



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Zhlaví dřevěných trámů – ověření metod preventivního ošetření

Wooden beam ends – verification of preventive treatment methods

Diplomová práce

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc.

Bc. Martin Siblík

Praha 2018

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Siblík** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **410066**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra konstrukcí pozemních staveb**
Studijní program: **Budovy a prostředí**
Studijní obor: **Budovy a prostředí**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Zhlaví dřevěných trámů - ověření metod preventivního ošetření

Název diplomové práce anglicky:

Wooden beam ends - verification of preventive treatment methods

Pokyny pro vypracování:

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc., katedra konstrukcí pozemních staveb FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **02.10.2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **07.01.2018**

Platnost zadání diplomové práce: _____

prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Alena Kohoutková, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 7. 1. 2018

.....

Bc. Martin Siblík

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce panu prof. Ing. Janu Tywoniakovi, CSc. za odborné vedení, podnětné rady a připomínky při konzultacích této diplomové práce.

Anotace:

Tato diplomová práce se věnuje problematice dodatečného ošetření zhlaví dřevěných trámů ve stropních konstrukcích jako ochrany před působením vlhkosti a následným napadením dřevokaznými houbami a mikroorganismy. Praktická část se věnuje simulaci proveditelnosti chemického ošetření povrchu trámu v reálných podmínkách pomocí modelů ve skutečných velikostech.

Klíčová slova

Zhlaví stropních trámů, vnitřní zateplení, dodatečné ošetření dřeva, vlhkost v konstrukci

Abstract:

This thesis focuses on the topic of the possible treatment methods for wooden beam ends against humidity and following wood-decay fungus and microorganism attacks. The practical part is a simulation of feasibility of chemical treatment on the surface of the beam. The experiment is carried out in realistic conditions and with a model beam of real dimensions.

Key words

Wooden beam ends, interior insulation, additional treatment of wood, relative humidity in the structure

Obsah

1	Úvod.....	- 8 -
	TEORETICKÁ ČÁST.....	- 9 -
2	Způsoby dodatečného zateplování budov.....	- 9 -
2.1	Vnější zateplovací systém	- 9 -
2.1.1	Výhody vnějšího zateplovacího systému.....	- 9 -
2.1.2	Nevýhody vnějšího zateplovacího systému.....	- 10 -
2.2	Vnitřní zateplovací systém	- 10 -
2.2.1	Výhody vnitřního zateplovacího systému	- 10 -
2.2.2	Nevýhody vnitřního zateplení.....	- 10 -
3	Rizika dodatečného zateplení	- 11 -
3.1	Průběh teplot v konstrukci.....	- 11 -
3.2	Kondenzace vodní páry	- 12 -
3.3	Tepelná akumulace a tepelná setrvačnost.....	- 13 -
3.4	Tepelné mosty	- 13 -
4	Systémy a způsoby vnitřního zateplení	- 14 -
4.1	Difuzně uzavřené systémy.....	- 15 -
4.2	Difuzně otevřené systémy	- 15 -
5	Dřevěné stropy.....	- 16 -
5.1	Trámový strop	- 16 -
5.2	Fošnový strop	- 17 -
6	Historické stavební předpisy 19. století.....	- 18 -
7	Dřevokazné houby a plísně.....	- 19 -
8	Teplotní a vlhkostní pole zhlaví trámů	- 23 -
9	Důvody a možnosti chemické ochrany zhlaví trámů.....	- 26 -

PRAKTICKÁ ČÁST	- 28 -
10 Vlastní průzkum staveb.....	- 28 -
11 Model uložení stropního trámu	- 44 -
12 Rizika při aplikaci impregnace.....	- 52 -
13 Možné ztížení podmínek při impregnaci zhlaví.....	- 54 -
13.1 Nepřístupné zhlaví	- 54 -
13.2 Uhnilé zhlaví trámů	- 55 -
14 Závěr	- 58 -
Seznam použité literatury	- 59 -
Seznam obrázků	- 62 -
Seznam tabulek	- 64 -

1 Úvod

V posledních letech se často setkáváme s požadavkem na snížení energetické náročnosti stavby, a to nejen u novostaveb, ale také u staveb stávajících. Jedním z hlavních cílů je snaha o snížení potřeby tepla na vytápění. Tohoto účinku lze docílit, mimo jiné, také zlepšením tepelně technických vlastností obálky budovy. Nejčastějším způsobem je použití vnějšího zateplovacího systému. Avšak u budov historické hodnoty, které spadají pod památkovou ochranu Národního památkového ústavu, u kterých je například požadováno zachování vnějšího vzhledu fasády, by byla realizace velmi komplikovaná a v případech, kdy je požadováno i zachování původních materiálů, je realizace vnějšího zateplovacího systému nemožná. V těchto případech se nabízí použití vnitřních zateplovacích systémů. Které mají však svá úskalí a rizika na zhlaví stropních trámů.

V této diplomové práci se budu zabývat možnostmi aplikace dodatečného ošetření zhlaví dřevěných trámů proti vlhkosti a následnému napadení dřevokaznými mikroorganismy a houbami. Toto ošetření je nutné provést ještě před realizací vnitřního zateplovacího systému.

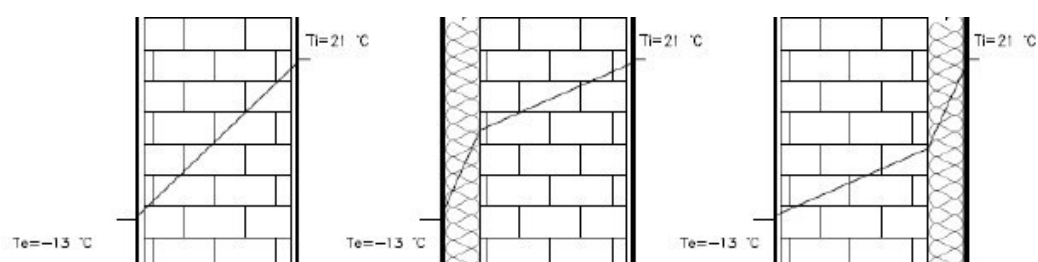
Kapitoly v teoretické části práce jsou úvodem do problematiky zateplování, tepelně vlhkostního pole v konstrukci, napadení trámů dřevokaznými organismy a nutnosti preventivního ošetření zhlaví trámů.

Hlavní důraz této práce je znázorněn v praktické části, kde jsem ověřoval možnost proveditelnosti dodatečného ošetření zhlaví trámů postřikem a případná rizika s tím související.

TEORETICKÁ ČÁST

2 Způsoby dodatečného zateplování budov

Principiálně existují dvě varianty umístění dodatečné tepelné izolace do skladby obvodové konstrukce. Varianty se vzájemně liší umístěním tepelné izolace, a to buď při vnějším, nebo při vnitřním povrchu konstrukce. Pozice tepelné izolace ve skladbě obvodového pláště ovlivní křivku průběhu teploty v konstrukci. Schematicky je tento jev znázorněn na následujícím obrázku.



Obrázek 1: Průběh teploty v nezateplené a zateplené stěně v zimě [1]

2.1 Vnější zateplovací systém

2.1.1 Výhody vnějšího zateplovacího systému

Vnější zateplovací systémy jsou běžnější a častěji navrhovanou variantou zateplení objektu, hlavně z následujících důvodů.

Přidáním vrstvy tepelného izolantu k vnějšímu líci konstrukce se vytvoří souvislá obálka budovy, která překryje většinu tepelných mostů, které se vyskytovaly v konstrukci. Sníží extrémní výchylky povětrnostních vlivů, které působí na obvodovou konstrukci. V letním období dojde ke snížení teplot v konstrukci. V zimě se naopak tyto teploty zvýší. Změnou průběhu teplot v konstrukci se odstraní riziko nežádoucí kondenzace vodní páry ve zdivu. [2]

Vnější zateplení chrání původní povrch před vlivy povětrnostních podmínek, jako například zvětrávání povrchových vrstev zdiva či malty. Následkem vyrovnání extrémních teplot dojde k omezení dilatačních pohybů v konstrukci. Odstraní příčinu trhlin, které by vznikly dilatačními pohyby a kterými následně zatéká do obvodového pláště. [1]

Veškeré práce, spojené s instalací tepelné izolace mohou být prováděny za plného provozu budovy a omezení ve vnitřních prostorech je pouze minimální. [1]

2.1.2 Nevýhody vnějšího zateplovacího systému

Mezi nevýhody vnějšího zateplení se řadí nutnost při provádění prací z lešení, nebo závislost realizace na aktuálních klimatických podmínkách. K dalším patří například obtížné řešení značně členěných a zdobných fasád.

2.2 Vnitřní zateplovací systém

V případech, kdy není možné použít vnější zateplovací systémy, navrhují se právě vnitřní zateplovací systémy. Jedná se především o historické budovy spadající pod památkovou ochranu Národního památkového ústavu. Další situací návrhu vnitřního zateplení může být případ, kdy se zateplují pouze jednotlivé místnosti, například při nedostatku finančních prostředků na realizaci zateplení celého objektu, nebo v případě individuálního zateplení bytu v bytovém domě, kdy nemá realizace celkového zateplení podporu majitelů ostatních bytů.

2.2.1 Výhody vnitřního zateplovacího systému

Mezi hlavní výhody tohoto způsobu zateplování patří nenarušení vnějšího vzhledu budovy, a zachování veškerých prvků na fasádě, například historicky cenné zdobné malby, členění a jiné. Dále není třeba stavět okolo objektu lešení, tím odpadnou i náklady spojené s jeho stavbou. Realizace vnitřního zateplení není tolik závislá na klimatických podmínkách v průběhu provádění. Příznivě může vyznít i možnost individuální zateplení jednotlivých bytů nebo samostatných problémových místností. [1]

2.2.2 Nevýhody vnitřního zateplení

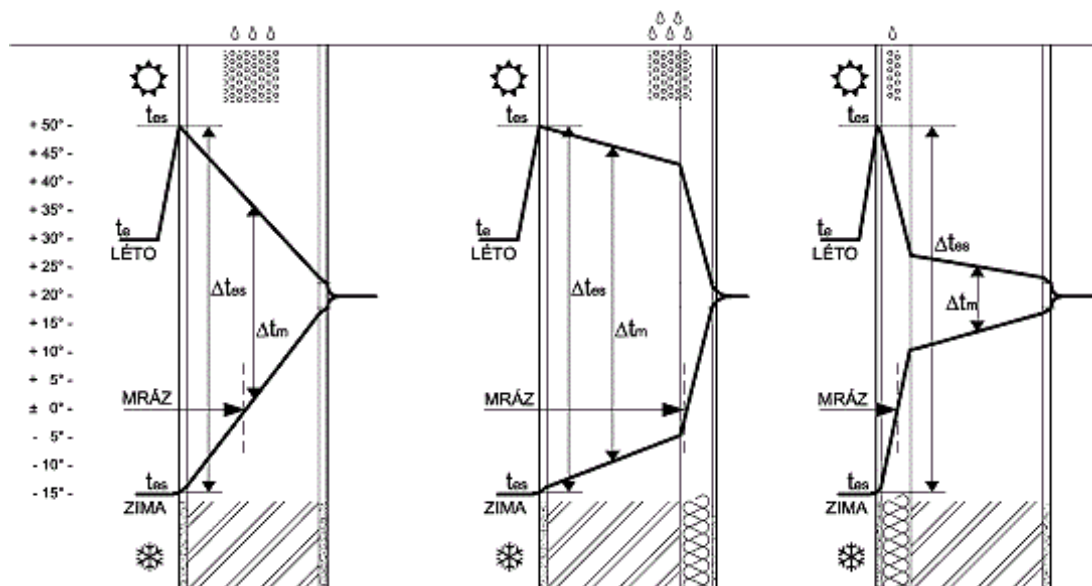
Přidáním vrstvy tepelného izolantu z interiéru dojde ke zmenšení podlahové plochy místností. Při provádění stavebních prací je nutné úplně přerušit provoz využívání místností. Další nevýhody vnitřního zateplení spadají spíše do následující kapitoly rizik.

3 Rizika dodatečného zateplení

Rizika funkčnosti dodatečného vnútřního zateplení se dají najít v několika oblastech. Především v průběhu teplot v konstrukci, v kondenzaci vodní páry a v existenci velkého množství tepelných mostů.

3.1 Průběh teplot v konstrukci

Porovnání průběhů teplot v obvodové konstrukci při použití vnútřního nebo vnějšího zateplení je znázorněno na následujícím obrázku (Obrázek 2).



Obrázek 2: Průběh teplot v konstrukci a) nezateplené b) s vnútřním zateplením c) s vnějším zateplením [1]

U jednovrstvé skladby obvodové konstrukce (Obrázek 2a) je idealizovaný předpokládaný průběh teplot přímý lineární.

Při vnútřním zateplení (Obrázek 2b) se oproti výchozí nezateplené konstrukci, největší změna teplotní křivky odehrává ve vrstvě tepelné izolace. To má za následek, že za zimního stavu se posunuje oblast s nízkými teplotami dále směrem k interiéru. Stejný jev je patrný pro vyšší teploty v letním období, kdy se oblast vysokých teplot rozšíří až k rozhraní s vrstvou tepelné izolace. Dochází tak ke zvětšení rozptýlu maximálních teplot v konstrukci, což v mnoha případech může vést ke snížení trvanlivosti původní konstrukce. [3]

Kdežto pro vnější zateplovací systém (Obrázek 2c) se významná změna teplotní křivky odehraje ve vrstvě tepelné izolace a je znatelný posun extrémnějších teplot směrem k vnějšímu líci konstrukce a díky tomu panují v nosné konstrukci vyrovnanější podmínky a nedojde už k promrzání ani přehřívání konstrukce. Konstrukce má větší schopnost akumulace tepelné energie působící z interiéru a přispívá tím k zlepšení tepelné stability místnosti. [3]

3.2 Kondenzace vodní páry

Při poklesu teploty prostředí pod teplotu rosného bodu dochází ke kondenzaci vodních par. Teplota rosného bodu je závislá na relativní vlhkosti a teplotě vzduchu v interiéru, případně na měrné vlhkosti či entalpii vzduchu v interiéru. Oblast kondenzace vodní páry se u nezateplené konstrukce pohybuje v jejím středu. Při použití vnějšího zateplovacího systému se oblast posunuje směrem k vnějšímu líci konstrukce. Při použití vnitřního zateplovacího systému se tato oblast posunuje směrem k vnitřnímu líci konstrukce. (viz kapitola 3.1, Obrázek 2).

Při posuzování skladby konstrukce z hlediska šíření vlhkosti v konstrukci se podle normy ČSN 73 0540-2 porovnávají následující hodnoty

1. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ s roční kapacitou odparu $M_{ev,a}$
2. Pro konstrukce se zabudovanými dřevěnými prvky a konstrukce s vnější tepelnou izolací popř. s difúzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami je požadavek na roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ maximálně $0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci.
Pro ostatní konstrukce je požadavek méně přísný, a to $0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu. Požadována je vždy nižší z obou hodnot
3. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce

Norma ČSN 73 0540-2 uvažuje ve výpočtech pouze se stacionárními stavy v konstrukci. Neuvažuje se zde se sorpčními vlastnostmi materiálů, tedy s kapilárním transportem vody stavebním materiálem a odvodu vlhkosti z místa kondenzace dále materiálem do míst s nižším obsahem vody. Proto posouzení konstrukcí dle normy ČSN 73 0540-2 je sice na straně bezpečnosti, ale výsledky jsou vykazovány s určitou

mírou nepřesností. Mnohdy tedy konstrukce, které mají vrstvu vnitřní tepelné izolace z kapilárně aktivních materiálů, nemusí při jejich posouzení vyhovět normovému požadavku na šíření vlhkosti v konstrukci. Přitom v reálném stavu, na rozdíl od normových výpočtů, nedojde ke kritickému nahromadění kondenzátu v materiálu, protože dojde k distribuci přebytečného množství kondenzátu do většího objemu materiálu. [4]

3.3 Tepelná akumulace a tepelná setrvačnost

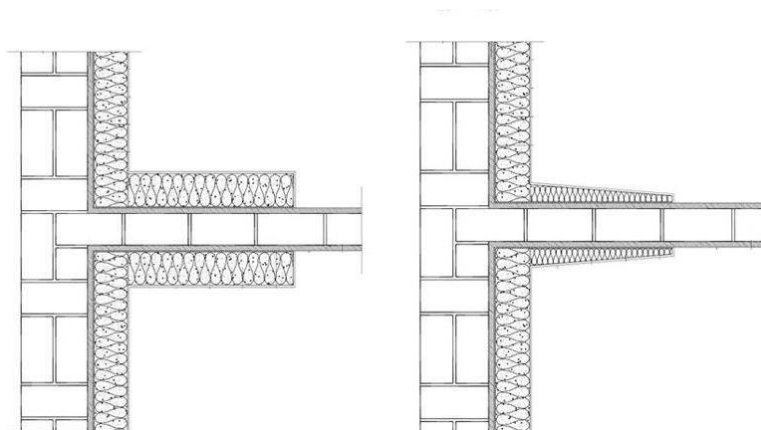
Tepelná stabilita materiálů je úměrná jejich hmotnosti. Lehké materiály, mezi které spadají také tepelné izolace, mají nízkou schopnost akumulace tepla. Po použití zateplení původní konstrukce se výrazně snižuje tepelný tok, který projde do konstrukce vrstvou izolantu a odcloní původní konstrukci s vysokou tepelnou akumulační schopností. [1]

Při použití vnitřního zateplení se vnitřní tepelné zisky neukládají do nosné konstrukce a místnost lze rychleji vyhřát. Na druhou stranu po přerušení tepelných zisků místnost rychleji vychladne. Nevýhodou snížení akumulačních schopností je menší možnost využití solárních zisků, které se nemohou naakumulovat do masivní vnitřní vrstvy obvodových konstrukcí. Tento jev způsobuje prodloužení topného období a větší spotřebu energie na vytápění. Využitím akumulace v budovách lze dosáhnout až 15 % úsporu tepla oproti budovám bez tepelné akumulace. Zároveň vliv tepelné akumulace lze využít v letním období, kdy je část tepelné energie akumulována do konstrukce budovy a nedochází tak snadno k přehřívání vnitřního prostoru. [1]

3.4 Tepelné mosty

Podstatou zateplení objektu je snaha vytvořit celistvou obálku budovy s minimem tepelných mostů. Při použití vnějšího zateplení objektu je riziko tepelných mostů minimální, protože je na minimální možnou míru snížen počet prostupů tepelnou izolací. Například zabudováním prvků s přerušeným tepelným tokem. Naopak u dodatečného vnitřního zateplení se nedokážeme vyhnout výrazným tepelným mostům, jak lineárním, tak ani bodovým.

Velice problematické je řešení systematických lineárních tepelných mostů, které vznikají v místě napojení navazujících stavebních konstrukcí, jako jsou stropní konstrukce, vnitřní nosné i nenosné stěny apod. Řešení takového lineárního tepelného mostu se provádí přetažením tepelné izolace i na vnitřní konstrukci, a to za použití klasické izolační desky nebo desky klínové. V případě klínové desky dojde v místnosti k zakřivení povrchu stěny, u klasické desky s konstantní tloušťkou vznikne na navazující konstrukci odskok. Každá z těchto variant může být v interiéru nevzhledná a rušivá. [5]



Obrázek 3: Konstrukční napojení tepelné izolace ke vnitřní stěně odskokem a vnitřními klíny [3]

Dalším kritickým místem bývají bodové tepelné mosty v místech prostupů tepelnou izolací. Například se jedná o závěsné systémy pro otopná tělesa, o potrubí otopné a vodovodní soustavy nebo o uložení stropních trámů. V těchto místech hrozí kondenzace vodní páry na povrchu prostupujících prvků a následné zatékání kondenzátu do skladby konstrukce. [4]

4 Systémy a způsoby vnitřního zateplení

Pro volbu optimálního materiálu vnitřního zateplení jsou důležité jeho vlastnosti. Na trhu je velké množství různých tepelných izolantů více či méně vhodných pro použití pro vnitřní zateplení.

Největším problémem při vnitřním zateplení je kondenzace vodní páry a její odvod. Pokud je dodatečný zateplovací systém na vnější straně konstrukce, často je poloha rosného bodu uvnitř zdiva a vzniklý kondenzát se může volně rozptýlit po celém zdivu. Při použití vnitřního zateplení je poloha rosného bodu často blízko rozhraní vrstvy původního zdiva a tepelné izolace. V tomto případě se nemůže kondenzát rozptýlit do zdiva a může způsobit plísně v konstrukci a později napadení všech dřevěných prvků, které procházejí touto vrstvou. Proto je velmi důležité zamezit nahromadění přebytečného kondenzátu. [5]

Jednou z možností je zamezit přístupu vzdušné vlhkosti z interiéru, do prostoru k rosnému bodu. K tomuto účelu se používají difuzně uzavřené systémy s parozábranou. Další možností je použití takové tepelné izolace, která umožní přebytečný kondenzát z kritického místa odvést, za použití difuzně otevřených systémů. [5]

4.1 Difuzně uzavřené systémy

V těchto systémech je prostupu vlhkosti zamezeno parozábranou. Samotná parozábrana však vytváří v konstrukci problematické detaily, které jsou náročné na pečlivost provádění. Jedná se především o napojování k okolním konstrukcím (např. stropní trámy, stěny), těsnost prostupů instalací, elektrických rozvodů apod. Často také dochází k porušení parozábrany, při kotvení vnitřního obkladu. Přes takto porušenou parozábranu se následně dostává vlhkost do konstrukce, kde může kondenzovat. Kondenzát ale nemá možnost se odpařit. [5]

4.2 Difuzně otevřené systémy

U difuzně otevřených systémů se používají kapilárně aktivní tepelné izolace, které jsou otevřeny pro prostup vlhkosti. Jedná se nejen o dřevovláknité materiály, ale i o kalcium-silikátové desky nebo desky z tvrzené polyuretanové pěny.

Strukturou tepelné izolace je vzniklý kondenzát postupně transportován v ploše až k vnitřnímu povrchu konstrukce. K transportu dochází díky rozdílnosti parciálních tlaků vodní páry ve vzduchu, který je obsažen v tepelné izolaci. Při snížení vlhkosti vzduchu v místnosti se vlhkost z tepelné izolace odpaří. Rychlost odparu z povrchu konstrukce vlivem proudění vzduchu probíhá rychlejší než difuze skrz tepelnou izolaci.

5 Dřevěné stropy

V této kapitole jsou shrnuty pouze základní a nejrozšířenější typy dřevěných trémových stropů.

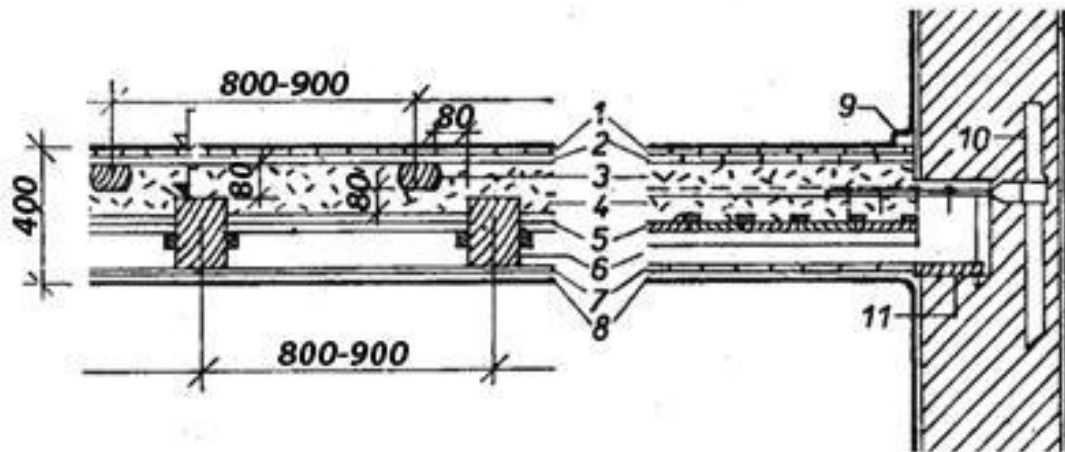
5.1 Trémový strop

Trémový strop je nejčastější stropní konstrukcí. Až do třicátých let 20. století byly převažujícím typem stropů pro bytovou i občanskou výstavbu. Trémové stropy se používaly pro ideální rozpory 5,0 – 6,5 m. Dnes se s touto konstrukcí setkáváme hlavně u rekonstrukcí budov. [6]

Nosná konstrukce je tvořena dřevěnými trámy (stropnicemi), které jsou uloženy do kapes ve zdivu, případně na průvlak. Pro zajištění prostorové tuhosti objektu, byly některé trámy zakotveny do obvodového zdiva pomocí ocelové kotvy ve zhlaví trámů. Délka uložení stropních trámů je závislá na rozponu stropní konstrukce.

- Rozpětí trámu do 2 m, uložení 100 mm
- Rozpětí trámu do 4 m, uložení 150 mm
- Rozpětí trámu do 6 m, uložení 200 mm
- Rozpětí trámu do 8 m, uložení 250 mm

Osová vzdálenost dřevěných trámů se pohybuje obvykle v rozmezí 800 – 1200 mm. Na trámy je položen záklop z prken tloušťky 26 neb 33 mm, který je uloženy přímo na trámy nebo je uloženy na latě připevněné k bokům trámu (zapuštěný záklop). Na záklop je z akustických a protipožárních důvodů rozprostřena vrstva násypu. Jako zásyp se nejčastěji používala vypálená škvára, často se zbytky z roztlučených cihel. Do zásypu jsou uloženy polštáře, tvořené trámky nejčastěji tloušťky 100 – 120 mm. Minimální tloušťka vrstvy násypu má být pod polštáři minimálně 80 mm. Na tyto polštáře je uložena skladba podlahy. [6]



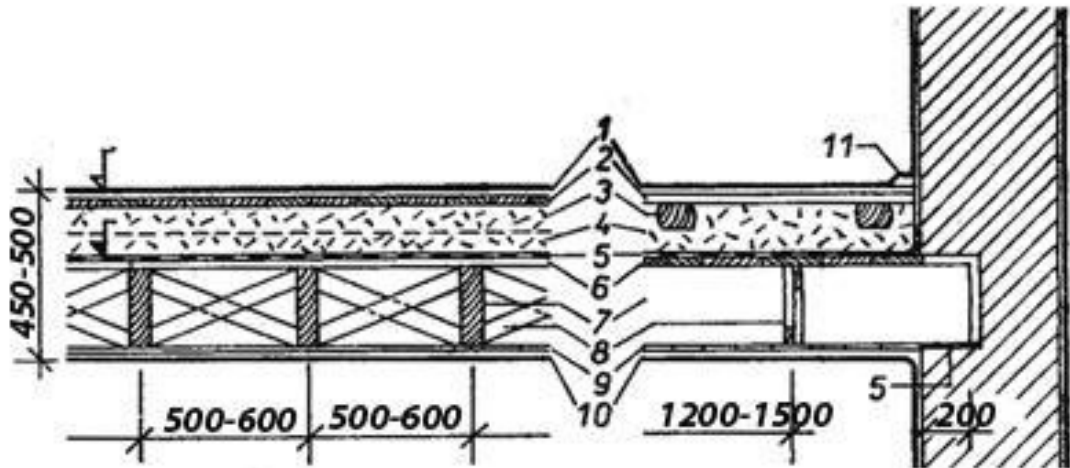
Obrázek 4: Trámový strop se zapuštěným zákopem a omítnutým podhledem [7]

1-vlysová podlaha, 2- hrubá podlaha, 3- polštáře, 4- násyp, 5- záklop, 6- trám, 7- podbití, 8- omítka, 9- podlahová lišta, 10- trámová kotva, 11- podkladní prkénko

Spodní úprava trámového stropu může být s viditelnými stropními trámy a viditelným záklopem nebo s omítnutým podhledem či zdobným dřevěným podhledem.

5.2 Fošnový strop

Vhodný rozpon pro fošnový strop je do 5 m. Stropnice jsou tvořeny fošnami tloušťky 50 – 60 mm, které jsou svisle orientovány v osových vzdálenostech 400 – 600 mm. Fošny jsou zajištěny proti překlopení a vybočení do stran křížovými vzpěrami z latí nebo prken. Rozpěry jsou umístěny ve vzdálenosti 1200 – 1500 mm. Na stropnicích je dřevěný záklop nesoucí škvárový násyp a skladby podlahy na polštářích obdobně jako u stropu trámového. Podhled stropů bývá omítnut. Při porovnání s trámového a fošnového stopu, má fošnový strop o 30 – 45 % menší spotřebu dřeva. V současné době se princip fošnových stropů často navrhuje při výstavbě dřevostaveb. [6]



Obrázek 5: Fošnový strop [7]

1-vlysová podlaha, 2- hrubá podlaha, 3- polštáře, 4- násyp, 5- asfaltová lepenka, 6- záklop, 7- fošnová stropnice, 8-příčné ztužení, 9- podbití, 10- omítka, 11- podlahová lišta

6 Historické stavební předpisy 19. století

Historické objekty se v minulosti nejdříve navrhovaly dle vlastních zkušeností samotných stavitelů. Později, podle dostupných materiálů, byly stanoveny doporučené stavební zásady. Z těchto zásad časem vznikly stavební normy a předpisy. Pro stropní dřevěné trámy byly mimo jiné stanoveny požadavky na uložení trámu do zdiva. A to jak požadavky rozměrové, tak i požadavky na skladbu uložení.

Rozměr uložení trámu byl dán empiricky, v závislosti na světlém rozpětí trámu. A to následovně: [8] [9]

- Rozpětí trámu do 2 m, uložení 100 mm
- Rozpětí trámu do 4 m, uložení 150 mm
- Rozpětí trámu do 6 m, uložení 200 mm

Dále trámy měly být uloženy na impregnovanou dřevěnou podložku výšky 30 až 40 mm, délky podle uložení trámu a nejméně o 30 mm širší oproti trámu. Okolo trámu měla být ponechána izolační vzduchová mezera o velikosti 30 až 50 mm. [10]

Mnohdy ale nebyly výše uvedené rozměry izolační vzduchové mezery dodrženy a stropní trám, z často ještě ne úplně vyschlého dřeva, byl po uložení do kapsy ve zdivu celý zalit zdící maltou. Nyní již nezjistíme, jestli k tomuto stavu docházelo technologickou nekázní při výstavbě, nebo se předpokládalo, že postupem času trám seschne a tím dojde k vytvoření malé vzduchové mezery mezi trámem a okolní maltou. Ve skutečnosti takto vzniklá vzduchová mezera je velmi malá, a její bezpečnostní funkce je neúčinná. Na tento stav ukazuje i dále popsany provedený průzkum reálného stavu zhlaví trámů u vybraných historických budov, např. ze zaobleného rohu v maltě (viz.: Obrázek 36 a Obrázek 38).

7 Dřevokazné houby a plísně

U dřevěných stavebních konstrukcí, na které působí specifické tepelně vlhkostní podmínky, je velmi pravděpodobný výskyt biologických činitelů, které napadají dřevo. Jedná se hlavně o dřevokazné houby a plísně.

Dřevokazné houby patří mezi nejnebezpečnější organismy, které napadají dřevo. Podle způsobu rozkladu dřeva dělíme houby na celulózovorní a houby ligninovorní.

Celulózovorní houby vyvolávají takzvanou destrukční hnilobu, kdy rozkládají celulózu a hemicelulózu, tím napadané dřevo postupně tmavne. Činnost těchto hub se díky zbarvení nazývá hnědou hnilobu. Ligninovorní houby rozkládají kromě celulózy a hemicelulózy také lignin, následně dřevo zesvětlá. Tento proces se označuje jako bílá hniloba. V interiérech se převážně vyskytují celulózovorní houby, oproti houbám ligninovorním, které se vyskytují hlavně v exteriéru. Pro problematiku zhlaví stropních trámů jsou podstatné houby celulózovorní. [11]

Největším nebezpečím hnilob je výrazné zhoršení mechanických vlastností dřeva. Například u nahnilého dřeva, které ztratilo 10 % hmotnosti, poklesla pevnost v tlaku kolmo na vlákna o 35 - 40 %, pevnost v tlaku za ohybu o 24 – 70 % nebo tvrdost o 25 – 45 % (Viz následující tabulka) [12]

Tabulka 1: Znehodnocení mechanických vlastností dřeva v důsledku hniloby[12]

Vlastnosti dřeva	Pokles kvantitativních parametrů [%]					
	Hnědá hniloba			Bílá hniloba		
Úbytek hmotnosti	2	6	10	20	6	10
Rázová houževnatost	31 až 50	50	70 až 92	26	50	60
Pevnost v tlaku napříč vlákný	6 až 10	16 až 25	40	5	12 až 27	35
Pevnost v ohybu	32	61	55 až 70	14	20 až 27	24
Tvrдость	-	20 až 28	35 až 45	-	18	25

V případě napadení stropních trámů není možné je chemicky ošetřit, ale je nutné fyzicky odstranit napadenou část i její okolí. Aby nedocházelo k dalšímu šíření, je nutné odstranit společně s napadeným dřevem i částí zdánlivě zdravého dřeva, nejlépe ve vzdálenosti 1 - 1,5 m od napadení. Dále je pak nutné odstranění násypů, podlahy, omítky atd. Při zanechání jakýchkoliv zárodků je houba schopna se znovu rozšířit. [11]

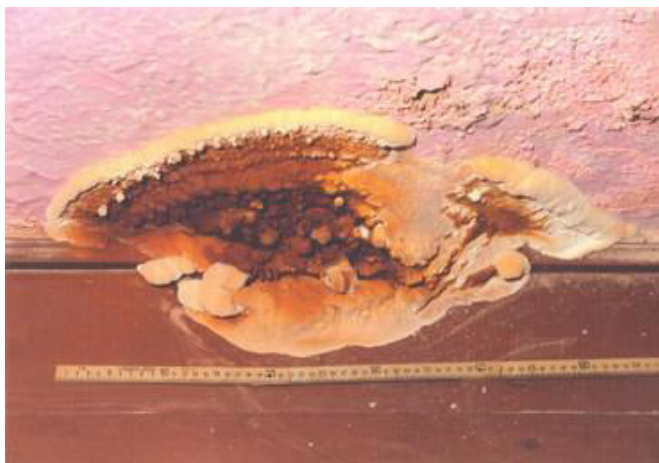
Na každém konstrukčním prvku se může vyskytovat jiná skupina dřevokazných hub a plísní. Například konkrétně zhlaví stropních trámů bývá nejčastěji napadeno těmito činiteli: [13]

- Dřevomorka domácí
- Trámovka plotní
- Koniofora sklepní
- Pornatka placentová
- Plísně

Dřevomorka domácí (Serpula lacrymans)

Dřevomorka domácí je velmi nebezpečnou dřevokaznou houbou, která způsobuje hnědou hnilobu. Postupem růstu vznikají ve dřevě příčné a podélné trhliny. Dřevo se zbarví do tmavě hněda a nakonec se rozpadá v kostkách až na tmavě hnědý prach. Dřevomorka domácí má poměrně nízké nároky na podmínky k růstu. Může se rozvíjet při poměrně velkém teplotním rozptýlu, rozvíjí se při teplotách 3 – 26 °C (optimálně 18 – 22 °C). Způsobem růstu se liší od ostatních dřevokazných hub, kdy roste i při nízké vlhkosti dřeva (okolo 20 %) a je schopná

zvlhčovat okolní dřevo a následně jej snáze napadat. Dřevomorka nenapadá jen dřevo, ale prorůstá různými lignocelulózními materiály mimo jiné také maltou a zdivem. [11]



Obrázek 6: Plodnice dřevomorky domácí [13]

Trámovka plotní (*Gloeophyllum sepiarium*)

Roste při teplotách v rozmezí 5 – 45 °C a potřebuje vlhkost dřeva 35 – 40 %. Napadené dřevo je zpočátku žluté, později červené až hnědé. Houba působí hnědou kostkovitou hnilobu, která rozkládá dřevo zevnitř. Napadený trám je tak na první pohled na povrchu neporušený, ale vnitřní struktura je rozpadlá. Plodnice trámovky vyrůstají v podélných trhlinách jehličnatého dřeva, ale výjimečně napadá i dřevo listnaté. [14]



Obrázek 7: Trámovka plotní [15]

Koniofora sklepní (Coniophora puteana)

Koniofora sklepní napadá zdravé a vlhké dřevo, listnatých i jehličnatých stromů. Napadené dřevo postupně hnědne až černá a kostkovitě se rozpadá. Koniofora sklepní se rozvíjí při teplotách 3 – 35 °C a vlhkosti dřeva mezi 45 – 90 %, s poklesem vlhkosti sice omezuje růst, ale během růstu vytváří kyselé prostředí, které je vhodné pro následné rozšíření Dřevomorky domácí. Často se vyskytují právě tyto houby současně. [11] [12]



Obrázek 8: Koniofora sklepní [16]

Pornatka placentová (Poria placenta)

Pornatka roste při teplotách 3 – 35 °C a při vlhkosti dřeva 35 – 50 %. Způsobuje hnědou hnilobu, která se šíří tenkými bílými provazci podhoubí. Napadá převážně dřevo jehličnaté, ale výjimečně i dřevo listnaté. [11]

Plísňe

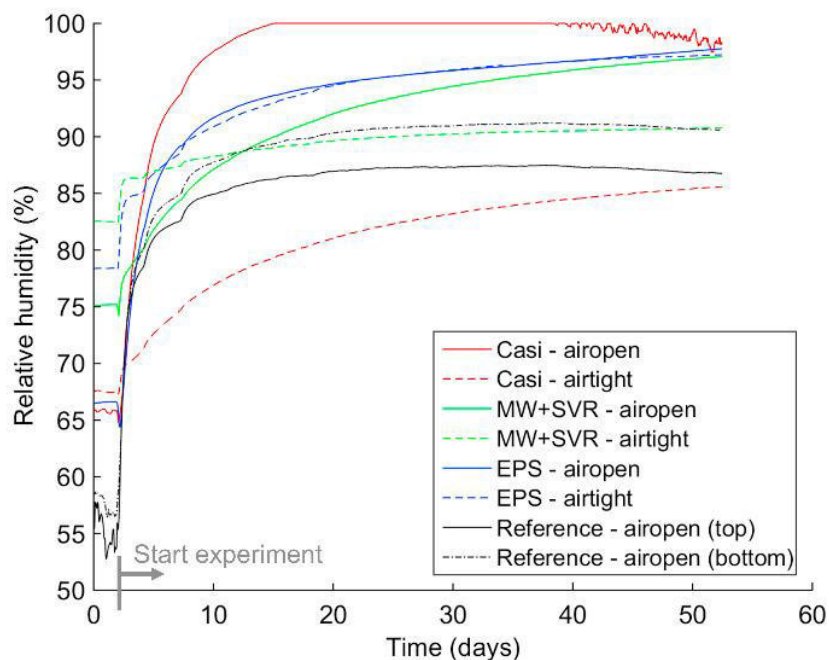
Plísňe spadají mezi mikroskopické houby, které nezpůsobují mechanické poškození dřeva, ale mohou vytvářet vhodné podmínky pro rozšíření dřevokazných hub. Pro vznik plísni jsou optimální vysoké relativní vlhkosti vzduchu 89 - 99 % a teploty 27 – 37 °C. Plísňe se jen výjimečně mohou podílet na napadení buněčných stěn, které se následně promítne do snížení pevnostních vlastností dřeva. Způsobují hlavně estetické poruchy konstrukcí nejen dřevěných, ale napadají i ostatní materiály, například omítky. [11] [12]

8 Teplotní a vlhkostní pole zhlaví trámů

Při návrhu dodatečného vnitřního zateplení budovy s dřevěnými stropy je třeba věnovat zvláštní pozornost tepelně-vlhkostním podmínkám ve zhlaví dřevěných trámů. Vlivem proudění vzduchu v dutině okolo zhlaví, může do tohoto prostoru pronikat teplý a vlhký vzduch z interiéru. Zde se vzduch ochladí a dojde ke kondenzaci vodní páry na povrchu zdiva i trámu. Vlivem kondenzace se zvýší vlhkost dřeva, které může být následně napadeno v první řadě plísněmi, a později dřevokaznými houbami. [17]

Aby se tomuto jevu zamezilo, je vhodné utěsnit vzduchovou mezeru přelepáním air-stop páskou. Zahraniční výzkum, který porovnával relativní vlhkosti v prostoru zhlaví, ukázal, že výrazně vyšší relativní vlhkost vzduchu je v neošetřené dutině. V následujícím grafu jsou znázorněny průběhy vývoje relativní vlhkosti u zhlaví trámů pro různé materiály zateplení a úpravy kapsy. [18]

Graf 1: Porovnání úprav vzduchové kapsy [18]



Barevně jsou odlišeny materiály tepelného izolantu.

- červená – křemičitan vápenaté desky 100 mm + omítka 5-10 mm
- zelená – minerální vata 115 mm + sádrokartonová deska 12,5 mm
- modrá – polystyren EPS 80 mm + sádrokartonová deska 12,5 mm

Typem čáry je odlišena úprava vzduchové mezery

- plná čára – neutěsněná vzduchová mezera
- čárkovaná čára – vzduchová mezera je přelepění air-stop páskou

Vlhkost do prostoru zhlaví se nemusí nedostávat pouze z interiéru, ale také z exteriéru. Podle rešerše literatury [19] se díky účinkům větrem hnaného deště může u staveb vlhkost ve zhlaví zvýšit. A to u staveb, které nemají obvodové zdivo opatřeno vnější omítkou. U konstrukcí chráněných omítkou je toto nebezpečí minimální. [19]

Problém zvýšení vlhkosti vlivem vzduchu z interiéru byl detailně řešen v diplomové práci „Trámová zhlaví v systémech vnitřního zateplení“, kterou zpracoval Bc. Jan Kinzel pod vedením Ing. Kamila Staňka, PhD. v akademickém roce 2014/2015 [20]

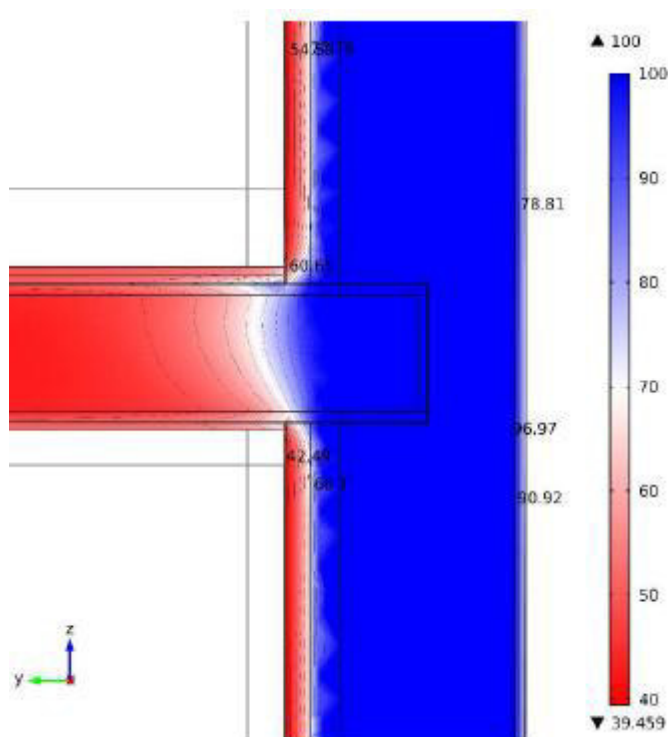
V jeho práci byly zkoumány mimo jiné teplotní a vlhkostní podmínky uvnitř uzavřené vzduchové dutiny pro konstrukci nezateplenou a konstrukci s vnitřním zateplovacím systémem Diffutherm. Závěrem byla vyhodnocena nejvhodnější pro zajištění nejpříznivějších tepelně-vlhkostních podmínek. Varianta zateplení pomocí desek Diffutherm Udiln RECO tloušťky 80 mm, desky nezasahovaly do stropní konstrukce a prostor mezi stropními trámy byl bez zásypu. V následující tabulce jsou porovnány výsledné teploty povrchu zhlaví nezateplené a zateplené konstrukce.

Tabulka 2: Teploty povrchu zhlaví trámu

Teplota povrchu trámu	Minimální teplota T_{\max} [°C]	Maximální teplota T_{\min} [°C]
Bez zateplení	0,7	10,9
Desky Udiln RECO tl. 80 mm	-8,20	1,20

Zdroj [20] str. 190 Tabulka 35, str. 173 Obrázek 137

Z následujícího obrázku je patrné, že se sice celé trémové zhlaví nenachází v kondenzační zóně, ale je v zóně s velmi vysokou relativní vlhkostí (nad 90 %), kde hrozí riziko kondenzace na povrchu trámu a následně mohou nastat optimální podmínky pro růst dřevokazných hub a plísní. A to v případě, že dojde k výraznému odchýlení reálných teplotně - vlhkostních okrajových podmínek v objektu, od okrajových podmínek předpokládaných při výpočtech.



Obrázek 9: Relativní vlhkost ve svislém řezu vedeným osou trámu Zdroj [20] str. 173 Obrázek 138

9 Důvody a možnosti chemické ochrany zhlaví trámů

Pokud na dřevěné konstrukce působí dlouhodobě zvýšená vlhkost, dochází k degradaci dřeva a k napadení dřevokaznými houbami a plísněmi. Tím dochází ke zhoršení mechanických vlastností dřeva a jeho pevnosti. V extrémních případech může dojít až k destrukci celé konstrukce. Proto je nutné zabudované prvky těchto konstrukcí ochránit před působením vlhkosti. Jedním z inkriminovaných míst je i zhlaví dřevěných trámů, ve kterých dochází po instalaci vnitřního zateplení k omezení tepelného toku.

V nedávné minulosti, cca před rokem 2012, se pro ošetření zhlaví dřevěných trámů proti vlhkosti používaly anorganické látky, které se zavrtaly do dřeva ve formě patron. Ochranný účinek těchto látek se aktivoval až následkem zvýšené vlhkosti dřeva, kdy látka chemickou reakcí s vodou začala krystalizovat. Vytvořené krystaly bránily dalšímu pronikání vlhkosti do dřeva. Jednalo se například o sloučeniny kyseliny borité. Jejich nesporná výhoda spočívala ve velmi dlouhé životnosti a stálosti (minimálně 30 let). Koncentrace těchto anorganických sloučenin byla velmi vysoká (okolo 70 – 80 %), proto je jejich používání škodlivé pro životní prostředí. Z tohoto důvodu bylo jejich používání zakázáno nařízením Rady EU.

Nyní se anorganické sloučeniny smí používat jen v nižších koncentracích, tak aby nedocházelo k poškození životního prostředí. Látky se aplikují ve formě postřiku povrchu dřeva, a jejich účinnost je snížena. V případě použití postřiku organickými sloučeninami je velkou nevýhodou poměrně rychlé vylouhování nosné látky, a proto je životnost ošetření povrchu dřeva také velmi krátká (řádově 5 – 7 let). Což v případě použití na zakryté a nepřístupné části nosných konstrukcí, jejichž životnost má být v řádu desítek let, nevyhovující a téměř zbytečné.

Pokud mají být chemické ochranné prostředky dostatečně účinné, musí splňovat následující požadavky: [26]

- Zajišťovat ochranné vlastnosti
- Rychle a rovnoměrně vnikat do dřeva při atmosférickém tlaku
- Nesmí zhoršovat mechanické vlastnosti dřeva
- Splňovat toxické a ekologické požadavky
- Musí být řádně certifikovány a schváleny pro použití

Chemické prostředky pro ochranu dřeva většinou obsahují více účinných látek. Tyto látky se dělí podle účinků na: [28]

- baktericidy - účinné proti bakteriím
- fungicidy - účinné proti dřevokazným houbám, dřevozbarvujícím houbám a plísním
- insekticidy – proti napadení dřevokazným hmyzem
- retardéry hoření - snižují hořlavost dřeva
- inhibitory povětrnostní koroze - zvyšují odolnost dřeva proti vlivům povětrnostních podmínek
- inhibitory chemické koroze - zvyšují odolnost dřeva proti agresivním chemikáliím

Fungicidy

Proti napadení dřeva dřevokaznými houbami a plísněmi jsou účinné fungicidy. V současné době se používají organické a anorganické fungicidy, převážně sloučeniny boru, kvartérní amoniové sloučeniny, karbamáty, sulfonamidy a různé heterocykly. [27]

Normové označení chemických prostředků rozlišuje základní spektra účinnosti a způsoby použití. [27]

- Spektrum účinnosti: F_A - účinnost proti houbám třídy Ascomycetes
 F_B - účinnost proti houbám třídy Basidiomycetes;
B - účinnost proti dřevozbarvujícím houbám
P - účinnost proti plísním
 I_p - preventivní účinnost proti hmyzu
- Způsoby aplikace: S - pro povrchovou ochranu (nátěr, postřik)
P - pro hloubkovou ochranu
SP - pro oba způsoby

Na trhu je velké množství prostředků pro ošetření dřeva různého složení od různých výrobců. Zkoumání nejvhodnějšího prostředku není předmětem této práce.

Další možností ochrany zhlaví stropních trámů může být například zajištění přístupu tepelné energie přímo do prostoru zděné kapsy ke zhlaví stropního trámu. Tato varianta může být předmětem pro další zkoumání.

PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části jsem ověřoval možnost aplikace nástřiku impregnačních prostředků na zhlaví stopních trámů. Na základě průzkumu skutečného uložení stropních trámů v historických objektech.

10 Vlastní průzkum staveb

Pro zjištění reálného stavu zhlaví dřevěných trámů ve stropní konstrukci jsem provedl průzkum v několika objektech. Průzkum spočíval v osobním změření velikosti vzduchových mezer mezi stropními trámy a zdivem. Pro svá měření jsem v navštívených objektech využil již v minulosti provedené průzkumné sondy, které byly zhotoveny pro potřeby stavebně-historických průzkumů objektu před jeho rekonstrukcí.

Navštívené objekty:

1. Dominikánský dvorec, ul. Branická, Praha 4 – Braník
2. Činžovní dům, ul. Šeříková 8, Praha 1 – Malá strana
3. Činžovní dům, ul. Pavla Švandy ze Semčic 15, Praha 5 - Smíchov
4. Činžovní dům, ul. Vítězná 8, Praha 1 – Malá strana

1. Dominikánský dvorec, ul. Branická, Praha 4 – Braník

Jedná se o objekt původně hospodářského dvoru a sídla řádu Dominikánů, nejstarší část byla postavena v 17. století. Postupně byl objekt rozšířen o západní křídlo, ve kterém byl zřízen pivovar. Ve 20. století objekt ztratil využití a byl několikrát přestavován pro různé účely. V dnešní době je snaha v objektu obnovit tradici vaření piva. [21]

V objektu byla nalezena průzkumná sonda, která sloužila ke zjištění stavu pro plánovanou rekonstrukci objektu. Sonda byla provedena lokálním odstraněním rákosníkového podhledu, a odhalovala dvojici stropních trámů. Naměřené šířky vzduchové mezery jsou zaznamenány v tabulce níže. Přičemž u trámu č. 1 byla předpokládaná mezera zcela vyplněna maltou, a u trámu č. 2 byla nalezena jen dutina

při pravé vrchní hraně trámu. Následující fotodokumentace byla pořízena při osobní prohlídce objektu konané dne 7. 9. 2017



Obrázek 10: Dominikánský dvorec - Branická



Obrázek 11: Sonda A - Dominikánský dvorec, čísla trámů



Obrázek 12: Sonda A - Trám č. 1



Obrázek 13: Sonda A - Trám č. 2



Obrázek 14: Sonda A - Trám č. 2 - hloubka uložení

Průzkumem zjištěné šířky bezpečnostní vzduchové mezery mezi stropním trámem a okolním zdívem u sondy A jsou znázorněny v následující tabulce.

Tabulka 3: Šířka vzduchové mezery - Sonda A – Dominikánský dvorec

Ozn.	Šířka vzduchové mezery [cm]			
	Napravo	Nalevo	Nad	Průměr
Trám č. 1	0,0	0,0	0,0	0,0
Trám č. 2	0,0	0,0	0,0	0,0

2. Činžovní dům, ul. Šeříková 8, Praha 1 – Malá strana

Jedná se o objekt činžovního domu, postaveného pravděpodobně roku 1843. Dá se tak usuzovat z dohledatelného období výstavby okolních objektů, které spadají pod památkovou péči. [22]

Předmětné stropní trámy a jejich uložení v obvodové stěně, byly v objektu odhaleny v rámci právě probíhající celkové rekonstrukce objektu.

Následující fotodokumentace byla pořízena při osobní prohlídce objektu konané dne 25. 9. 2017 za doprovodu stavbyvedoucího.



Obrázek 15: Činžovní dům, Šeříková 8



Obrázek 16: Sonda B – Šeříková, čísla trámů



Obrázek 17: Sonda B - Trám č. 1



Obrázek 18: Sonda B - Trám č. 1



Obrázek 19: Sonda B - Trám č.2



Obrázek 20: Sonda B - Trám č. 2

Zjištěné šířky bezpečnostní vzduchové mezery mezi stropním trámem a okolním zdívem u sondy B jsou znázorněny v následující tabulce. Výšku vzduchové mezery nad trámem nebylo možné změřit, protože vzduchová mezera nebyla přístupná. Tyto výšky jsou dále v tabulce označeny „x“

Tabulka 4: Šířka vzduchové mezery - Sonda B – Šeříková

Ozn.	Šířka vzduchové mezery [cm]			
	Napravo	Nalevo	Nad	Průměr
Trám č. 1	1,5	0	x	0,75
Trám č. 2	1,0	0	x	0,5

3. Činžovní dům, ul. Pavla Švandy ze Semčic 15, Praha 5 - Smíchov

Tento činžovní dům byl postaven na začátku 20. století. Předmětná stavební sonda, která odhalovala stropní trám a jeho uložení v obvodové stěně, se nacházela ve 4. NP . Sonda byla provedena za účelem stavebního průzkum objektu, který bude podkladem pro zamýšlenou rekonstrukci celého objektu.

Následující fotodokumentace byla pořízena při osobní prohlídce objektu konané dne 2. 10. 2017



Obrázek 21: Činžovní dům, ul. Pavla Švandy ze Semčic

Sonda C



Obrázek 22: Sonda C – ul. Pavla Švandy ze Semčic



Obrázek 23: Sonda C - Trám č. 1

V sondě C byly zjištěny nulové šířky bezpečnostní vzduchové mezery mezi stropním trámem a okolním zdivem. Výšku mezery nad trámem nebylo možné změřit, protože byla odstraněna konstriktce podlahy a stropní trám byl zpřístupněn shora. Tato neměřitelná výška je dále v tabulkách označena „x“

Tabulka 5: Šířka vzduchové mezery - Sonda C – ul. Pavla Švandy

Ozn.	Šířka vzduchové mezery [cm]			
	Napravo	Nalevo	Nad	Průměr
Trám č. 1	0	0	x	0

4. Činžovní dům, Vítězná 8, Praha 1 – Malá strana

Jedná se o objekt činžovního domu, postaveného také kolem roku 1843. Dá se tak usuzovat z dohádádatelného období výstavby okolních objektů, které spadají pod památkovou péči. [22]

Předmětná stavební sonda, která odhalovala stropní trámy a jejich uložení v obvodové stěně, se nacházela v neobytné podkrovní části objektu. Sonda byla provedena za účelem stavebně historického průzkum objektu, který byl podkladem pro zamýšlenou rekonstrukci celého objektu.

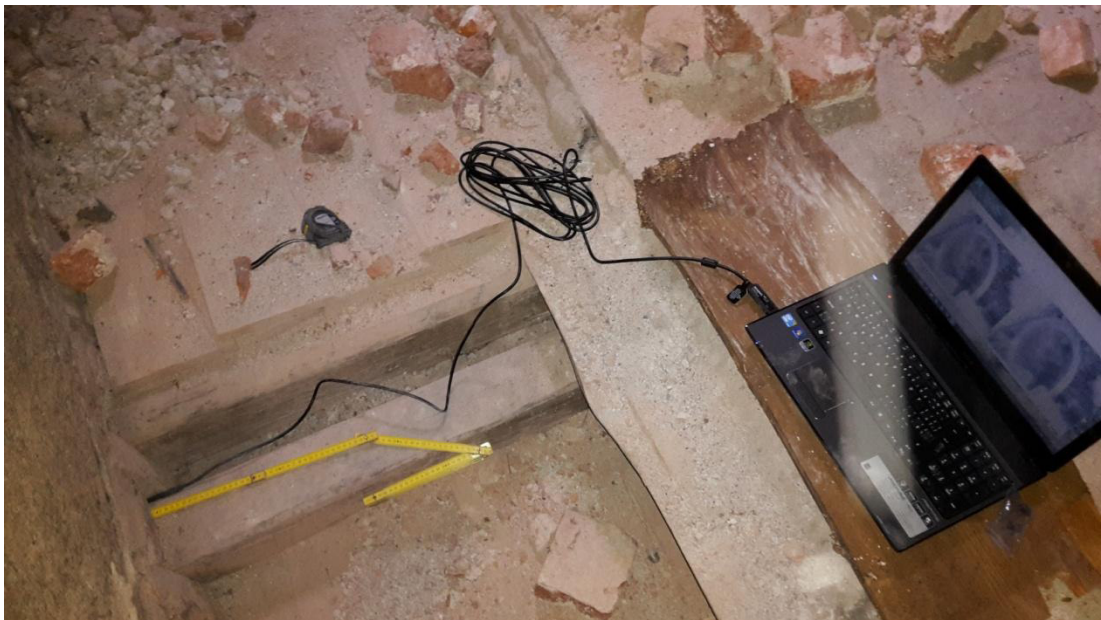
Následující fotodokumentace byla pořízena při osobní prohlídce objektu konané dne 6. 10. 2017



Obrázek 24: Činžovní dům, Vítězná 8



Obrázek 25: Sonda D - Vítězná, čísla trámů



Obrázek 26: Zjištění stavu zhlaví trámů, pomocí endoskopické kamery

Trám č. 1



Obrázek 27: Sonda D - Trám č. 1



Obrázek 28: Sonda D - Trám č. 1



Obrázek 29: Sonda D - Trám č. 1



Obrázek 30: Sonda D - Trám č. 1 - čelo trámu, endoskopem

Trám č. 2



Obrázek 31: Sonda D - Trám č. 2



Obrázek 32: Sonda D - Trám č. 2



Obrázek 33: Sonda D - Trám č. 2 - čelo trámu, endoskopem

Trám č. 3



Obrázek 34: Sonda D - Trám č. 3

Sonda E - Trám č. 4



Obrázek 35: Sonda E - Trám č. 4



Obrázek 36: Sonda E - Trám č. 4



Obrázek 37: Sonda E - Trám č. 4



Obrázek 38: Sonda E - Trám č. 4



Obrázek 39: Sonda E - Trám č. 4 - endoskopicky čelo trámu

Zjištěné šířky bezpečnostní vzduchové mezery mezi stropním trámem a okolním zdivem jsou znázorněny v následující tabulce. Některé šířky nebylo možné změřit, z důvodu chybějícího okolního zdiva, které bylo odebráno při provádění sond. Tyto šířky jsou dále v tabulkách označeny „x“

Tabulka 6: Šířka vzduchové mezery - Sonda D, E – Vítězná

Ozn.	Šířka vzduchové mezery [cm]				
	Napravo	Nalevo	Nad	Čelo	Průměr
Trám č. 1	1,0	1,5	1,3	2,5	1,6
Trám č. 2	x	0,5	1,8	1,0	1,1
Trám č. 3	x	1,5	x	x	1,5
Trám č. 4	2,0	2,5	2,0	1	1,9

Vyhodnocení průzkumu

Při průzkumu bylo nalezeno 5 odhalených stavebních sond ve 4 historických objektech, jednalo se převážně o činžovní domy a v jenom případě o obytnou část původně hospodářského dvora. U odhalených stropních trámů byly změřeny šířky vzduchových mezer v kapse uložení zdiva. Tyto šířky se lišily od požadovaných hodnot, které by měly být v rozmezí 30 – 50 mm. Ve více případech nebyla mezera žádná. V některých případech nebylo možné mezuru změřit, z důvodu nepřístupnosti nebo z důvodu odbourání okolní části zdiva. Do průměrných hodnot mezer nebyly započítány případy, kdy nebyla zjištěna žádná mezera. Průměrná šířka zjištěných mezer byla 15 mm. Neměřitelné šířky jsou dále v tabulce označeny „x“.

Tabulka 7 : Souhrnná tabulka naměřených hodnot pro všechny objekty

Ozn.	Šířka vzduchové mezery [cm]						Průměr nenulových hodnot
	Napravo	Nalevo	Nad	čelo			
Sonda A - Dominikánský dvorec							
	1	Trám č. 1	0,0	0,0	0,0	x	0,0
	2	Trám č. 2	0,0	0,0	0,0	x	0,0
Sonda B - Šeríková							
	3	Trám č. 1	1,5	0	x	x	1,5
	4	Trám č. 2	1,0	0	x	x	1,0
Sonda C - ul. Pavla Švandy ze Semčic							
	5	Trám č. 1	0	0	x	x	0
Sonda D - Vítězná							
	6	Trám č. 1	1	1,5	1,3	2,5	1,6
	7	Trám č. 2	x	0,5	1,8	1	1,1
	8	Trám č. 3	x	1,5	x	x	1,5
Sonda E - Vítězná							
	9	Trám č. 4	2	2,5	2	1	1,9
Průměrná hodnota velikosti nenulové mezery							1,5

11 Model uložení stropního trámu

Pro ověření aplikovatelnosti dodatečné impregnace trámového zhlaví v obvodové stěně, byly vytvořeny fyzické modely s reálnými rozměry. Pro porovnání aplikovatelnosti nástřiku impregnace byly zhotoveny dva modely s různými šířkami izolační vzduchové mezery.

Jeden model byl navržen dle předepsaných velikostí vzduchové mezery, s příkloněním se k vyšší z hodnot tj. 50 mm.



Obrázek 40: Model č. 1 - pohled přední

Cílem druhého modelu bylo ověřit možnost postřiku při skutečných manipulačních možnostech uvnitř zděné kapsy. Pro zhotovení modelu byla uvažována průměrná velikost mezery, vypočtená pouze ze změřených nenulových hodnot mezer v sondách. Protože, když není zjištěna žádná mezera, je nutné ji nejprve vytvořit v ideální velikosti a až následně aplikovat ochranné nástřiky. Šířka izolační vzduchové mezery v modelu odpovídá této zprůměrované hodnotě, tj. 15 mm.



Obrázek 41: Model č. 2 - pohled přední



Obrázek 42: Model č. 2 - pohled horní

V následující části práce je zdokumentováno provedení nástřiku zhlaví dřevěného trámu uloženého do kapsy v obvodové stěně, prováděno v laboratoři fakulty stavební ČVUT. V tomto případě je pro lepší názornost celého pokusu zděná kapsa znázorněna stěnou z průhledného plexiskla.

K nástřiku byl použit ruční tlakový postřikovač typu Solo 402. Pro profesionální a efektivnější aplikaci nástřiku je vhodnější použít spíše kompresorové stříkací pistole.

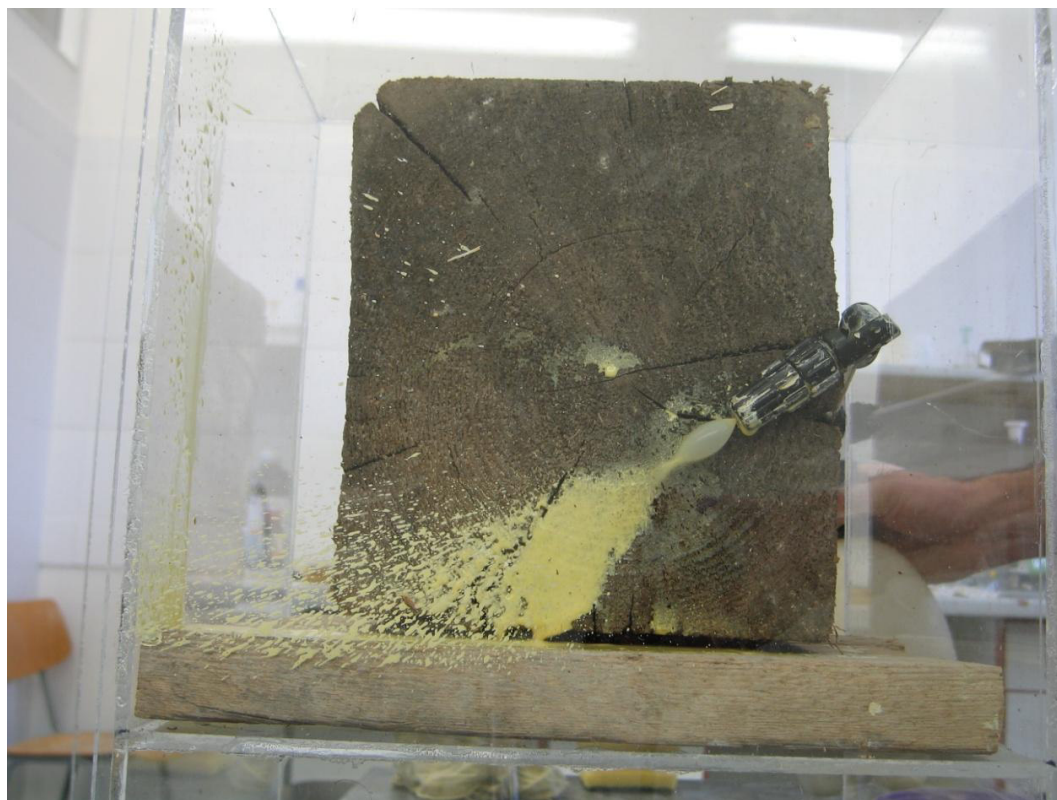
Tyto kompresorové pistole pracují s vyššími tlaky a také mají optimálně navrženou hlavu trysky. Tím dojde k jemnějšímu rozstřiku a přesnějšímu nasměrování aplikované látky. Nedojde k tak velkému zavodnění okolí, jako při ověřovacím pokusu.

Pro optické zvýraznění dokonalosti nástřiku byl proveden nástřik vodou ředitelnou barvou Primalex žluté barvy.

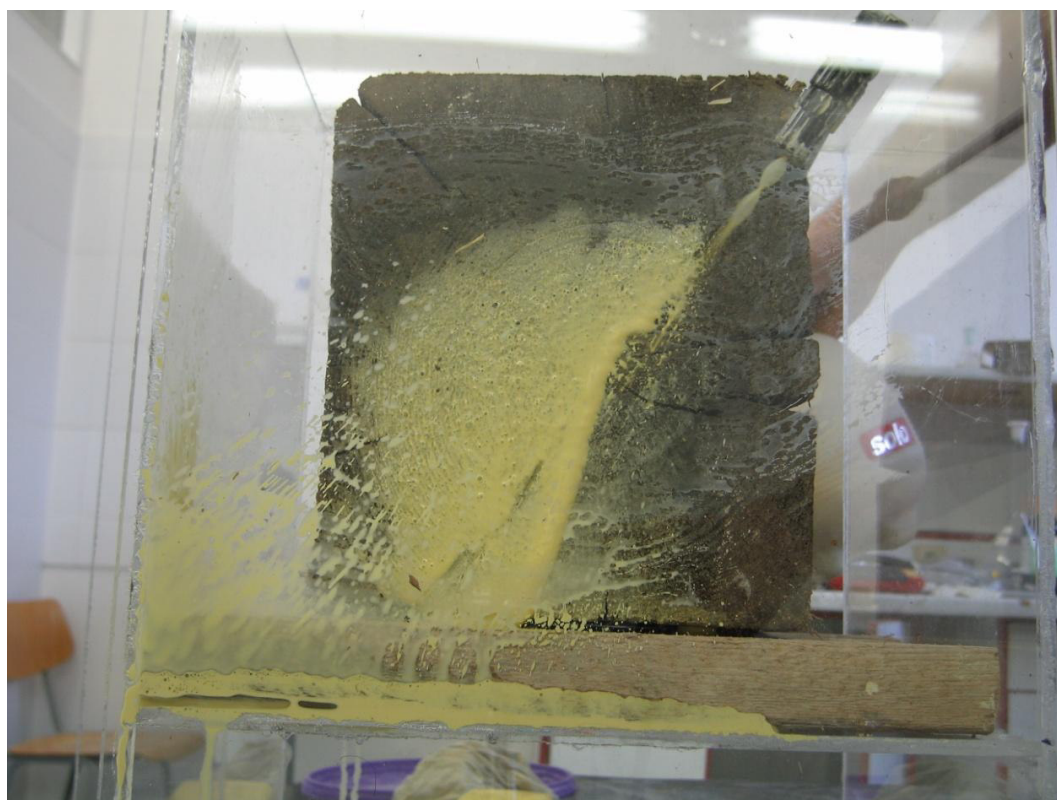


Obrázek 43: Postřikovač Solo 402

Postup aplikace Model č. 1



Obrázek 44: Model č. 1 - nástřik čelo



Obrázek 45: Model č. 1 - nástřik čelo II



Obrázek 46: Model č. 1 - nástřik bok



Obrázek 47: Model č. 1 - nástřik vrch



Obrázek 48: Model č. 1 - po zaschnutí bok



Obrázek 49: Model č. 1 - po zaschnutí čelo

Obdobný postup byl proveden u modelu č. 2, který měl menší vzduchovou mezeru, konkrétně místo 50 mm pouze 15 mm.



Obrázek 50: Model č. 2 - pohled na čelo



Obrázek 51: Model č. 2 - nástřik bok



Obrázek 52: Model č. 2 - po zaschnutí čelo



Obrázek 53: Model č. 2 - po zaschnutí bok

Po provedeném nástřiku obou modelů mohu konstatovat, že v případě prvního modelu, tj. šířka vzduchové mezery je 50 mm, lze nástřik aplikovat bez velkých obtíží a dodatečných úprav okolního zdiva. U druhého modelu se vzduchovou mezerou šířky pouze 15 mm je aplikace ochranné látky postřikem možná, avšak vlivem stísněných podmínek velmi obtížně proveditelná. Kontrola dokonalosti provedení je mnohem obtížnější. Je otázkou, do jaké míry by byla provedená ochrana v takovýchto podmínkách spolehlivá.

12 Rizika při aplikaci impregnace

Provedeným pokusem byla zjištěna některá rizika při dodatečné aplikaci impregnací do zhlaví trámů postřikem.

Pro zamezení vnikání vlhkosti do dřevěných trámů a následnému napadení a rozvoji dřevokazných hub a plísní je velmi důležité provedení celistvého a plnoplošného nástřiku. Proto se musí věnovat zvýšená pozornost především důkladnému vpravení impregnačních látek do hloubky všech trhlin na povrchu trámu a na obtížně přístupná místa jako je např. čelo trámu.

Aby byl zajištěn spolehlivý nástřik do všech trhlin v trámu, je nutné dopravit velké množství impregnační látky. Přebytečné množství roztoku však bude stékat po povrchu trámu do prostoru kapsy a odtud může následně zatékat do zdiva nebo vytékat po stěně a tím její povrch poškodit.

Z tohoto důvodu je nutné provádět impregnační nástřik v dostatečném předstihu před instalací tepelné izolace. Musíme zajistit, aby přebytečná vlhkost vnesená do zdiva a dřeva se stihla během technologické přestávky odpařit a nepodpořila výskyt dřevokazných hub. Což při nástřiku impregnačními látkami na bázi vodního roztoku může trvat poměrně dlouho. Oproti tomu použití impregnačních látek na bázi ředidel proces vysychání probíhá rychleji. Prostředky na bázi těkavých látek však nejsou přívětivé k životnímu prostředí.

Kontrolní ověření důkladnosti a celistvosti provedené aplikace je velmi obtížné. Musíme se většinou spoléhat na optickou kontrolu. V případech, kdy byla v uložení trámu zjištěna dostatečná šířka vzduchové mezery pro aplikaci ochranného prostředku, a tedy nemusíme zvětšovat prostor kapsy, není možná optická kontrola pouhým okem. Do stísněného prostoru vzduchové mezery, a hlavně k čelu trámu, můžeme nahlédnout například pomocí endoskopických kamerových sond. Ale i tak je kontrola obtížně proveditelná.



Obrázek 54: Kontrola provedení



Obrázek 55: Kontrola provedení endoskopicky

13 Možné ztížení podmínek při impregnaci zhlaví

Při prováděných průzkumech bylo zjištěno, že může dojít ke komplikacím v zamýšleném ošetření zhlaví trámů. A to z důvodu nepřístupnosti (zazdění) nebo z důvodu pokročilé fáze rozkladu dřeva (hniloba, trouchnivění atd)

13.1 Nepřístupné zhlaví

Při osobním průzkumu stavu zhlaví stropních trámů (popsané v kapitole 10) byly zjištěny časté nedostatečné šířky bezpečnostní vzduchové mezery mezi stropním trámem a zdívem. V takovém případě není aplikace impregnačního postřiku proveditelná. Je nutné bezpečnostní mezeru vytvořit dodatečně.

Zhlaví stropních trámů, která jsou naplno zazděná v obvodové stěně je nutno vysekat ze zdiva tak, aby na bocích, v čele a nad horní stranou profilu vznikla odvětrávaná mezera šířky minimálně 30 mm. Následně by šlo provést postřik impregnační látky. Problematické je ovšem vytvoření potřebné mezery v čele trámu, neboť prohlubování kapsy ve zdivu, ve které je uložen trám, je velmi obtížné. Jedním z možných řešení může být odhalení stropních trámů shora (odstraněním skladby podlahy, náspu i záklopu) a následně vysekání zdiva na bocích a nad profilem trámu.(viz Obrázek 56)



Obrázek 56: Vysekání zdiva

Dalším krokem je šikmé seříznutí čela trámu, konzultované se statikem. U takto upraveného čela trámu už je možné snadněji a důkladněji aplikovat postřík. Po důkladné optické kontrole provedené aplikace impregnace se vysekané zdivo nad trámem dozdí, Ovšem je nutné ponechat vzduchovou mezeru mezi zdivem a trámem minimálně 30 mm.

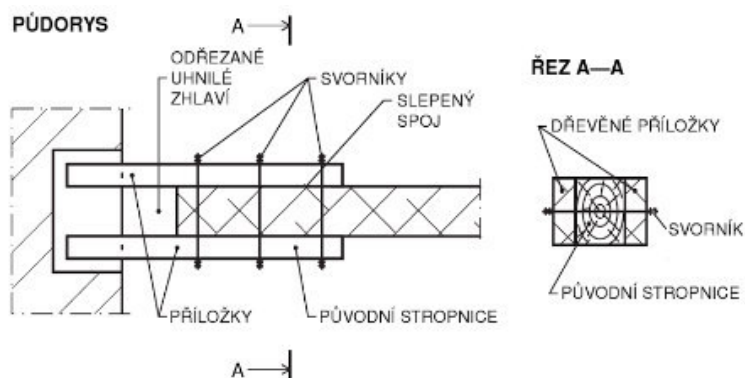
13.2 Uhnilé zhlaví trámů

V případě biologicky napadeného trámu, se nemusíme zabývat jeho dodatečným ošetřením, protože z důvodu zamezení dalšího šíření choroby je nutné napadenou část trámu odstranit a nahradit zdravým dřevem, které bude již dokonale naimpregnované. Opravu poškozeného zhlaví lze provést několika způsoby. [12]

- Náhrada zhlaví trámu bočními dřevěnými příložkami
- Uložení zdravé části trámu do ocelové konzoly
- Kombinací plombování a příložkami
- Náhrada části trámu za nový masiv

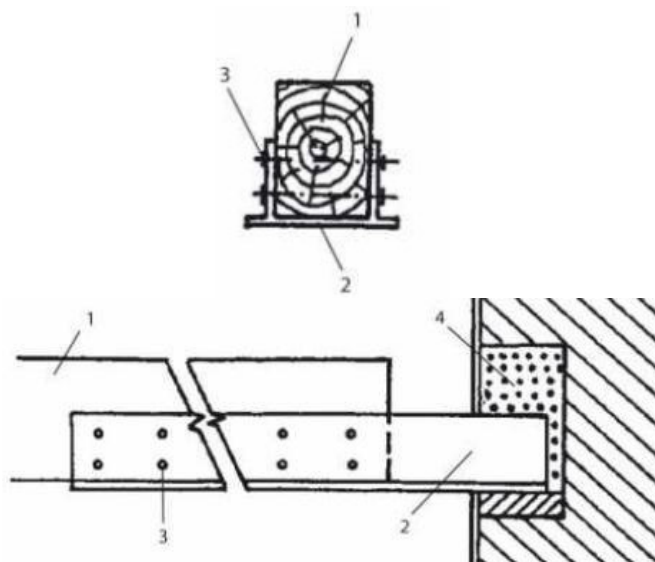
U všech způsobů nahrazení je nutné odhalit stropní trám jak shora, tak i ze spodu. Shora se odstraní podlaha, násyp i záklop a ze spodu podbití s omítkou. Zdravá část trámu se podepře a následně se poškozená část odřízne. [12]

Při náhradě zhlaví trámu bočními dřevěnými příložkami se příložky naimpregnují a připojí svorníky a hmoždíky ke zbylé části trámu. Délka spoje a použité spojovací prostředky se navrhnu dle statického výpočtu. Zhlaví přílozek, uložené ve zdivu, se uloží na naimpregnovanou dřevěnou podložku, výšky min. 30 mm. Mezi podložkou a stěnou kapsy ve zdivu musí být vzduchová mezera šířky minimálně 50 mm. [12]



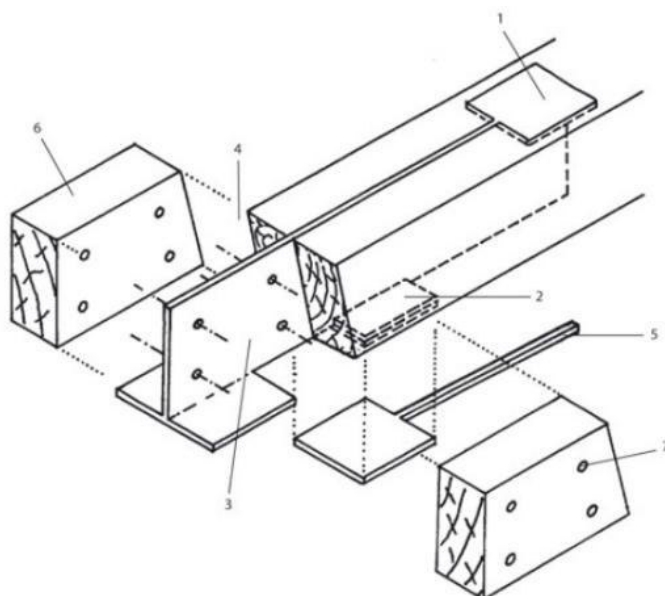
Obrázek 57: Schéma nastavení trámu příložkami [23]

Metoda uložení do ocelových konzol je vhodná při výraznějším poškození zhlaví stropního trámu. Zdravá část trámu se ukotví do ocelové konzoly pomocí svorníků. Konzola je ve zdivu zabetonována. Existují dva hlavní způsoby ocelových kotev. První, tradiční způsob, kdy se do konzoly vsune stropní trám (Obrázek 58) a druhý, pomocí speciální monolitní nosíkové konzoly, která se zasune do zářezu ve stropním trámu (Obrázek 59). Ta se používá při potřebě zachování vzhledu trámového stropu, kdy se následně konzola obloží nenosnou příložkou. [12]



- 1 - stropní trám
- 2 - ocelová konzola
- 3 - svorníky
- 4 - zabetonování konzole

Obrázek 58: Schéma klasické ocelové konzoly [24]



- 1 - nosíková konzola
- 2 - přitlačná deska
- 3 - nosíková konzola
- 5 - přitlačná deska
- 6 - nové obložení
- 7 - svorníky

Obrázek 59: Schéma monolitní nosíkové konzoly [24]

Metoda kombinace plombování s příložkami se používá méně často. Poškozené zhlaví se nahradí dřevěným masivem a ke zbylému trámu se připojí pomocí vrchních a spodních ocelových příložek. Případně může být místo ocelových příložek požit některý z množství tesařských spojů, např. přeplátování. Tento způsob se následně nazývá protézováním. Tyto způsoby se často navrhují v případech, kdy je potřeba nahradit poměrně veliký kus původního trámu. [12] [25]



Obrázek 60: Protézování trámu [25]

14 Závěr

V této práci byly popsány důvody, kdy je nutné dodatečně ošetřit zhlaví dřevěných trámů. Ošetření je nutné provést před provedením dodatečných vnitřních zateplovacích systémů, aby bylo zabráněno pronikání vlhkosti do dřeva trámů a následnému napadení dřevokaznými mikroorganismy.

Pro zjištění v jakém stavu se nachází uložení stropních trámů v obvodovém zdivu, které by mohlo být zateplováno, byl proveden průzkum ve čtyřech historických objektech v Praze. Průzkumem byly zjištěny skutečné velikosti vzduchových mezer okolo trámů. Tyto mezery neodpovídaly požadovaným hodnotám, protože buď nebyly žádné, nebo byly příliš malé.

Aby bylo ověřeno, zda lze i v takto výrazně stísněných podmínkách aplikovat ochranný prostředek postřikem, byly vytvořeny dva fyzické modely uložení zhlaví trámů do zdiva, s rozdílnými šířkami mezer kolem dřevěného trámu. V laboratoři pak byl proveden pokusný nástřik modelů.

Tímto experimentem bylo zjištěno, že v případě odpovídajících šířek mezer je provedení ochranného nástřiku možné bez větších obtíží. V případě mezer o zkoumané šířce 15 mm je sice nástřik také možný, ale obtížně proveditelný a kontrolovatelný.

V případech kdy jsou mezery menší než 15 mm nebo nejsou žádné, je nutné mezeru rozšířit, případně vytvořit, na dostatečnou velikost, provést ochranný postřik zhlaví trámů a následně otvor opět dozdit, tak aby byla zachována šířka mezery alespoň 30 – 50 mm.

Ochrana dřevěného trámu impregnačním nástřikem není jediným technickým řešením jak zabránit pronikání vlhkosti do dřeva ve zdivu a jeho degradaci. Dalším z možných řešení může být zamezení kondenzace vodní páry na povrchu zhlaví, například zvýšením teploty prostředí v okolí zhlaví trámu, nebo zamezení pronikání vlhkosti do prostoru zhlaví. Zkoumání těchto variant může být předmětem dalších prací.

Seznam použité literatury

1. **Šála, Jiří.** O vnitřním zateplení. *stavba.tzb-info.cz*. [Online] 4. 5 2001. [Citace: 1. 10 2017.] <http://stavba.tzb-info.cz/izolace-strechy-fasady/540-o-vnitrnim-zatepleni>.
2. **Solař, Jaroslav.** Pozemní stavitelství IV. [Online] [Citace: 10. 11 2017.] <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/13.html>.
3. **Sedláček, Jiří.** Přednosti vnitřního a venkovního zateplení. *stavba.tzb-info.cz*. [Online] 27. 2 2004. [Citace: 5. 10 2017.] <http://stavba.tzb-info.cz/1840-prednosti-vnitriho-a-venkovniho-zatepleni>.
4. **Koukal, Milan.** Vnitřní zateplení historických budov. *stavba.tzb-info.cz*. [Online] 16. 10 2014. [Citace: 30. 9 2017.] <http://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/11841-vnitri-zatepleni-historickych-budov>.
5. **Šťastný, Pavel.** Problematika kapilárně aktivního systému vnitřního zateplení starších budov. *stavba.tzb-info.cz*. [Online] 20. 12 2011. [Citace: 11. 10 2017.] <http://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/8133-problematika-kapilarne-aktivniho-systemu-vnitriho-zatepleni-starsich-budov>.
6. **Hájek, Petr a kol.** *Pozemní stavitelství II*. Praha : Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86817-22-4.
7. **Čimel, Filip a Peřina, Zdeněk.** Pozemní stavitelství II. [Online] [Citace: 15. 10 2017.] <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FAST/PS2/stropni-konstrukce.html#stropy1-3>.
8. **Hraba a kol., Josef.** *Základy stavitelství*. Praha : ROH - Práce, 1953. 301 05 88.
9. **Korfta, Jiří.** *Stavitelství II. díl*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1954. 301 05 73.
10. **Severin, Ondřej.** *Stavba domu v praxi / díl I*. Praha : Grada, 2002 (1932). ISBN 80-247-0262-2.
11. **Ptáček, Petr.** *Ochrana dřeva*. Praha : Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2326-6.

12. **Reinprecht, Ladislav a Štefko, Jozef.** *Dřevěné stropy a krovy - typy, poruchy, průzkumy a rekonstrukce.* Praha : ABF, 2000. ISBN 80-86165-29-9.
13. **Ryparová, Pavla a Wasserbauer, Richard.** Biologické procesy ve dřevě uzavřeném v obvodových i vnitřních konstrukcích staveb. *stavba.tzb-info.cz.* [Online] 16. 1 2012. [Citace: 10. 11 2017.] <http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/8199-biologicke-procesy-ve-dreve-uzavrenem-v-obvodovych-i-vnitrnich-konstrukcich-staveb>.
14. **Baier, Jiří a Týn, Zdeněk.** *Ochrana dřeva.* Praha : Grada, 2004. ISBN 80-247-9000-9.
15. **Tejkal, Karel.** Myko-atlas. *Česká mykologická společnost.* [Online] [Citace: 20. 12 2017.] <https://www.myko.cz/myko-atlas/Gloeophyllum-sepiarium/>.
16. Desinsekta - Atlas škůdců - Koniofora sklepní. [Online] [Citace: 8. 12 2017.] <https://www.desinsekta.cz/atlas-kdc/45-konifera-sklepni>.
17. **Wegerer, Paul a Bednar, Thomas.** *Hygrothermal performance of wooden beam heads in inside insulated walls considering air flows.* Vien : Elsevier - Energy Procedia 132, 2017. stránky 652-657.
18. **Vereeckena, Evy a Roels, Staf.** *Wooden beam ends in combination with interior insulation: the importance of an airtight sealing.* Norway : Elsevier - Energy Procedia 132, 2017. stránky 664-669.
19. **Kehl et al., D.** *Wooden Beam Ends in Masonry with Interior Insulation – A Literature.* Vien : Central European Symposium on Building Physics, 2013. stránky 299-304. ISBN: 978-3-85437-321-6.
20. **Kinzel, Jan.** *Trámová zhlaví v systémech vnitřního zateplení.* Praha : Diplomová práce, 2015.
21. Dominikánský dvorec. *Národní památkový ústav.* [Online] 2015. [Citace: 15. 9 2017.] <http://pamatkovykatalog.cz?element=13069589&action=element&presenter=ElementsResults>.

22. ul. Vítězná. *Národní památkový ústav*. [Online] 2015. [Citace: 15. 9 2017.]
<http://pamatkovykatalog.cz/?order=relevance%3Adesc&mode=fulltext&keywords=v%C3%ADt%C4%9Bzn%C3%A1®ion%5B0%5D=Hlavn%C3%AD+m%C4%9Bsto+Praha&county%5B0%5D=Praha&municipality%5B0%5D=Praha&municipalityPart%5B0%5D=Mal%C3%A1+Strana&presenter=ElementsResults>.
23. **Vlček, Milan**. *Opravy rodinného domu*. Praha : Graga, 2009. ISBN 978-80-247-1950-4.
24. **Reinprecht, Ladislav**. Rekonstrukce dřevěných prvků protézováním, příložkováním a ukotvením do ocelových konzol. *ASB_portal*. [Online] 25. 7 2008. [Citace: 7. 12 2017.] <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/drevostavby/rekonstrukce-drevenych-prvku-protezovanim-prilozkovanim-a-ukotvenim-do-ocelovych-konzol>.
25. **Hoath, John**. Repairing Historic Roof Timbers. [Online] 2006. [Citace: 15. 12 2017.] <http://www.buildingconservation.com/articles/rooftimber/rooftimber.htm>.
26. Zásady chemické ochrany dřeva. [Online] [Citace: 20. 12 2017.]
http://drevari.humlak.cz/data_web/Data_skola/HUdreva/6.pdf.
27. Současné fungicidy a insekticidy v ochraně dřeva. [Online] [Citace: 21. 12 2017.]
http://drevari.humlak.cz/data_web/Data_skola/HUdreva/8.pdf.
28. **Reinprecht, Ladislav**. Chemická ochrana dřeva. [Online] 28. 8 2008. [Citace: 20. 12 2017.] <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyrobky/lepidla-natery-tmely/chemicka-ochrana-dreva>.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Průběh teploty v nezateplené a zateplené stěně v zimě [1]	- 9 -
Obrázek 2: Průběh teplot v konstrukci a) nezateplené b) s vnitřním zateplením c) s vnějším zateplením [1]	- 11 -
Obrázek 3: Konstrukční napojení tepelné izolace ke vnitřní stěně odskokem a vnitřními klíny [3]	- 14 -
Obrázek 4: Trámový strop se zapuštěným zákopem a omítnutým podhledem [7]-	17 -
Obrázek 5: Fošnový strop [7].....	- 18 -
Obrázek 6: Plodnice dřevomorky domácí [13]	- 21 -
Obrázek 7: Trámovka plotní [15].....	- 21 -
Obrázek 8: Koniofora sklepní [16]	- 22 -
Obrázek 9: Relativní vlhkost ve svislém řezu vedeným osou trámu <i>Zdroj [20] str.</i> <i>173 Obrázek 138</i>	- 25 -
Obrázek 10: Dominikánský dvorec - Branická.....	- 29 -
Obrázek 11: Sonda A - Dominikánský dvorec, čísla trámů.....	- 29 -
Obrázek 12: Sonda A - Trám č. 1	- 30 -
Obrázek 13: Sonda A - Trám č. 2	- 30 -
Obrázek 14: Sonda A - Trám č. 2 - hloubka uložení	- 30 -
Obrázek 15: Činžovní dům, Šeříková 8	- 31 -
Obrázek 16: Sonda B – Šeříková, čísla trámů.....	- 32 -
Obrázek 17: Sonda B - Trám č. 1.....	- 32 -
Obrázek 18: Sonda B - Trám č. 1	- 32 -
Obrázek 19: Sonda B - Trám č.2.....	- 33 -
Obrázek 20: Sonda B - Trám č. 2.....	- 33 -
Obrázek 21: Činžovní dům, ul. Pavla Švandy ze Semčic	- 34 -
Obrázek 22: Sonda C – ul. Pavla Švandy ze Semčic	- 35 -
Obrázek 23: Sonda C - Trám č. 1	- 35 -
Obrázek 24: Činžovní dům, Vítězná 8	- 36 -
Obrázek 25: Sonda D - Vítězná, čísla trámů.....	- 37 -
Obrázek 26: Zjištění stavu zhlaví trámů, pomocí endoskopické kamery	- 37 -
Obrázek 27: Sonda D - Trám č. 1	- 38 -
Obrázek 28: Sonda D - Trám č. 1	- 38 -
Obrázek 29: Sonda D - Trám č. 1	- 38 -

Obrázek 30: Sonda D - Trám č. 1 - čelo trámu, endoskopem.....	39 -
Obrázek 31: Sonda D - Trám č. 2	39 -
Obrázek 32: Sonda D - Trám č. 2	40 -
Obrázek 33: Sonda D - Trám č. 2 - čelo trámu, endoskopem.....	40 -
Obrázek 34: Sonda D - Trám č. 3	40 -
Obrázek 35: Sonda E - Trám č. 4.....	41 -
Obrázek 36: Sonda E - Trám č. 4.....	41 -
Obrázek 37: Sonda E - Trám č. 4.....	42 -
Obrázek 38: Sonda E - Trám č. 4.....	42 -
Obrázek 39: Sonda E - Trám č. 4 - endoskopicky čelo trámu	42 -
Obrázek 40: Model č. 1 - pohled přední	44 -
Obrázek 41: Model č. 2 - pohled přední	45 -
Obrázek 42: Model č. 2 - pohled horní	45 -
Obrázek 43: Postřikovač Solo 402	46 -
Obrázek 44: Model č. 1 - nástřík čelo	47 -
Obrázek 45: Model č. 1 - nástřík čelo II	47 -
Obrázek 46: Model č. 1 - nástřík bok.....	48 -
Obrázek 47: Model č. 1 - nástřík vrch.....	48 -
Obrázek 48: Model č. 1 - po zaschnutí bok	49 -
Obrázek 49: Model č. 1 - po zaschnutí čelo.....	49 -
Obrázek 50: Model č. 2- pohled na čelo	50 -
Obrázek 51: Model č. 2 - nástřík bok.....	50 -
Obrázek 52: Model č. 2 - po zaschnutí čelo.....	51 -
Obrázek 53: Model č. 2 - po zaschnutí bok	51 -
Obrázek 54: Kontrola provedení.....	53 -
Obrázek 55: Kontrola provedení endoskopicky.....	53 -
Obrázek 56: Vysekání zdiva	54 -
Obrázek 57: Schéma nastavení trámu příložkami [23].....	55 -
Obrázek 58: Schéma klasické ocelové konzoly [24]	56 -
Obrázek 59: Schéma monolitní nosníkové konzoly [24].....	56 -
Obrázek 60: Protézování trámu [25].....	57 -

Seznam tabulek

Tabulka 1: Znehodnocení mechanických vlastností dřeva v důsledku hniloby.....	20 -
Tabulka 2: Teploty povrchu zhlaví trámu	24 -
Tabulka 3: Šířka vzduchové mezery - Sonda A – Dominikánský dvorec	31 -
Tabulka 4: Šířka vzduchové mezery - Sonda B – Šeříková.....	33 -
Tabulka 5: Šířka vzduchové mezery - Sonda C – ul. Pavla Švandy	36 -
Tabulka 6: Šířka vzduchové mezery - Sonda D, E – Vítězná.....	43 -
Tabulka 7 : Souhrnná tabulka naměřených hodnot pro všechny objekty	43 -