCH PORUCH

### 5.3.1 Sanace vlhkosti

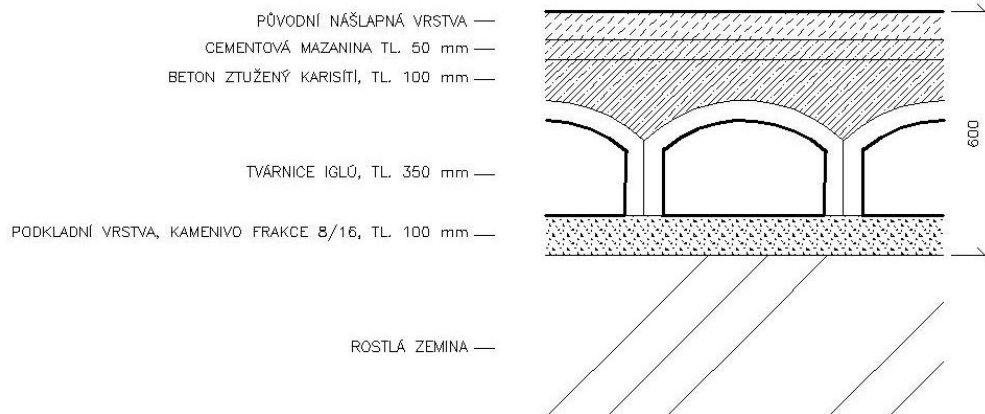
Vzlínající vlhkost do zdiva je způsobena zatékáním v oblasti střechy to především v interiéru. Dalším důvodem je absence okapových žlabů a svodů a také okapového chodníku. Voda stéká ze střešní krytiny přímo do zeminy, která přiléhá ke zdivu. Zde není řešeno žádné odvodnění, tak dochází k vzlínání vlhkosti do zdiva. Po zabránění přístupu vody vhodným odvodněním, by vlhkost neměla dále vzlínat do konstrukcí. K zabránění stékání vody ke konstrukci budou sloužit okapové žlaby a svody, osazené při dokončovacích pracích na krovu.

Aby bylo zabráněno kumulaci vlhkosti v zemině přiléhající ke stěnám, provede se kolem objektu drenáž.

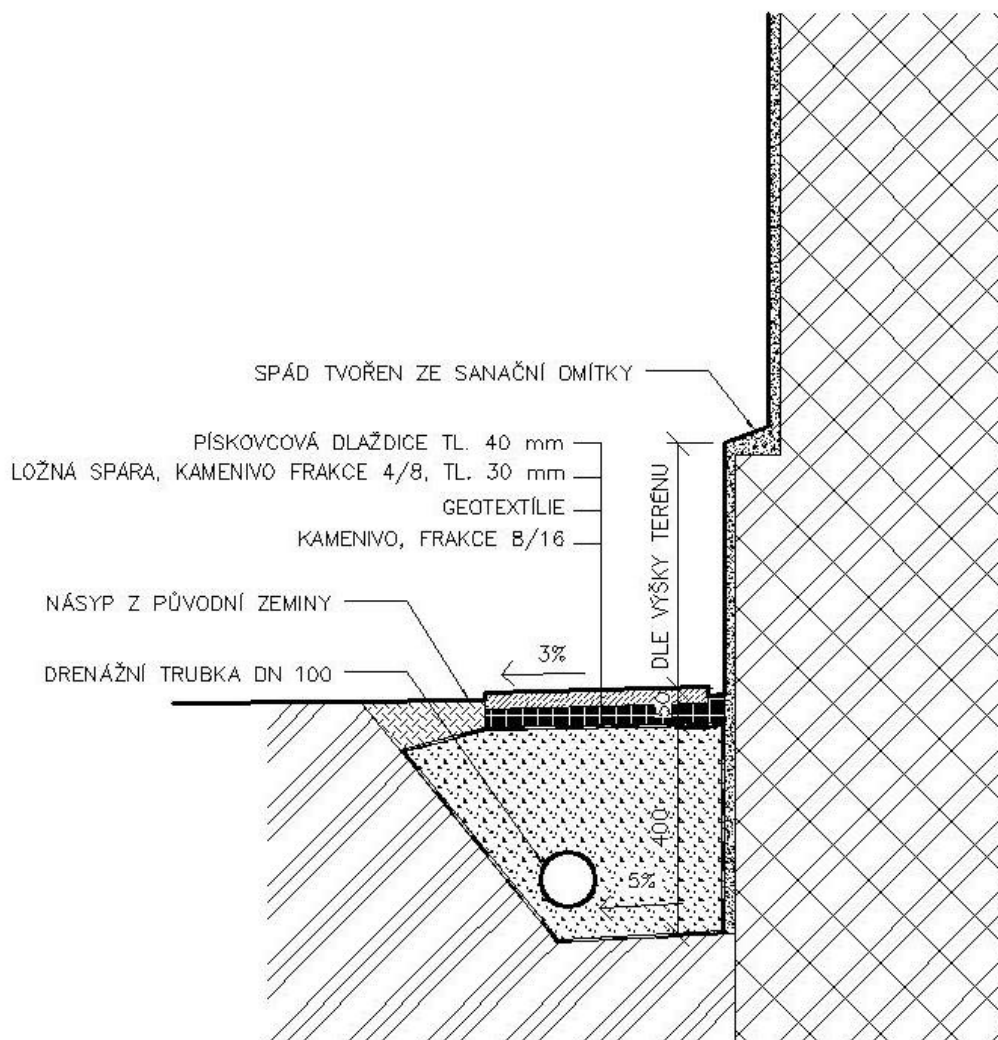
V prvním kroku se provede osekání omítek na nosné zdivo ve výšce, kam dosahuje vlhkost. V tomto případě jde o výšku 1500 mm od hranice terénu. Osekání se provede také v interiéru a to v té samé výšce. Kolem objektu se provede výkop v šířce zhruba 300 mm a hloubce přibližně 400 mm. Je důležité, aby dno výkopu klesalo společně se zeminou a svahování dna výkopu se provedlo směrem od stěn, ve sklonu cca 5%. Do výkopu se vloží geotextilie a dno se vysype kamenivem frakce 8/16 mm v mocnosti 100 mm. Do výkopu se uloží drenážní trubka. Pod okapové svody bude k trubce připojena tvarovka, sloužící pro sběr, kontrolu a proplachování drenáže, do které bude okapový svod nasměrován.

Drenáží bude odvedena k severovýchodnímu opěráku, kde se nachází nejnižší místo pozemku. Zde bude opět osazena čistící tvarovkou a svedena směrem po spádu několik metrů, kde voda bude prosakovat volně do zeminy. Sokl se nahodí sanační omítkou a ukončení soklu se provede ve spádu, aby se zde nezadržovala voda. Jako okapový chodník se použijí dlaždice z pískovce.

Jako další opatření proti hromadící se vlhkosti, bude realizována odvětrávaná podlaha systémem iglú. Provede se odebrání nášlapných vrstev podlahy a uskladní se na suchém místě na pozemku kostela. Dále se provede odtěžení podkladních vrstev do hloubky 600 mm. Na dno výkopu bude udělán násyp kameniva frakce 8/16, v tloušťce 100 mm. Dále se osadí po celém půdorysu tvarovky iglú. Do severní a jižní zdi se provedou jádrové vrty o průměru 130 mm. Do nich se osadí PVC trubky o průměru 120 mm, které budou vyvedeny nad terén a budou zasekány ve zdivu. Na severní straně se trubky vyvedou 500 mm nad terén, na jižní pak 1500 mm. To proto, aby byl zajištěn přirozený průchod vzduchu. Na tvarovky se položí kari síť a překryje se betonem C16/20 v tloušťce 100 mm. Po zaschnutí se provede pokládka cihlové a pískovcové nášlapné vrstvy do cementového lože tloušťky 25 mm. Dále se zakryjí vysekané kapsy s vedením větracích trubek vápenocementovou maltou a vývody trubek se osadí mřížkami z komaxitované oceli. Omítek zbavená místa budou omítnuty speciální sanační omítkou pro vlhká zdiva, aby docházelo k odpařování vodních par.



55Skladba Podlahy



54Detail provedení drenáže

### 5.3.2 Oprava sakristie

Sanačních prací na sakristii nebude příliš. Půjde především o nové konstrukce. Jediné, co bude zachováno, je zděné torzo.

Odstraní se původní spadlé konstrukce stropu a krovu a oseká se stávající omítka. Ze zdi se odebere uvolněný materiál, který bude očištěn. Po odebrání veškerého uvolněného materiálu bude konstrukce dozděna zpět do své výšky za pomoci původního materiálu či přidávaných pálených cihel. Zdivo se zarovná cementovou maltou.

Konstrukce zastřešení se provede nová. Pultová střecha se sklonem 10° bude uložena na pozednicích. Na severní straně se pozednice usadí na upravenou stěnu, na jižní straně se pro tento účel zvýší výška dvou zděných pilířů, které jsou zde již pro tento účel připraveny. Na pozednice se osadí krokve. Východní a západní stěny sakristie budou dozděny dle sklonu střechy. Provede se laťování a položí se krytina. Na východní a západní části střechy se zhotoví oplechování. Ukončení střechy v severní části sakristie bude zhotoveno pomocí římsy, stejně jako v případě objektu kostela.

V prostoru interiéru se na krokve vypracuje rošt a osadí se prkenné podbití. To bude opatřeno rákosovou rohoží a nahozeno vápenocementovou omítkou.

Podlaha, stejně jako v objektu kostela, bude odtěžena do hloubky 600 mm a bude zde zrealizována skladba podlahy s iglú tvarovkami. Nášlapná vrstva bude provedena z cihel kladených naostro do cementového potěru.

### 5.4 DOKONČOVACÍ PRÁCE

Vykonají se opravy vzniklé při sanačních pracích. Opraví se klenutí pod střechou. Sejme se původní omítka kostela na místech, kde je porušena. Vzhledem k četnosti poruch je možné, že omítka bude sejmuta na celém objektu. Po sejmutí původní omítky se vápenocementovou maltou zapraví zásahy do zdiva, jako jsou kapsy pro osazení helikální výztuže a injektované trhliny. Dále se objekt nahodí vápenocementovou omítkou.

V místech, kde byla indikována vlhkost, se provede omítnutí ze speciální sanační omítky. Jde o celou délku soklu a zdivo cca 1,5 m nad ním. Dále bude vhodno nahodit touto omítkou také objekt sakristie. V dalším kroku se provede štukování omítky. Štukováním se vytvoří plastické prvky na fasádě, jako jsou šambrány. Barevnost fasády zachová barokní styl, do kterého byl kostel v 19. století stylizován. Fasády budou okrové RAL 1018, šambrány se provedou v tmavším okru RAL 1021. Důležité je, aby štuk a malba, které budou použity na speciální sanační omítku, byly taktéž sanační a nedošlo tak k znehodnocení omítky.

Zrealizuje se restaurování dveří a oken. Okenní výplně v presbytáři budou nahrazeny kopiemi. Dále se vymění stávající výplň volských ok ve střechě. Okenní otvory v lodi a presbytáři budou osazeny parapety. Pokud budou na objektu pojaty klempířské práce v měděném plechu, přistoupí k parapetům ze stejného materiálu. Jestliže se zvolí pozinkovaný ocelový plech, parapety se provedou stejně. Alternativou jsou kamenné parapety, například z pískovce, ve stejném provedení jako okapový chodník.

V interiéru se uskuteční shození omítek. Stejně jako v exteriéru budou i zde použity dva typy omítek. Sanační a obyčejná a to dle stavu nahazovaného zdiva. U stropu se při štukování provede kopie římsy. Vykoná se odborné restaurování kruchty a oltáře.

## 6. POSTUP PROVÁDĚNÍ SANACÍ

Dále bude bodově popsán postup sanací tak, jak budou v časovém období prováděny.

- 1) Vystavění lešení uvnitř lodi a presbytáře. Odebrání násypu stropu a odstranění omítek, rákosových rohoží a podbití. Postupná náhrada stropních trámů.
- 2) Osazení lešení kolem presbytáře. Odstrojení střešní krytiny a laťování nad presbytářem a odebrání prvků konstrukce krovu nad zalamovanou stěnou presbytáře. Po odstrojení se provede provizorní zaplachtování.
- 3) Vyzdění nových kleneb a provedení sepnutí zděné konstrukce presbytáře.
- 4) Sanační práce na severovýchodním opěráku, včetně obetonování. Výkop se prozatímně odvodní nebo zakryje do doby provedení drenáže, aby nebyl vystaven podnebním vlivům.
- 5) Dokončení sanačních prací na krovu nad presbytářem. Osazení laťováním a překrytí plachtou východní částí nad presbytářem. Souběžně může probíhat sponování a injektáž trhlin na presbytáři.
- 6) Provádění sanací krovu nad lodí. Po skončení budou zrealizovány dokončovací práce střechy.
- 7) Sanační práce na sakristii.
- 8) Sponování trhlin, vyztužování kleneb a injektáže na zděných konstrukcích lodi.
- 9) Provedení drenáže a odvětrání podlahy.
- 10) Dokončovací práce.

## 7. STATICKÝ VÝPOČET VYBRANÉHO PROBLÉMU

Statický výpočet byl proveden pro konstrukci krovu presbytáře a stropních trámů.

## Zatížení větrem

### Rychlost větru

Větrná oblast II

$$v_{b,0} = 25,0 \quad \text{m/s}$$

### 1. Základní rychlost větru

$$c_{\text{dir}} = c_{\text{season}} = 1$$

$$v_b = v_{b,0} = 25,0 \quad \text{m/s}$$

### A) Střecha

### 2. Charakteristická střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) c_0(z) v_b$$

$$\text{součinitel orografie } c_0(z) = 1$$

výška objektu

$$z = 4 \quad \text{m}$$

kategorie terénu: II

$$\text{součinitel drsnosti terénu } c_r(z)$$

$$z_0 = 0,05 \quad \text{m}$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0)$$

$$z_{\text{min}} = 2 \quad \text{m}$$

$$c_r(z) = 0,842$$

$$k_r = 0,190$$

$$v_m(z) = 21,046 \quad \text{m/s}$$

---

---

### 3. Maximální dynamický tlak

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$$k_1 = 1$$

$$I_v(z) = k_1 / (c_0(z) \cdot \ln(z/z_0))$$

$$I_v(z) = 0,226$$

$$q_p(z) = 714,214 \quad \text{Pa}$$

---

---

### 4. Součinitelé tlaků a sil

Pro střešní plášť budou použity součinitele  $c_{pe,10}$

## 5. Tlak větru

Tlak větru působící na vnější povrchy

$$w_e = q_p \cdot (z_i) \cdot c_{pe}$$

Tlak větru působící na vnitřní povrchy

$$w_e = q_p \cdot (z_i) \cdot c_{pi}$$

## 6. Součinitele tlaku pro pozemní stavby a výsledné zatížení

Zatěžovací stav 1. - tak větru rovnoběžně se sklonem střechy

$F_1 =$	-1,30	$w_{eF1} =$	-1,195	kN/m <sup>2</sup>
$G_1 =$	-1,00	$w_{eG1} =$	-0,919	kN/m <sup>2</sup>
$H_1 =$	-0,45	$w_{eH1} =$	-0,413	kN/m <sup>2</sup>

Zatěžovací stav 2. - tak větru rovnoběžně se sklonem střechy

$F_2 =$	0,10	$w_{eF2} =$	0,092	kN/m <sup>2</sup>
$G_2 =$	0,10	$w_{eG2} =$	0,092	kN/m <sup>2</sup>
$H_2 =$	0,10	$w_{eH2} =$	0,092	kN/m <sup>2</sup>

Zatěžovací stav 1. - tak větru kolmo na sklon střechy

$F_{3,up} =$	-2,25	$w_{eF3} =$	-2,067	kN/m <sup>2</sup>
$F_{3,low} =$	-1,85	$w_{eF3} =$	-1,700	kN/m <sup>2</sup>
$G_3 =$	-1,85	$w_{eG3} =$	-1,700	kN/m <sup>2</sup>
$H_3 =$	-0,70	$w_{eH3} =$	-0,643	kN/m <sup>2</sup>
$l_3 =$	-0,60	$w_{el3} =$	-0,551	kN/m <sup>2</sup>

Tlak větru rovnoběžně se sklonem střechy v opačeném směru nebyl započítán. Touto stranou skaristie přiléhá ke kostelu.

### **Zatížení sněhem**

Sněhová oblast I

$$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

$$s = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k$$

charakter krajiny: **normální typ krajiny**

$$c_e = 1$$

teplený součinitel

$$c_t = 1$$

tvarový součinitel - sakristie (10°)

$$\mu = 0,800$$

### **Výsledné zatížení**

$$s = 0,560 \text{ kN/m}^2$$

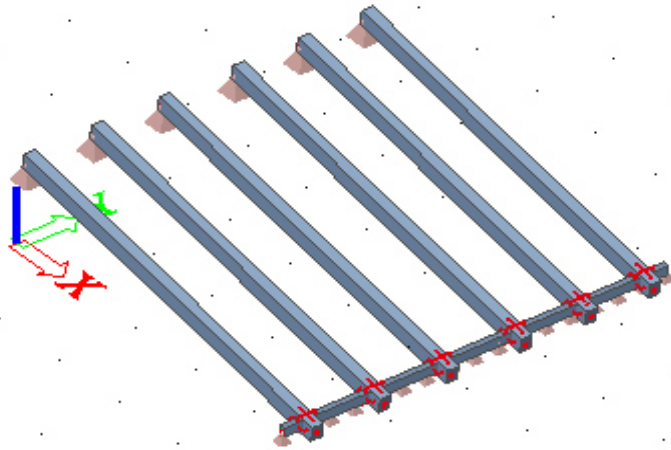
### **Stálé zatížení**

Střešní plášť

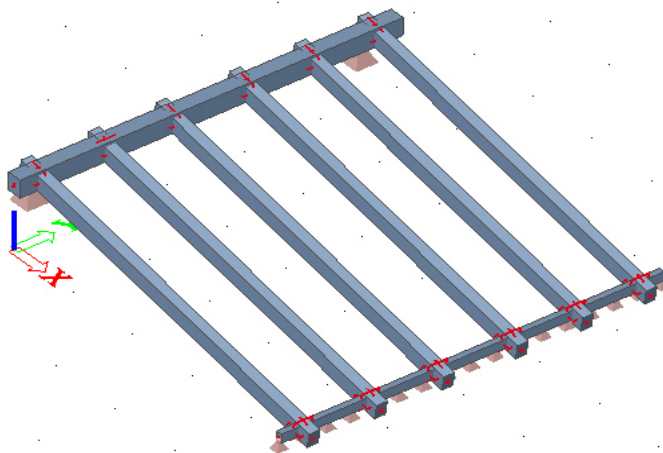
Název	kN/m <sup>3</sup>	tl. [m]	G <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	G <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	γ
Střešní taška+laťování	-	-	0,550	0,743	1,35
Celkem			0,550	0,743	
Podhled					
Název	kN/m <sup>3</sup>	tl. [m]	G <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	G <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	γ
Prkenné podbití (smrk)	5	0,02	0,1	0,135	1,350
Vápeno-cementová omítka s výztuží	20	0,03	0,6	0,810	1,350
Celkem			0,700	0,945	
<b>Stále zatížení celkem</b>			<b>1,250</b>	<b>1,688</b>	

Užitné zatížení pro pro nepřístupné střechy **q<sub>k</sub> = 0,75 kN/m<sup>2</sup>**





Model konstrukce pro krokve



Model konstrukce pro pozednici

## MSÚ

Pro výpočet vnitřích sil bude konstrukce zatížena kombinacemi:

$$1) \gamma_g g_k + \gamma_q q_{\text{snih}} + \gamma_q q_{\text{vitr}} \psi_{0,\text{vitr}} + q_k \gamma_q \psi_{0,\text{užitné}}$$

$$2) \gamma_g g_k + \gamma_q q_{\text{vitr}} + \gamma_q q_{\text{snih}} \psi_{0,\text{snih}} + q_k \gamma_q \psi_{0,\text{užitné}}$$

$$3) \gamma_g g_k + \gamma_q q_k + \gamma_q q_{\text{vitr}} \psi_{0,\text{vitr}} + q_{\text{snih}} \gamma_q \psi_{0,\text{snih}}$$

$$\gamma_g = 1,35 \quad \gamma_q = 1,5 \quad \psi_{0,\text{vitr}} = 0,6 \quad \psi_{0,\text{snih}} = 0,5 \quad \psi_{0,\text{užitné}} = 0$$

pro zatížení větrem bude užito třech zatěžovacích stavů výsledkem, je tedy 9 kombinací

### Krovkev

Rozměry

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$b = 140 \text{ mm}$$

Ohyb

$$\sigma_{m,d} = M_{ED} / W_y < f_{m,d}$$

$$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$$

$$W_y = 933333 \text{ mm}^3$$

$$M_{ED} = 7,5 \text{ kNm}$$

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot (f_{mk} / \gamma_m)$$

pro rostlé dřevo C24, ve třídě 2

$$f_{mk} = 24 \text{ MPa}$$

$$k_{\text{mod}} = 0,8$$

$$\gamma_m = 1,3$$

$$f_{m,d} = 14,769 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = 8,036 \text{ MPa}$$

**Vyhovuje**

$$V_{ED} = 6,61 \text{ kN}$$

Smyk

$$\tau_{vd} = (3/2) \cdot V_{ed} / (h \cdot b \cdot k_{cr}) < f_{v,d}$$

$$f_{vd} = k_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_m$$

$$K_{mod} = 0,8$$

$$f_{vk} = 4 \text{ MPa}$$

$$\gamma_m = 1,3$$

$$f_{vd} = 2,462 \text{ MPa}$$

$$\tau_{vd} = 0,529 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Ohyb a vzpěr

$$N_{ED} = 2,30 \text{ kN}$$

$$\sigma_{e,o,d} = N_{ed} / A$$

$$\sigma_{m,d} = M_{ed} / W_y$$

$$\sigma_{m,d} = 8,036 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} / f_{mk} + \sigma_{e,o,d} / k_c \cdot f_{c,o,c} < 1$$

$$i_y = 0,058$$

$$l = 4,500 \text{ m}$$

$$\lambda = L_{cr} / i \quad L_{cr} = L = 4,5 \text{ m}$$

$$\lambda = 77,942$$

$$E_{0,05} = 7,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot E_{0,05} / \lambda^2$$

$$s_{c,crit} = 12,022$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{f_{ck} / \sigma_{c,crit}}$$

$$\lambda_{rel} = 1,322$$

$$k = 0,5 \cdot (\beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2)$$

$$k = 1,476$$

$$f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = (f_{c,0,k} / \gamma) \cdot k_{mod}$$

$$k_c = [k + \sqrt{(k^2 - \lambda_{rel}^4)}]^{-1}$$

$$k_c = 0,469$$

$$f_{c,0,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} / f_{mk} + \sigma_{e,o,d} / k_c \cdot f_{c,0,c} < 1$$

$$0,347$$

<

$$1$$

**VYHOVUJE**

průhyby ze softwaru Scia

$$k_{def} = 0,8$$

$$l = 4,550 \text{ m}$$

$$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$$

$$W_y = 1920000 \text{ mm}^3$$

$$M_{ED} = 19,9 \text{ kNm}$$

## MSP

### Průhyb

#### Průhyb od jednotlivých zatížení

$$w_{inst,g} = 6,19 \text{ mm}$$

$$w_{inst,vitr} = 0,41 \text{ mm}$$

$$w_{inst,snih} = 1,91 \text{ mm}$$

$$w_{inst,užitné} = 2,79 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{fin,g} + w_{fin,vitr} + w_{fin,snih} + w_{fin,užitné}$$

$$w_{fin} = w_{inst,g} (1 + k_{def}) + w_{inst,vitr} (\psi_{1,vitr} + \psi_{2,vitr} k_{def}) + w_{inst,snih} (\psi_{1,snih} + \psi_{2,vitr} k_{def}) + w_{inst,užitné} (1 + \psi_{2,užitné} k_{def})$$

$$\psi_{1,vitr} = 0,6$$

$$\psi_{1,snih} = 0,5$$

$$\psi_{2,užitné} = 0$$

$$\psi_{2,vitr} = 0$$

$$\psi_{2,snih} = 0$$

$$w_{fin} = 15,133 \text{ mm}$$

$$w_{fin,lim} = l / 250$$

$$w_{fin,lim} = 18,200 \text{ mm}$$

$$w_{fin,lim} > w_{fin}$$

Vyhovuje

### Pozednice

#### Rozměry

$$h = 240 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

#### Ohyb

$$\sigma_{m,d} = M_{ED} / W_y < f_{m,d}$$

$$F_{m,d} = k_{mod} \cdot (f_{mk} / \gamma_m)$$

pro rostlé dřevo C24, ve třídě 2

$$f_{mk} = 24 \text{ MPa}$$

$$k_{mod} = 0,8$$

$$\gamma_m = 1,3$$

$$f_{m,d} = 14,769 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = 10,365 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$V_{ED} = 19,30 \text{ kN}$$

### Smyk

$$\tau_{vd} = (3/2) * V_{ed} / (h * b * k_{cr}) < f_{v,d}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * f_{vk} / \gamma_m$$

$$K_{mod} = 0,8$$

$$f_{vk} = 4 \text{ MPa}$$

$$\gamma_m = 1,3$$

$$f_{v,d} = 2,462 \text{ MPa}$$

$$\tau_{vd} = 0,900 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### Průhyb

#### Průhyb od jednotlivých zatížení

$$w_{inst,g} = 6 \text{ mm}$$

$$w_{inst,vitr} = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_{inst,snih} = 2,3 \text{ mm}$$

$$w_{inst,užitné} = 2,8 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{fin,g} + w_{fin,vitr} + w_{fin,snih} + w_{fin,užitné}$$

$$w_{fin} = w_{inst,g} (1 + k_{def}) + w_{inst,vitr} (\psi_{1,vitr} + \psi_{2,vitr} k_{def}) + w_{inst,snih} (\psi_{1,snih} + \psi_{2,vitr} k_{def}) + w_{inst,užitné} (1 + \psi_{2,užitné} k_{def})$$

$$k_{def} = 0,8$$

$$\psi_{1,vitr} = 0,6 \quad \psi_{1,snih} = 0,5 \quad \psi_{2,užitné} = 0$$

$$\psi_{2,vitr} = 0 \quad \psi_{2,snih} = 0$$

$$w_{fin} = 14,93 \text{ mm}$$

$$l = 4,500 \text{ m}$$

$$w_{fin,lim} = l / 300$$

$$w_{fin,lim} = 15,000 \text{ mm}$$

$$w_{fin,lim} > w_{fin} \text{ Vyhovuje}$$

## Stropní trám

Stálé zatížení

Název	kN/ m <sup>3</sup>	tl. [m]	g <sub>k</sub> [kN/ m <sup>2</sup> ]	g <sub>d</sub> [kN/ m <sup>2</sup> ]	γ <sub>m</sub>
Keramzit bet.	6	0,12	0,720	0,972	1,35
Prkenné podbití (smrk)	5	0,02	0,1	0,14	1,35
Vápenocem. omítka s výztuží	18	0,03	0,54	0,73	1,35
<b>Celkem</b>			<b>1,360</b>	<b>1,836</b>	

Užitné zatížení bude zvoleno stejně jako u střechy q<sub>k</sub> = 0,75  
Podkroví je nepřístupné, bude sloužit pozue pro přístup údržby.

## **MSÚ**

Rozměry

$$h = 300 \text{ mm}$$
$$b = 200 \text{ mm}$$

Stropní trám bude uložen prostě, na  
rozpon 8,28 m

$$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$$

$$W_y = 3000000 \text{ mm}^3$$

$$M_{ED} = 27,3 \text{ kNm}$$

Ohyb

$$\sigma_{m,d} = M_{ED} / W_y < f_{m,d}$$

$$F_{m,d} = k_{mod} \cdot (f_{mk} / \gamma_m)$$

pro rostlé dřevo GL28c, ve třídě 2

$$f_{mk} = 28 \text{ MPa}$$

$$k_{mod} = 0,8$$

$$\gamma_m = 1,3$$

$$f_{m,d} = 17,231 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = 9,093 \text{ MPa}$$

**Vyhovuje**

Snyk

$$\tau_{vd} = (3/2) \cdot V_{ed} / (h \cdot b \cdot k_{cr}) < f_{v,d}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_m$$

$$k_{mod} = 0,8$$

$$f_{vk} = 2,7 \text{ MPa}$$

$$\gamma_m = 1,3$$

$$f_{v,d} = 1,662 \text{ MPa}$$

$$\tau_{vd} = 0,496 \text{ MPa}$$

**Vyhovuje**

$$V_{ED} = 13,30 \text{ kN}$$

průhyby ze softwaru Scia

$$k_{\text{def}} = 0,8$$

$$l = 8,280 \text{ m}$$

## MSP

### Průhyb

#### Průhyb od jednotlivých zatížení

$$w_{\text{inst},g} = 18,1 \text{ mm}$$

$$w_{\text{inst},\text{užitné}} = 8,7 \text{ mm}$$

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{fin},g} + w_{\text{fin},\text{užitné}}$$

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{inst},g} (1 + k_{\text{def}}) + w_{\text{inst},\text{užitné}} (1 + \psi_{2,\text{užitné}} k_{\text{def}})$$

$$\psi_{2,\text{užitné}} = 0$$

$$w_{\text{fin}} = 41,28 \text{ mm}$$

---

---

$$w_{\text{fin},\text{lim}} = l / 200$$

$$w_{\text{fin},\text{lim}} = 41,400 \text{ mm}$$

---

$$w_{\text{fin},\text{lim}} > w_{\text{fin}} \quad \text{Vyhovuje}$$

## 8. ZÁVĚR

Průzkum prokázal, že je kostel ve velmi špatném stavu. Hlavním problémem jsou nezajištěné síly, které jsou vyvolané krovem. Ty způsobují poruchy na konstrukcích zdiva. Zajištěním krovu a zajištění poruch ve zdivu se tento problém vyřeší.

Nejdůležitější sanací, hned po pracích na krovu, bude zajištění konstrukce presbytáře, jelikož hrozí její přímý kolaps. Dále je nutné zajistit odlomenou patu opěráku, která konstrukci presbytáře podpírá. Tato opatření jsou nutná pro záchranu konstrukce.

Vzhledem k tomu, že nejde o památkově chráněný objekt, není při sanacích brán zřetel na zachování původních postupů. Je tedy užito ocelových svorníků při ztužování konstrukce krovu. Také na stropní konstrukci je užito moderního materiálu, a to lepeného dřeva. To především proto, že hranol z rostlého dřeva na rozpon 8,28 a při maximálních rozměrech 240x200 mm nevyhoví.

Po dokončení konstrukčních sanací budou na kostele provedeny dokončovací práce. Barevnost bude ctít provedení v barokním stylu.

Záchrana kostela sv. Kateřiny je stále možná, i bez větších zásahů do konstrukcí a nahrazování materiálů. Po zajištění nebezpečných poruch lze obnovit provoz v kostele a jeho další fungování.

## 9. PŘÍLOHY

Výkresy A – Stávající stav

Výkresy B – Výkresy poruch

Výkresy C – Výkresy Sanací



## 10. SEZNAM LITERATURY A ZDROJŮ

### **Knižní zdroje**

POCHE, E. a kol. (1978). *Umělecké památky Čech: K/O. Svazek II.* Praha: Academia.

WITZANY, Jiří a kol.(2010). *PDR - Poruchy, degradace a rekonstrukce.* Praha: České vysoké učení technické v Praze.

### **Internetové zdroje**

FOŘTOVÁ, Kristýna, *Sanace historických objektů* [online]. Základové konstrukce [cit. 10.11.2017], Dostupné na: <http://case-studies.webnode.cz/historicke-konstrukce/zakladani/>

### **Doplňkové podklady**

Technické listy a návody na stránkách firmy MonoStrand

Technické listy a návody na stránkách firmy Helifix

### **Normy**

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. 1. Český

ČSN EN 1991-1-3 ed. 2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. 2. Český normalizační institut, 2013.

ČSN EN 1991-1-4 ed. 2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. 2. Český normalizační institut, 2013.

ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby