



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING TESTING

OPERATIVNÍ DIAGNOSTIKA OBJEKTU POSTIŽENÉHO POŽÁREM

OPERATIVE DIAGNOSTICS OF AN OBJECT AFFECTED BY FIRE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Barbora Hnátková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav stavebního zkušebnictví
Studentka:	Barbora Hnátková
Vedoucí práce:	doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Akademický rok:	2022/23
Studijní program:	B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce a dopravní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Operativní diagnostika objektu postiženého požárem

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na zadaném objektu realizovat operativní diagnostiku konstrukčních prvků a celků. Hodnocený objekt byl vystaven účinkům požáru. Komplexní hodnocení nálezů diagnostického průzkumu.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Návrh a realizace stavebně materiálového a konstrukčního průzkumu objektu postiženého požárem. Analýzou nálezů diagnostického průzkumu zhodnotit reálná rozsah poškození nosných konstrukčních prvků a celků. Návrh nutných stavebních opatření pro zajištění dlouhodobé mechanické odolnosti, spolehlivosti a životnosti.

Seznam doporučené literatury a podklady:

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí

ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující ustanovení

ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1996-1-1 Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce

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

Schmid, P. a kol. Základy zkušebnictví, FAST VUT v Brně

Hobst, L. a kol.. Diagnostika stavebních konstrukcí, FAST VUT v Brně

Bažant, Z., Klusáček, L. Statika při rekonstrukcích objektů, FAST VUT v Brně

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 18. 11. 2022

L. S.

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
vedoucí ústavu

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá stavebně technickým průzkumem objektu rodinného domu, který byl zasažen požárem. V teoretické části se tato práce zaměřuje na problematiku požární odolnosti zděných a hlavně dřevěných konstrukcí. V praktické části je popis objektu, popisy diagnostických metod, průběhy zkoušek a jejich vyhodnocení. Cílem průzkumu je zjistit stav objektu po požáru a jeho spolehlivost.

KLÍČOVÁ SLOVA

Stavebně technický průzkum, diagnostika, požár, požární odolnost, dřevo, dřevěné konstrukce, zdivo, zděné konstrukce, vodorovné konstrukce, destruktivní metody, nedestruktivní metody, Pilodyn, vlhkost dřeva, pevnost v tlaku

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with technical construction research of the family house which was affected by a fire. The theoretical part of this bachelor's thesis is describing a fire resistance of the masonry and mainly timber structures. In the practical part is a description of the construction, descriptions of the diagnostic methods, goings of the tests and their evaluation. The main focus of the survey is to find out a state of the construction after the fire and its reliability.

KEYWORDS

Construction and technological survey, diagnostics, fire, fire resistance, wood, timber structures, masonry, masonry structures, horizontal structures, destructive methods, nondestructive methods, Pilodyn, wood humidity, compressive strength

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HNÁTKOVÁ, Barbora. *Operativní diagnostika objektu postiženého požárem*. Brno, 2023. 69 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Operativní diagnostika objektu postiženého požárem* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2023

Barbora Hnátková

autor

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Operativní diagnostika objektu postíženého požárem* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 26. 5. 2023

Barbora Hnátková

autor

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Pavlu Schmidovi, Ph.D. za odbornou pomoc, vstřícnost a rady při zpracování mé práce.

Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Věře Heřmánkové, Ph.D. za pomoc při provádění a vyhodnocování zkoušek. A také bych ráda poděkovala všem svým blízkým za podporu v průběhu celého studia.

Obsah

1	Úvod	- 10 -
1.1	Cíle práce.....	- 11 -
2	Teoretická část	- 12 -
2.1	Požární odolnost dřevěných konstrukcí	- 12 -
2.1.1	Návrhové hodnoty vlastností materiálu.....	- 12 -
2.1.2	Návrhové hodnoty účinku zatížení.....	- 14 -
2.1.3	Hloubky zuhelnatění	- 15 -
2.1.4	Metoda redukovaného průřezu.....	- 17 -
2.1.5	Metoda redukovaných vlastností	- 18 -
2.2	Požární odolnost spojů dřevěných konstrukcí	- 20 -
2.2.1	Spoje s bočními prvky ze dřeva.....	- 20 -
2.2.2	Spoje s vnějšími ocelovými deskami	- 27 -
2.2.3	Zjednodušená pravidla pro osově zatížené vruty	- 27 -
2.3	Požární odolnost zděných konstrukcí.....	- 30 -
2.3.1	Zásady navrhování	- 31 -
2.3.2	Posouzení zkouškami.....	- 32 -
2.3.3	Posouzení použitím tabulkových hodnot	- 32 -
2.3.4	Posouzení výpočtem	- 32 -
3	Praktická část	- 36 -
3.1	Lokalizace objektu	- 36 -
3.2	Dispoziční řešení a základní popis objektu	- 36 -
3.3	Účel průzkumu	- 39 -
3.4	Prvotní prohlídka	- 39 -
3.5	Diagnostický průzkum	- 44 -
3.5.1	Zakreslení půdorysu v úrovni 1. NP s řezy	- 45 -
3.5.2	Zkoušky dřevěného stropu	- 46 -
3.5.3	Zkoušky pozednicového zdiva.....	- 58 -
3.5.4	Zkoušky štítových stěn	- 61 -
4	Návrh opatření.....	- 62 -
5	Závěr	- 63 -
6	Seznam použitých zdrojů.....	- 65 -
7	Seznam použitých obrázků.....	- 67 -
8	Seznam použitých tabulek.....	- 69 -

1 Úvod

Diagnostika stavebních konstrukcí patří mezi mladší odvětví stavebního inženýrství. V dnešní době je nedílnou součástí při hodnocení stavu existujících konstrukcí. Může se jednat jak o konstrukce nové, tak i konstrukce starší. V dnešní době je velmi moderní rekonstruování budov nebo jejich rozšiřování (nástavby, přístavby). V tomto případě bývá žádoucí diagnostika dané konstrukce, aby se na základě prohlídky konstrukce a po provedení zkoušek dalo s jistotou říci, zda je tento zásah do konstrukce vhodný. Kromě změn v užívání nebo prodloužení životnosti se diagnostika zabývá i viditelnými poruchami konstrukcí jako jsou trhliny či jiné degradace materiálu. V tomto případě je většinou cílem diagnostiky ověřit spolehlivost dané konstrukce. Ověření může proběhnout na žádost úřadů, pojišťoven, ale i vlastníků konstrukce. Jak je zmíněno výše, jedná se o diagnostiku nových, ale i starších konstrukcí. V případě starších konstrukcí může být problémem nedostatek informací. Často se stává, že chybí původní projektová dokumentace, ale i když někdy k dispozici je, je vhodné raději vše ověřit, protože ne vždy se na ni můžeme s jistotou spolehnout. Pokud máme nedostatek vstupních informací, je vhodné počítat s nejhorsím, proto se přistupuje k zásadě, že je daná konstrukce v horším stavu, než se na první pohled zdá.

Diagnostika se tedy zabývá měřením, pozorováním a zkoušením konstrukcí. Může se jednat jen o část konstrukce nebo o konstrukci jako celek. Veškeré výstupní parametry, se kterými se poté pracuje, slouží projektantům a statikům. Informace o dané konstrukci získáváme prostřednictvím nedestruktivních, semi-destruktivních a destruktivních metod. Nejvhodnější je tyto metody kombinovat, protože každá metoda má své klady i zápory. Destruktivní zkoušky nám většinou prozradí nejvíce o stavu dané konstrukce, ale vždy je zde určité procento poškození, proto se snažíme nejdříve přistoupit k nedestruktivním metodám, které ovšem nejsou tak spolehlivé jako ty destruktivní.

1.1 Cíle práce

Cílem mé bakalářské práce je posoudit rodinný dům, který byl zasažen požárem. Hlavním předmětem diagnostiky budou stropní konstrukce a zdivo, které bylo požárem poškozeno.

V teoretické části se tato práce věnuje problematice požární odolnosti. Konkrétně se zaměřuje na chování dřeva, včetně spojů, a zdiva během požáru.

Praktická část je věnována samotnému diagnostickému průzkumu. Je zde popsána lokalizace a základní informace o objektu. Dále následuje prvotní prohlídka, díky které se předběžně určilo, co bude předmětem průzkumu. Nakonec přichází nejdůležitější část, a to provedení zkoušek včetně jejich popisů, průběhů a vyhodnocení.

2 Teoretická část

2.1 Požární odolnost dřevěných konstrukcí

Chování dřeva a materiálů na bázi dřeva se liší při rozhořívání a při plně rozvinutém požáru, proto není snadné popsat jejich chování. Při rozhořívání jsou zásadní tyto aspekty – hořlavost materiálu, stupeň zápalnosti materiálu, rychlost šíření plamene po povrchu a míra předávání tepla. Proti tomu stojí plně rozvinutý požár, který představuje fázi po vzplanutí, kdy je materiál zcela pohlcen ohněm. V této fázi se zaměřuje na zachování mechanických vlastností a zamezení rozvoje ohně, kouře či vysokých teplot z oblasti jejich vzniku na sousední části konstrukce. Odolnost konstrukčního prvku vůči plnému požáru se nazývá požární odolnost, nejedná se o vlastnost materiálu jako takového [1].

2.1.1 Návrhové hodnoty vlastností materiálu

Návrhové hodnoty pevnostních a tuhostních vlastností kvůli ověření mechanické odolnosti prvků, které jsou vystaveny účinkům požáru stanovíme dle těchto vztahů [1]:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} * \frac{f_{20}}{\gamma_{M,fi}} \quad (1)$$

$$S_{d,fi} = k_{mod,fi} * \frac{S_{20}}{\gamma_{M,fi}} \quad (2)$$

Kde je:

$f_{d,fi}$ – návrhová pevnost při požáru;

$S_{d,fi}$ – návrhová tuhostní vlastnost při požáru;

f_{20} – 20 % kvantil pevnostní vlastnosti při běžné teplotě;

S_{20} – 20 % kvantil tuhostní vlastnosti při běžné teplotě;

$k_{mod,fi}$ – modifikační součinitel pro požár;

$\gamma_{M,fi}$ – dílčí součinitel spolehlivosti při požáru [1].

Modifikační součinitel pro požár nahrazuje modifikační součinitel pro navrhování při běžné teplotě. V modifikačním součiniteli pro požár je zohledněna redukce pevnostních a tuhostních vlastností při zvýšených teplotách a jeho hodnota je $\gamma_{M,fi} = 1,0$ [1].

Hodnoty 20 % kvantilů se vypočítají následovně [1]:

$$f_{20} = k_{fi} * f_k \quad (3)$$

$$S_{20} = k_{fi} * S_{05} \quad (4)$$

Kde je:

f_{20} – 20 % kvantil pevnostní vlastnosti při běžné teplotě;

S_{20} – 20 % kvantil tuhostní vlastnosti při běžné teplotě;

S_{05} – 5 % kvantil tuhostní vlastnosti při běžné teplotě;

k_{fi} – určujeme dle tabulky níže [1].

Tabulka 1: Hodnoty k_{fi} [1]

	k_{fi}
Rostlé dřevo	1,25
Lepené lamelové dřevo	1,15
Desky na bázi dřeva	1,15
LVL	1,1
Spoje se spojovacími prostředky ve stříhu s bočními prvky ze dřeva a desek na bázi dřeva	1,15
Spoje se spojovacími prostředky ve stříhu s bočními prvky z oceli	1,05
Spoje s osově zatíženými spojovacími prostředky	1,05

2.1.2 Návrhové hodnoty účinku zatížení

Podle normy [2] se mají účinky zatížení určovat v čase $t = 0$ za použití příslušných kombinačních součinitelů $\psi_{1,1}$ nebo $\psi_{2,1}$.

Pro běžnou teplotu lze určit hodnotu zatížení $E_{d,fi}$ z analýzy vztahem [1], [2]:

$$E_{d,fi} = \eta_{fi} * E_d \quad (5)$$

Kde je:

E_d – návrhový účinek zatížení při navrhování na běžnou teplotu pro základní kombinaci zatížení, viz norma [3];

η_{fi} – redukční součinitel pro návrhové zatížení při požáru [1], [3].

Pro stanovení hodnoty redukčního součinitele η_{fi} platí vztah [1], [3]:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} * Q_{k,1}}{\gamma_G * G_k + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1}} \quad (6)$$

nebo lze pro kombinaci zatížení dle normy [3] vzít menší hodnotu z následujících vztahů [1]:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} * Q_{k,1}}{\gamma_G * G_k + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1}} \quad (7a)$$

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} * Q_{k,1}}{\xi * \gamma_G * G_k + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1}} \quad (7b)$$

Kde je:

$Q_{k,1}$ – charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení;

G_k – charakteristická hodnota stálého zatížení;

γ_G – dílčí součinitel pro stálá zatížení;

γ_Q – dílčí součinitel pro proměnné zatížení 1;

ψ_{fi} – součinitel pro časté hodnoty proměnných zatížení při požáru ($\psi_{1,1}$ nebo $\psi_{2,1}$);

ξ – redukční součinitel nepříznivých stálých zatížení G [1], [2], [3].

Zjednodušeně lze uvažovat $\eta_{fi} = 0,6$, mimo užitná zatížení kategorie E, uvedená v normě [2], kde se uvažuje $\eta_{fi} = 0,7$. Za hodnoty neměnné v čase je přípustné považovat okrajové podmínky v podpěrách [1].

2.1.3 Hloubky zuhelnatění

Hloubka zuhelnatění je jeden z hlavních parametrů, který charakterizuje odolnost proti účinkům požáru prvků ze dřeva a materiálů na bázi dřeva. Jedná se o vzdálenost mezi vnějším povrchem původního prvku a polohou čáry zuhelnatění. Určuje se z doby vystavení účinkům požáru a příslušné rychlosti zuhelnatění. K zuhelnatění dochází ve chvíli, kdy jsou prvky ze dřeva a desky na bázi dřeva přímo vystaveny požáru. Z této hloubky se má vycházet při posuzování průřezů, včetně zaoblených rohů. Druhou možností je přistoupit k posouzení nominálního průřezu, v tu chvíli se zaoblení rohů neuvažuje. Poloha čáry zuhelnatění odpovídá poloze izoterm 300 °C, což platí pro většinu jehličnatých i listnatých stromů [1], [4].

Rychlosti pro zuhelnatění jsou běžně rozdílné pro:

- povrchy nechráněné během doby vystavení účinkům požáru;
- povrchy chráněné, u kterých k zuhelnatění dochází ještě před porušením pláště požární ochrany;
- povrchy chráněné, které jsou vystaveny účinkům požáru až po porušení pláště požární ochrany [1], [4].

Tyto pravidla platí pro normové vystavení účinkům požáru, které jsou dané nominální normovou teplotní křivkou závislosti teploty na čase při požáru, která odpovídá zejména celulózovému typu požárního zatížení [1], [4].

Proces hoření dřeva probíhá následujícím způsobem. Při hoření dřeva a materiálů na bázi dřeva dochází k chemickému rozkladu, při němž vzniká dřevěné uhlí a hořlavé plyny. Při teplotě mezi 340 a 430 °C se samovznítí tenký proužek dřeva, ale zápalná teplota může být i výrazně nižší v případě, že bylo dřevo vystaveno již delší dobu ohřevu. Při teplotách pohybujících se od teploty vyšší, než je pokojová teplota, ale nižší než 100 °C je do dřeva přiváděno teplo a dochází pouze k jeho vysoušení. Při 100 °C se voda mění v páru a uniká prostřednictvím hran, rohů, spojů, otevřených pórů a trhlin, proto tato místa vysychají nejrychleji. Při odpařování vody je teplota konstantní [1], [4].

V rozmezí 150 až 200 °C se tvoří povrchové plyny. Při teplotě 275 °C dochází k tepelnému rozkladu dřeva. Tento proces je poměrně pomalý, ale pokud se teplota zvýší nad 275 °C, probíhá silně exotermická reakce, díky vzniku lehké zápalné směsi uhlovodíků začne teplota rychle stoupat. Při teplotách mezi 400 až 420 °C vzniká nejvíce hořlavá směs. Pokud dojde k překročení teploty 500 °C tvoření plynů se opět sníží. Po prvním vznícení a hoření zápalné směsi plynů hoření pokračuje díky vyvíjecímu se teplu, které způsobí rozklad i v hlubších vrstvách dřeva na spalitelné produkty. Na povrchu dřeva se tvoří vrstva nespáleného uhlíku, který je špatným vodičem tepla, čímž zamezuje pronikání tepla k dosud nerozloženým vrstvám, a tedy i vzniku dalších spalitelných plynů. Pokud zůstane tato vrstva neporušená, může dojít i k ustání požáru u prvků velkých rozměrů. Tepelná vodivost této vrstvy je rovna asi pouze jedné šestině tepelné vodivosti rostlého dřeva. Zuhelnatěná vrstva se chová jako izolační vrstva, díky které se zpomaluje rozklad dřeva. Teplota je uvnitř mnohem nižší než na povrchu. Požární odolnost dřeva je tedy mnohem vyšší, než se předpokládá [1], [4].

2.1.4 Metoda redukovaného průřezu

Stanovení účinného průřezu se počítá pomocí redukce počátečního průřezu o účinnou hloubku zuhelnatění [1].

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 * d_0 \quad (8)$$

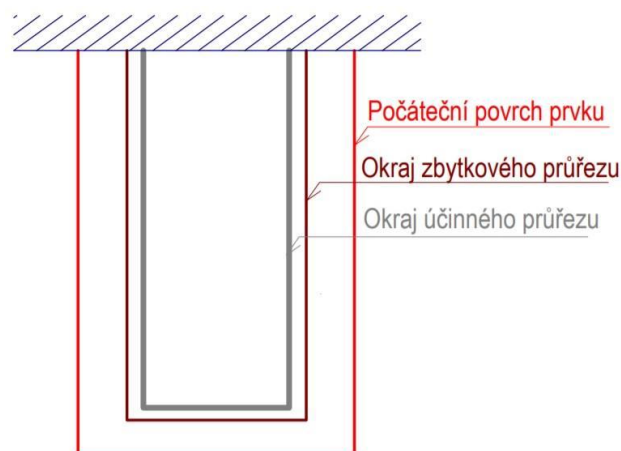
Kde je:

d_0 – 7 mm;

$d_{char,n}$ – nominální návrhová hloubka zuhelnatění;

k_0 – viz dále [1].

Předpokládá se, že ve vrstvě, která je blízko čáry zuhelnatění, tloušťky $k_0 d_0$ je nulová pevnost a tuhost, ale ve zbytkovém průřezu jsou jejich hodnoty nezměněné [1], [4].



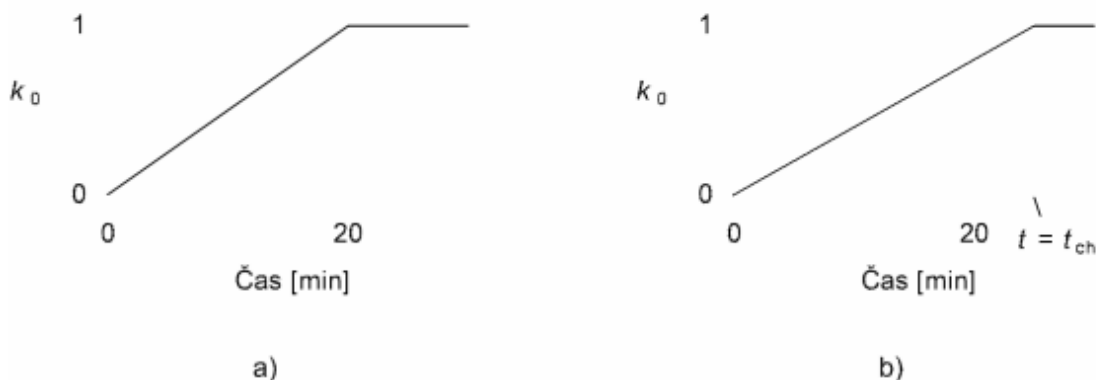
Obrázek 1: Zbytkový a účinný průřez [5]

Pro nechráněné povrchy se určuje hodnota k_0 z následující tabulky:

Tabulka 2: Určení součinitele k_0 [1]

	k_0
$t < 20$ minut	$t/20$
$t \geq 20$ minut	1,0

Pro chráněné povrchy s $t_{ch} > 20$ minut se předpokládá, že se k_0 mění lineárně od 0 do 1 v časovém intervalu od $t = 0$ do $t = t_{ch}$, viz *Obrázek 2 b*). Pro chráněné povrchy s $t_{ch} \leq 20$ minut platí *Tabulka 2*, což graficky znázorňuje *Obrázek 2 a*) [1].



Obrázek 2: Grafické zobrazení průběhu k_0 [15]

Pokud prázdnou dutinu ve stropní nebo stěnové desce lemuje dřevěný povrch, platí:

- u protipožárních obvodových plášťů složených z jedné nebo dvou vrstev sádkartonové desky typu A, desek ze dřeva nebo desek na bázi dřeva, že se $k_0 = 0,3$ v čase porušení obvodového pláště. Dále se uvažuje lineární zvyšování na jednotku během následujících 15 minut.
- u protipožárních obvodových plášťů složených z jedné nebo dvou vrstev sádkartonové desky typu F, že se $k_0 = 1,0$ v čase začátku zuhelnatění t_{ch} . Pro časy $t < t_{ch}$ se použije lineární interpolace dle *Obrázku 2 b*) [1].

Pro návrhové pevnostní a tuhostní vlastnosti účinného průřezu platí - $k_{mod,fi} = 1,0$ [1].

2.1.5 Metoda redukováných vlastností

Tuto metodu lze použít pro obdélníkové průřezy ze dřeva jehličnatých dřevin, které jsou vystavené požáru ze tří nebo ze čtyř stran, a pro kruhové průřezy, které jsou vystavené požáru po celém obvodu [1].

Pro $t \geq 20$ minut platí pro součinitele $k_{mod,fi}$ následující vztahy [1]:

- pro pevnost v ohybu:

$$k_{mod,fi} = 1,0 - \frac{1}{200} * \frac{p}{A_r} \quad (9)$$

- pro pevnost v tlaku:

$$k_{mod,fi} = 1,0 - \frac{1}{125} * \frac{p}{A_r} \quad (10)$$

- pro pevnost v tahu a modul pružnosti:

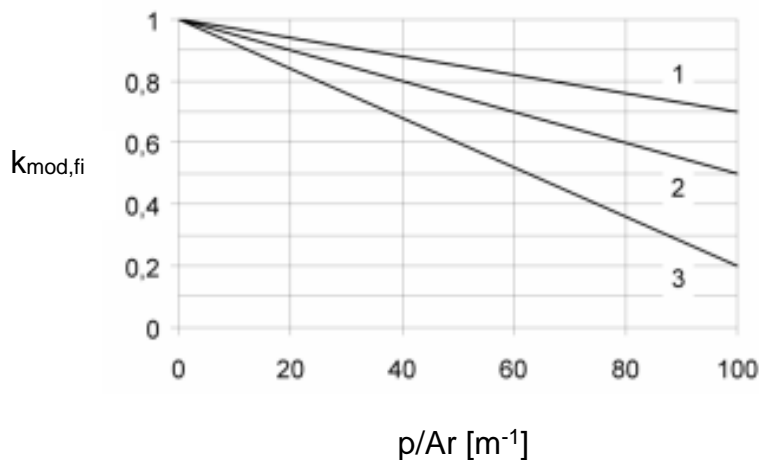
$$k_{mod,fi} = 1,0 - \frac{1}{330} * \frac{p}{A_r} \quad (11)$$

Kde je:

p – obvod zbytkového průřezu vystaveného požáru v [m];

A_r – plocha zbytkového průřezu v [m²] [1].

Pro chráněné a nechráněné prvky v čase $t = 0$ platí, že se $k_{mod,fi} = 1,0$. Pro nechráněné prvky lze uplatnit pro čas $0 \leq t \leq 20$ minut lineární interpolaci [1], [4].



1 – Pevnost v tahu, modul pružnosti, 2 – Pevnost v ohybu, 3 – Pevnost v tlaku

Obrázek 3: Grafické zobrazení vztahů (9) - (11) [6]

2.2 Požární odolnost spojů dřevěných konstrukcí

Popis následujících odolností spojů v dřevěných konstrukcích platí pro účinky normového požáru. Požární odolnost spojů nepřekračuje 60 minut. Platí to pro následující spoje, které jsou provedeny pomocí hřebíků, svorníků, kolíků, vrutů, prstencových, talířových a ozubených hmoždíků [1].

2.2.1 Spoje s bočními prvky ze dřeva

Zjednodušená pravidla

1) Nechráněné spoje

Za požárně odolný spoj dřevo – dřevo lze považovat spoj, jehož rozteče, vzdálenosti od okrajů a konců a rozměry bočního prvku jsou navrženy podle tabulky níže. Což znamená, že vyhovují minimálním požadavkům návrhu při běžné teplotě [1].

Tabulka 3: Požární odolnost nechráněných spojů s bočními prvky ze dřeva [1]

	Doba požární odolnosti $t_{d,fi}$ [min]	Opatření ^a
Hřebíky	15	$d \geq 2,8$ mm
Vruty	15	$d \geq 3,5$ mm
Svorníky	15	$t_1 \geq 45$ mm
Kolíky	20	$t_1 \geq 45$ mm
Hmoždíky podle EN 912	15	$t_1 \geq 45$ mm
^a d je průměr spojovacího prostředku a t_1 je tloušťka bočního prvku		

Pokud u kolíků, hřebíků nebo vrutů nevyčnívají hlavy, můžeme považovat dobu požární odolnosti $t_{d,fi}$ za větší, než je uvedeno v tabulce výše, ale tato doba nepřekročí 30 minut. Zvětšení lze dosáhnout také, pokud zvětšíme tloušťku

bočních prvků, šířku bočních prvků nebo vzdálenosti od konce a okraje ke spojovacím prostředkům prostřednictvím hodnoty a_{fi} [1].

$$a_{fi} = \beta_n * k_{flux} * (t_{req} - t_{d,fi}) \quad (12)$$

Kde je:

β_n – rychlost zuhelnatění;

k_{flux} – součinitel zohledňující zvětšený tepelný tok skrz spojovací prostředek;

t_{req} – požadovaná normová doba požární odolnosti;

$t_{d,fi}$ – doba požární odolnosti nechráněného spoje, viz *Tabulka 3* [1].



Obrázek 4: Ukázka rozšíření tloušťky o hodnotu a_{fi} [7]

2) Chráněné spoje

Pokud je spoj chráněný přídavným dřevěným obložením, deskami na bázi dřeva, nebo sádkartonovou deskou typu A nebo H, má čas do počátku zuhelnatění splňovat [1]:

$$t_{ch} \geq t_{req} - 0,5 * t_{d,fi} \quad (13)$$

Kde je:

t_{ch} – čas do počátku zuhelnatění;

t_{req} – požadovaná normová doba požární odolnosti;

$t_{d,fi}$ – doba požární odolnosti nechráněného spoje, viz *Tabulka 3* [1].

V případě, že se jedná o sádrokartonovou desku typu F, platí [1]:

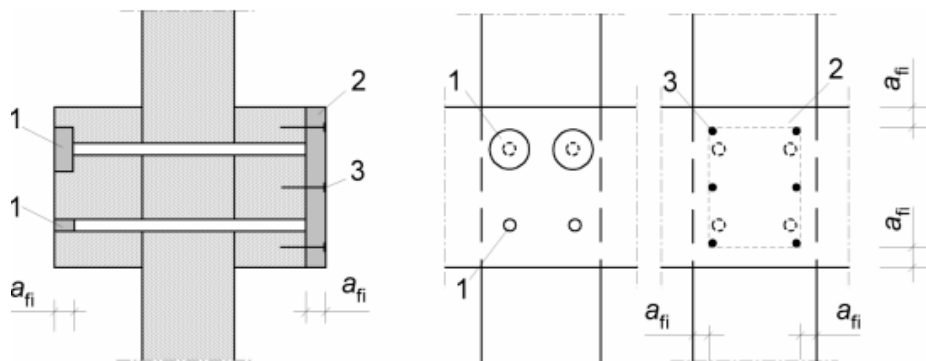
$$t_{ch} \geq t_{req} - 1,2 * t_{d,fi} \quad (14)$$

Délka zátky se určí podle vztahu (12), je-li spoj chráněn vlepenými dřevěnými zátkami [1].

Dodatečná ochrana brání předčasnému poškození a bývá provedena prostřednictvím desek na bázi dřeva nebo sádrokartonových desek. Tato ochrana by měla zůstat na svém místě až do chvíle, kdy prvek zuhelnatí. Svorníky chráníme pomocí ochrany, jejíž tloušťka se rovná hodnotě a_{fi} [1].

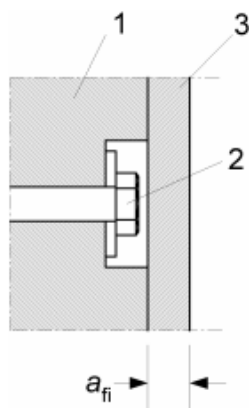
Pro připevnění dodatečné ochrany pomocí hřebíků a vrutů platí tato pravidla:

- vzdálenosti mezi spojovacími prostředky nemají být větší než 100 mm podél okrajů desky a než 300 mm pro vnitřní přípoje;
- vzdálenost spojovacích prostředků od okraje má být rovna nebo větší než a_{fi} , vypočtená dle vztahu (12);
- hloubka vniku spojovacích prostředků, připevňujících dodatečnou ochranu ze dřeva, desek na bázi dřeva nebo sádrokartonové desky typu A nebo H, má být nejméně $6*d$, kde d je průměr spojovacího prostředku. Pro sádrokartonovou desku typu F má být délka vniku do nezuhelnatělého dřeva (které je za čarou zuhelnatění) nejméně 10 mm [1].



- 1 – Vlepené zátky
- 2 – Dodatečná ochrana s použitím desek
- 3 – Spojovací prostředek připevňující desky zajišťující dodatečnou ochranu

Obrázek 5: Příklady dodatečné ochrany [7]



- 1 – Prvek
- 2 – Hlava svorníku
- 3 – Prvek zajišťující ochranu

Obrázek 6: Příklad ochrany hlavy svorníku [7]

3) Doplnující pravidla pro spoje s vnitřními ocelovými deskami

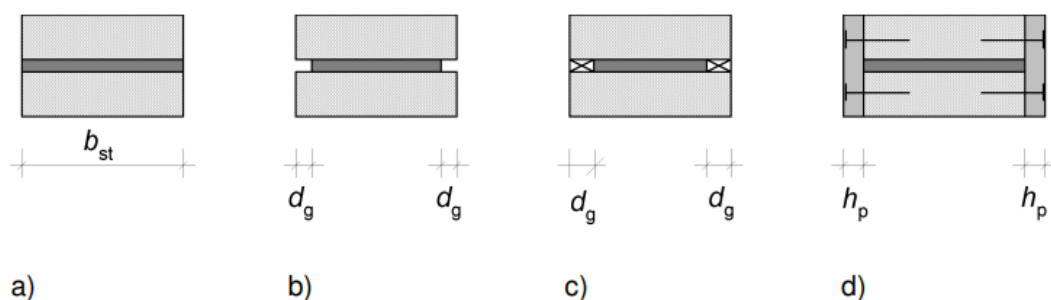
V případě, že se jedná o spoj s vnitřními ocelovými deskami, jejichž tloušťka je rovna nebo větší než 2 mm a nevystupují nad povrch dřeva, šířka ocelových desek b_{st} musí respektovat podmínky v tabulce níže [1].

Tabulka 4: Šířky ocelových desek s nechráněnými okraji [1]

		b_{st}
Nechráněné okraje všeobecně	R 30	≥ 200 mm
	R 60	≥ 280 mm
Nechráněné okraje na jedné nebo dvou stranách	R 30	≥ 120 mm
	R 60	≥ 280 mm

Jako chráněné ocelové desky, které jsou užší než dřevěný prvek, lze považovat:

- desky s tloušťkou ne větší než 3 mm, kde je hloubka dutiny d_g větší než 20 mm pro dobu požární odolnosti 30 minut a větší než 60 mm pro dobu požární odolnosti 60 minut;
- spoje s vlepenými pásky nebo ochrannými deskami na bázi dřeva, kde je hloubka vlepeného pásku d_g , nebo tloušťka desky h_p větší než 10 mm pro dobu požární odolnosti 30 minut a větší než 30 mm pro dobu požární odolnosti 60 minut [1].



Obrázek 7: Ochrana okrajů ocelových desek (spojovací prostředky nejsou zobrazeny): (a) nechráněných, (b) chráněných dutinami, (c) chráněných vlepenými pásky, (d) chráněných deskami [7]

Metoda redukováného zatížení

1) Nechráněné spoje

Pravidla pro svorníky a kolíky platí, je-li tloušťka boční desky rovna nebo větší než t_1 [1]:

$$t_1 = \max (50; 50 + 1,25 * (d - 12)) \quad (15)$$

Kde je:

d – průměr svorníku nebo kolíku v [mm] [1].

Pro charakteristickou únosnost spoje se spojovacími prostředky ve stříhu pro normovou požární odolnost platí [1]:

$$F_{v,Rk,fi} = \eta * F_{v,Rk} \quad (16)$$

$$\eta = e^{-kt_{d,fi}} \quad (17)$$

Kde je:

$F_{v,Rk}$ – charakteristická příčná únosnost spoje se spojovacími prostředky ve stříhu při běžné teplotě;

η – převodní součinitel;

k – parametr dle *Tabulky 5* [1];

$t_{d,fi}$ – návrhová požární odolnost nechráněného spoje v minutách [1].

Pro návrhovou odolnost nechráněného spoje zatíženého návrhovým účinkem zatížení při požáru se má uvažovat [1]:

$$t_{d,fi} = - \frac{1}{k} * \ln \frac{\eta_{fi} * \gamma_{M,fi}}{\gamma_M * k_{fi}} \quad (18)$$

Kde je:

k – parametr dle *Tabulky 5* [1];

η_{fi} – redukční součinitel pro návrhové zatížení při požáru;

γ_M – dílčí součinitel pro spoj při běžné teplotě;

k_{fi} – součinitel pro převod 5 % kvantitu na 20 % kvantit;

$\gamma_{M,fi}$ – dílčí součinitel spolehlivosti pro dřevo při požáru [1].

Tabulka 5: Parametr k [1]

Spoj s	k	Maximální doba platnosti parametru k v nechráněném spoji [min]
Hřebíky a vruty	0,08	20
Svorníky dřevo – dřevo s $d \geq 12$ mm	0,065	30
Svorníky ocel – dřevo s $d \geq 12$ mm	0,085	30
Kolíky dřevo – dřevo ^a s $d \geq 12$ mm	0,04	40
Kolíky ocel – dřevo ^a s $d \geq 12$ mm	0,085	30
Hmoždíky ve shodě s EN 912	0,065	30
^a Hodnoty pro kolíky jsou závislé na přítomnosti jednoho svorníku pro každé čtyři kolíky		

Pro kolíky, které vyčnívají více než 5 mm, platí *hodnoty* k pro svorníky [1].

Pokud se jedná o spoj realizovaný prostřednictvím svorníků a kolíků, za únosnost celého spoje se uvažuje součet všech jednotlivých únosností spojovacích prostředků [1].

Pro spoje s hřebíky a vruty s nevyčnívajícími hlavičkami pro požární odolnosti větší než dle vztahu (18), ale ne více než 30 minut, se mají tloušťky bočního prvku a vzdálenosti od konce a okraje zvětšit o hodnotu a_{fi} , pro kterou platí [1]:

$$a_{fi} = \beta_n * (t_{req} - t_{d,fi}) \quad (19)$$

Kde je:

β_n – nominální míra zuhelnatění;

t_{req} – požadovaná normová požární odolnost;

$t_{d,fi}$ – požární odolnost nechráněného spoje zatíženého návrhovým účinkem zatížení při požáru [1].

2) Chráněné spoje

Platí vše, co je popsáno ve zjednodušených pravidlech. Jediný rozdíl je v tom, že se $t_{d,fi}$ počítá dle vztahu (18) [1].

Alternativně lze při ochraně koncových a bočních povrchů prvků zvětšit vzdálenosti od konců a okrajů o hodnotu a_{fi} dle vztahu (12), případně o dvojnásobek této hodnoty pro požární odolnosti větší než 30 minut. Toto zvětšení platí i pro na tupo spojené střední prvky ve spoji [1].

2.2.2 Spoje s vnějšími ocelovými deskami

Nechráněné spoje

Únosnost vnějších ocelových desek se určuje dle pravidel uvedených v normě [8]. Pro výpočet součinitele průřezu ocelových desek dle normy [8] lze uvažovat, že povrchy oceli v těsném dotyku se dřevem nejsou vystaveny požáru [1].

Chráněné spoje

Jako chráněné se považují ty ocelové desky, které jsou používány jako úplně kryté boční prvky, včetně okrajů desky. A to pomocí dřeva nebo desek na bázi dřeva o minimální tloušťce a_{fi} dle vztahu (12) s $t_{d,fi} = 5$ minut. Jinak se při výpočtu účinků jiných požárních ochran postupuje dle normy [8], [1].

2.2.3 Zjednodušená pravidla pro osově zatížené vruty

Uvažujeme, že jsou vruty chráněny proti přímému vystavení účinkům požáru [1].

Návrhová odolnost se stanoví dle obecného vztahu pro určení návrhové únosnosti [1].

Pokud spoje o vzdálenosti a_2 a a_3 vyhovují stanoveným podmínkám – vztahy (20) a (21), pro převodní součinitel η , kterým se redukuje odolnost vrutu na vytažení při požáru, platí vztah (22) [1].

$$a_2 \geq a_1 + 40 \quad (20)$$

$$a_2 \geq a_1 + 40 \quad (21)$$

Kde je:

a_1, a_2, a_3 - vzdálenost v [mm] [1].

$$\eta: \quad 0 \quad \text{pro } a_1 \leq 0,6 t_{d,fi} \quad (a)$$

$$\frac{0,44a_1 - 0,264t_{d,fi}}{0,2t_{d,fi} + 5} \quad \text{pro } 0,6 t_{d,fi} \leq a_1 \leq 0,8 t_{d,fi} + 5 \quad (b)$$

$$\frac{0,56a_1 - 0,36t_{d,fi} + 7,32}{0,2t_{d,fi} + 23} \quad \text{pro } 0,8 t_{d,fi} + 5 \leq a_1 \leq t_{d,fi} + 28 \quad (c)$$

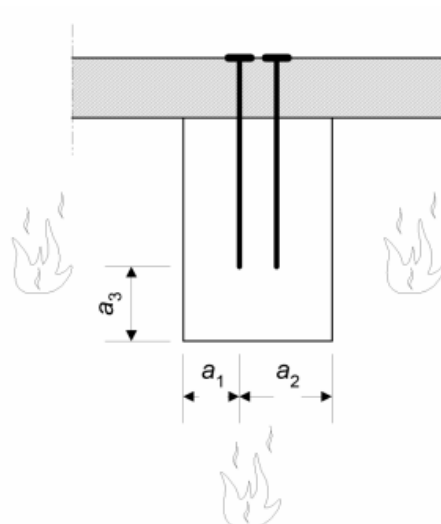
$$1,0 \quad \text{pro } a_1 \geq t_{d,fi} + 28 \quad (d) \quad (22)$$

Kde je:

a_1 – boční krytí v [mm];

$t_{d,fi}$ – požadovaná doba požární odolnosti v [min] [1].

Pokud platí, že se $a_2 = a_1$ a $a_3 \geq a_1 + 20$ mm, tak se stanovuje hodnota převodního součinitele η dle vztahu (22), ale $t_{d,fi}$ se nahradí $1,25 * t_{d,fi}$ [1].



a_1, a_2, a_3 - vzdálenost v [mm]

Obrázek 8: Průřez s definovanými vzdálenostmi [7]

Shrnutí požární odolnosti dřeva:

Dřevo má mnohem vyšší požární odolnost, než se na první pohled může zdát. Lze říci, že oproti jiným stavebním materiálům dochází snadněji ke vzplanutí. Pro dřevo je zásadní zuhelnatěná vrstva. Tato vrstva se chová jako izolační vrstva, vytvoří zuhelnatělou krustu po celém povrchu dřevěného prvku. Následně se hoření dřeva díky ní výrazně zpomaluje (resp. jeho rozklad) a díky vzniku této vrstvy může dojít i k ustání požáru. Uprostřed prvku, kde nedošlo k rozkladu, si dřevo zachovává své vlastnosti. Tuto vlastnost bylo možné vidět i při diagnostice objektu a demonstruje ji *Obrázek č. 19*.

2.3 Požární odolnost zděných konstrukcí

Posuzování zděných konstrukcí na účinky požáru je velmi důležité, protože se často tyto konstrukce používají jako požární dělicí stěny. K zajištění požární bezpečnosti se využívají prvky aktivní (požární detektory, samočinná hasicí zařízení) i pasivní (dělení konstrukce na požární úseky a posuzování požární odolnosti nosných a nenosných prvků a konstrukcí) ochrany. Konstrukce se rozdělují na nosné a dělicí, dle těchto funkcí se posuzují z hlediska požární bezpečnosti při namáhání požárem [9].

Požární odolnost musí být splněna po určitou dobu, běžně se jedná o 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 či 360 minut. Tato doba se stanovuje dle typu objektu a jeho částí, měla by zajistit evakuaci při požáru [9].

Základními kritérii pro posouzení požární odolnosti jsou:

- R – kritérium únosnosti;
- M – kritérium odolnosti rázu;
- E – kritérium celistvosti;
- I – kritérium tepelně izolační [9].

Všechna tato kritéria musí být splněna po celou požadovanou dobu požární odolnosti, případně po celou dobu požáru. První dvě kritéria se týkají nosných částí konstrukce, zbylá dvě se naopak týkají dělicí funkce, kdy je hlavním cílem zabránit předčasnému zřícení konstrukce a zamezit šíření požáru [9].

Pro zaznamenání časového průběhu požáru se používají teplotní křivky požáru, díky kterým lze rozpoznat jednotlivé fáze požáru – fázi rozvoje požáru, plně rozvinutého požáru a dohořívání, tyto fáze jsou ovlivňovány i dalšími faktory jako je přístup vzduchu či odvětrávání během požáru. Tyto křivky mohou být nominální nebo parametrické [9].

Návrhové hodnoty účinku zatížení vychází stejně jako u dřeva z normy [2] a určují se v čase $t = 0$ za použití příslušných kombinačních součinitelů. Pro posudek platí vztah (5), který je uveden v kapitole 2.1.2 Návrhové hodnoty účinku zatížení [9].

2.3.1 Zásady navrhování

Obecně se zdivo považuje za nehořlavý materiál. Zdivo obsahuje širokou škálu materiálů různých vlastností, a to například z hlediska pevnosti, přetvárných vlastností, izolačních schopností, trvanlivosti, ale i požární odolnosti. Je schopné díky svým vlastnostem zachovat jak funkci nosnou, tak i dělicí [9].

Podle objemu otvorů se rozlišují čtyři skupiny zdicích prvků – 1, 2, 3, 4, ale v tomto případě se dle normy [10] doplňuje ještě skupina 1S. Prvky této skupiny mají minimální objem dutin do 5 %, díky čemuž lze stanovit pro tyto prvky zvláštní kritéria. Objem dutin je velmi důležitý parametr z hlediska požární odolnosti zdiva [9].

Pro posouzení zdicích prvků se uvažuje pouze vliv teplotních deformací jako důsledek rozložení teplot napříč průřezem. V ose zděného pilíře nebo rovinné stěny lze tyto deformace zanedbat. Dalším předpokladem je, že se okrajové podmínky uložení stavebního prvku během požáru nezmění [9].

Posudek zděné konstrukce lze provést těmito způsoby:

- zkouškou konstrukce;
- použitím tabulkových hodnot;
- výpočtem, a to posouzením prvku, části konstrukce nebo celé konstrukce [9].

Pro třetí způsob jsou stanoveny zásady výpočetních metod s použitím jednoduchých a zpřesněných výpočetních modelů [9].

Je třeba klást důraz na správné provedení spojů, spár i úprav pro instalaci potrubí a kabelů, aby se jejich provedením nesnížila požární odolnost konstrukce. V normě [10] jsou uvedeny minimální rozměry svislých i vodorovných drážek vzhledem k celkové tloušťce stěny a také pravidla pro provedení otvorů. V informativní příloze E normy [10] jsou uvedeny další požadavky na spojování stavebních prvků, které je třeba splnit [9].

2.3.2 Posouzení zkouškami

Postup a vyhodnocení se provádí dle příslušné EN. Provádí se, pokud se nezná požární odolnost prvků, které se mají použít při výstavbě [9].

2.3.3 Posouzení použitím tabulkových hodnot

Tabulky jsou uvedeny v normativní Příloze B normy [10]. Díky nim je možné provést jednoduše a rychle posudek zděných prvků. Hodnoty jsou konzervativní, proto návrh výpočtem bývá často hospodárnější. V tabulkách jsou uvedeny minimální tloušťky, bez povrchových úprav, či délky zdiva v závislosti na jednotlivých parametrech zdiva k dosažení požadované doby požární odolnosti. Mezi parametry patří: materiál zdicích prvků, skupina, objemová hmotnost či druh malty. Opět se zde rozlišuje, zda se jedná o prvky, které mají funkci nosnou nebo dělicí. Tloušťky, které jsou v tabulkách uvedeny, vyhovují pouze požární odolnosti, nemusí splňovat požadavky z hlediska statických a akustických parametrů. Dále je zde uvedeno, že posuzovaná část konstrukce není ovlivněna výklenky a drážkami ve zdivu, pokud jejich rozměry nepřekračují přípustné hodnoty podle normy [11], při nichž není třeba samostatný posudek únosnosti oslabené oblasti [9].

2.3.4 Posouzení výpočtem

Využívá se jednoduchého výpočetního modelu podle přílohy C normy [10], kdy se vymezení nenosná oblast a zbytkový průřez zdiva v závislosti na rozložení teplot v průřezu. Tento postup lze aplikovat na zděné stěny a pilíře při normovém požárním namáhání. Pro výpočet mezního stavu únosnosti se pracuje pouze se zbytkovým průřezem a platí následující vztahy [9]:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,fi(\theta_i)} \quad (23)$$

$$N_{Rd,fi(\theta_i)} = \Phi * (f_{d\theta_1} * A_{\theta_1} + f_{d\theta_2} * A_{\theta_2}) \quad (24)$$

Kde je:

A – celková plocha (průřezu) zdiva;

A_{θ_1} – plocha zdiva až k izotermě θ_1 ;

A_{θ_2} – plocha zdiva mezi izotermami θ_1 a θ_2 ;

θ_1 – teplota, do které je možné použít pevnost zdiva při běžných teplotách;

θ_2 – teplota, nad kterou materiál nemá žádnou zbytkovou pevnost;

N_{Ed} – návrhová hodnota normálové síly od svislého zatížení;

$N_{Rd,fi(\theta_i)}$ – návrhová hodnota únosnosti při požární situaci;

$f_{d\theta_1}$ – návrhová pevnost v tlaku zdiva při teplotě menší nebo rovné θ_1 ;

$f_{d\theta_2}$ – návrhová pevnost v tlaku zdiva mezi teplotami θ_1 a θ_2 °C vyjádřena jako

$$c * f_{d\theta_1};$$

c – konstanta určená ze zkušebních křivek závislosti napětí – přetvoření při zvýšených teplotách;

Φ – redukční součinitel pro zohlednění štíhlosti a výstřednosti v polovině výšky stěny, určený podle normy [11] a navíc zohledňující výstřednost $e_{\Delta\theta}$;

$e_{\Delta\theta}$ – výstřednost, vyvolaná změnou teploty napříč zdivem [9].

Výstřednost, která je vyvolána požárním namáháním, lze určit z výsledků zkoušek nebo pomocí následujících vztahů [9]:

$$e_{\Delta\theta} = \frac{1}{8} * h_{ef}^2 * \frac{a_t * (\theta_2 - 20)}{t_{Fr}} \leq \frac{h_{ef}}{20} \quad (25)$$

$$e_{\Delta\theta} = 0; \text{ při působení požáru ze všech čtyř stran} \quad (26)$$

Kde je:

h_{ef} – účinná výška stěny;

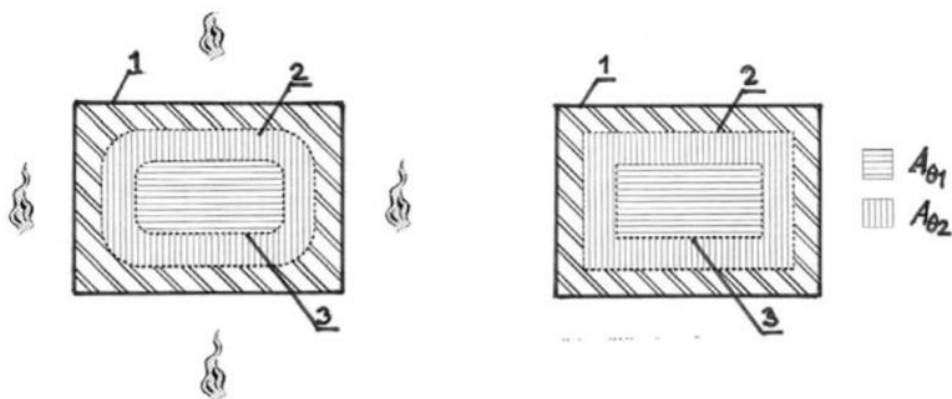
a_t – součinitel teplotní roztažnosti podle normy [11];

20 °C – teplota předpokládaná na straně odvrácené od požáru;

t_{Fr} – tloušťka příčného průřezu, jehož teplota nepřekročí θ_2 [9].

Tabulka 6: Hodnoty teplot θ_1 a θ_2 pro různé materiály zdiva [9]

Zdicí prvky a malty (neomítané povrchy stěn)	Teplota [°C]	
	θ_2	θ_1
Cihly s obyčejnou maltou	600	100
Vápenopískové zdicí prvky s maltou pro tenké spáry	500	100
Zdicí prvky z betonových tvárnic s pórovitým kamenivem s obyčejnou maltou	400	100
Zdicí prvky z betonových tvárnic s hutným kamenivem s obyčejnou maltou	500	100
Zdicí prvky z pórobetonových tvárnic s maltou pro tenké spáry	400	200



1 – Hranice původního průřezu

2 – Izoterma pro $\theta = \theta_2$

3 – Izoterma pro $\theta = \theta_1$

Obrázek 9: Příčný průřez požárem namáhaného sloupu s reálnými a s upravenými izotermami při teplotách do θ_1 , mezi θ_1 a θ_2 a nenosných oblastí průřezu (teploty nad θ_2) [12]

Pokud by se použily zpřesněné výpočetní modely, na základě obecných fyzikálních zákonitostí by se vyjádřilo spolehlivěji předpokládané chování konstrukčních prvků při požáru. Vychází se ze stanovení průběhu a rozložení teplot ve stavebním prvku a posouzení mechanického chování nosné konstrukce nebo její části. K tomuto postupu lze využít teplotní křivky požáru, pokud existují pro použitý materiál. Je třeba vzít v úvahu tepelné účinky a vlastnosti materiálu v závislosti na teplotě. Tyto informace jsou uvedeny v normě [10] a v její příloze D [9].

Shrnutí požární odolnosti zděných konstrukcí:

Zdicí prvky samy o sobě mají velmi dobrou požární odolnost. Problém může způsobit vlhkost prvku, díky požáru dojde k rychlému vysušení, což může způsobit prasknutí prvku. Pokud dojde k prasknutí prvku bez vlivu vlhkosti, lze předpokládat, že daný zdicí prvek neměl dostatečnou pevnost již před vznikem požáru. U zděných konstrukcí bývá více problematická malta, která má nižší požární odolnost než zdicí prvky. Malta ztrácí své vlastnosti při cca 300 – 600 °C. Hlavním problémem je, že se snižuje soudržnost mezi zdicími prvky a maltou.

3 Praktická část

3.1 Lokalizace objektu

Objekt se nachází na ulici Čejkovská 478 ve městě Velké Bílovice. Objekt je rodinný, jednopodlažní, řadový dům.



Obrázek 10: Katastrální mapa s vyznačenou lokalizací objektu [13]



Obrázek 11: Ortofotomapa s vyznačenou lokalizací objektu [13]

3.2 Dispoziční řešení a základní popis objektu

Stavba je jednopodlažní. Původní půdorys objektu byl pouze ve tvaru obdélníku. Později byl objekt rozšířen směrem do dvora, díky čemuž má nyní půdorysný tvar L. Pouze část rozšíření slouží jako obytná, k této části byly přistavěny dvě dílny, ke kterým je možný vstup jen ze dvora, nikoli z obytné části objektu.

Objekt je zděný, stropy nad obytnou částí jsou dřevěné, nad přistavěnými dílnami je strop HURDIS. Střecha je dřevěná, sedlová, díky změnám půdorysu objektu není symetrická. Krovová soustava je šikmá stolice. Pozednice leží na obvodových stěnách, které mají odlišnou výšku, právě díky dodatečným úpravám objektu. Oproti sousedním objektům je zkoumaný objekt mírně nižší. Štítové stěny jsou společné se sousedními objekty, nelze do nich zasahovat. V objektu je zřízen přívod vody, elektřiny a obytná část je vytápěná. Vstup do objektu je prostřednictvím garáže, která je temperovaná. V garáži je rovněž umístěn vstup na půdu, která slouží jako úložný prostor. Vzhledem k její dispozici je neobyvatelná a v budoucnu se neplánuje změna jejího užívání.

Stáří objektu lze odhadovat na cca 100 let s ohledem na jeho konstrukční řešení, volbu konstrukčních materiálů a také s ohledem na okolní zástavbu. Současní majitelé v objektu bydlí od roku 2003 a během užívání objektu nebyly provedeny žádné zásadní změny, které by změnily původní statické schéma konstrukčního systému. Byly provedeny spíše estetické úpravy jako úprava podhledů pomocí sádrokartonu.



Obrázek 12: Pohled na přední část objektu před požárem [13]



Obrázek 13: Pohled na přední část objektu po požáru



Obrázek 14: Pohled na zadní část objektu po požáru



Obrázek 15: Pohled na přistavěnou obytnou část po požáru, na níž navazují dílny

3.3 Účel průzkumu

Daný objekt vyžaduje diagnostický průzkum, protože v něm dne 14. 5. 2022 propukl ve večerních hodinách požár. Zásah provedl hasičský záchranný sbor Jihomoravského kraje, od kterého jsme získali informace o šetření požáru.

Ve zprávě bylo uvedeno, že došlo ke zničení prádelny včetně vybavení, střechy nad hospodářskou částí a rodinným domem, dále došlo zplodinami hoření k poškození spíže. Hasebním zásahem došlo k poškození výmalby stěn a stropů ve všech místnostech rodinného domu, dále k proboření sádkartonového stropu v průjezdu. Příčinu požáru však nebylo možné jednoznačně určit [14].

Cílem průzkumu je zjistit, zda nedošlo k poškození stropní konstrukce nad obytnou částí a také stav pozednicového zdiva a štítových stěn, jejichž oprava by vyžadovala souhlas majitelů sousedních objektů kvůli společnému vlastnictví. Krov s ohledem na vývoj požáru pravděpodobně nepůjde zachránit a bude třeba jej vyměnit.

3.4 Prvotní prohlídka

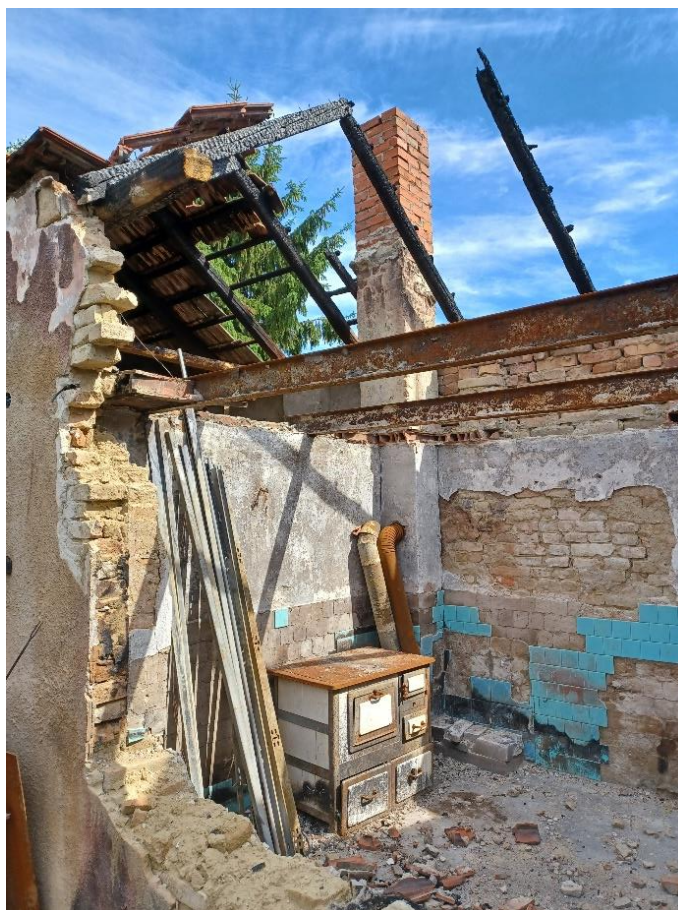
Při první návštěvě objektu se provedla jeho vizuální prohlídka a fotodokumentace. Tato prohlídka je velmi jednoduchá, ale velmi důležitá. Díky ní zjistíme, kde se nachází vady a poruchy a můžeme si předběžně vytipovat místa, která budeme při další prohlídce diagnostikovat.

Nejdříve se prohlédl objekt z venkovní strany. Střecha objektu je dočasně zaizolována pomocí plachet a desek, aby do objektu nezatékalo. V první dílně, kde požár vypukl, byla stržena střecha i se stropem, protože se strop propadal a bylo bezpečnější jej i se střechou strhnout.

Vnitřní prostory již byly vyklizené, zbytky shořelých předmětů byly ještě umístěny ve dvoře, než budou odvezeny. Prohlídka pokračovala v půdním prostoru, který

byl již zcela vyklizen. Krov byl ohořelý, krokve měly výrazně více ohořelé profily než ostatní části krovu. Strop byl na první pohled v dobrém stavu a cementový potěr vypadal nedotčeně. Dle slov majitelů na něm ležely koberce, které při vyklízení nebyly ze spodní strany ohořelé, mohly se chovat jako izolanty. Zajímavostí bylo, že v obytné části, která míří směrem do dvora a navazují na ni dílny, bylo na půdě uskladněné seno, které bylo požárem zcela nedotčené. Poslední částí prohlídky byly obytné prostory. Podhledy a některé stěny byly zničeny hasebním zásahem, jak bylo zmíněno ve zprávě od hasičů. Jinak nebyly obytné prostory požárem poškozeny.

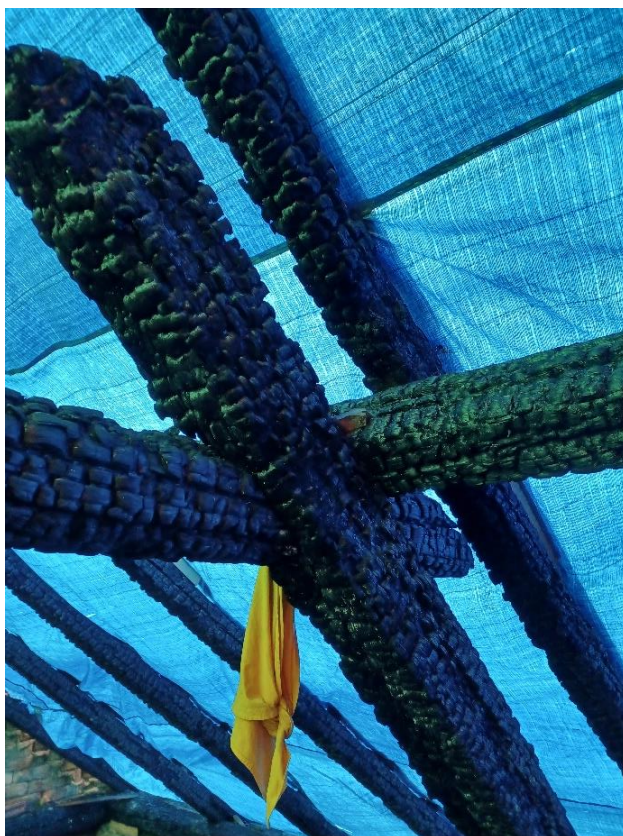
Při další prohlídce bude proveden diagnostický průzkum. Předmětem průzkumu budou především stropy, kde se pomocí sond ověří jejich skladba a také kvalita dřeva. Dále se bude hodnotit poškození zdiva z CP na MVC. Rovněž bude potřeba provést zaměření objektu v úrovni 1. NP, protože není k dispozici projektová dokumentace.



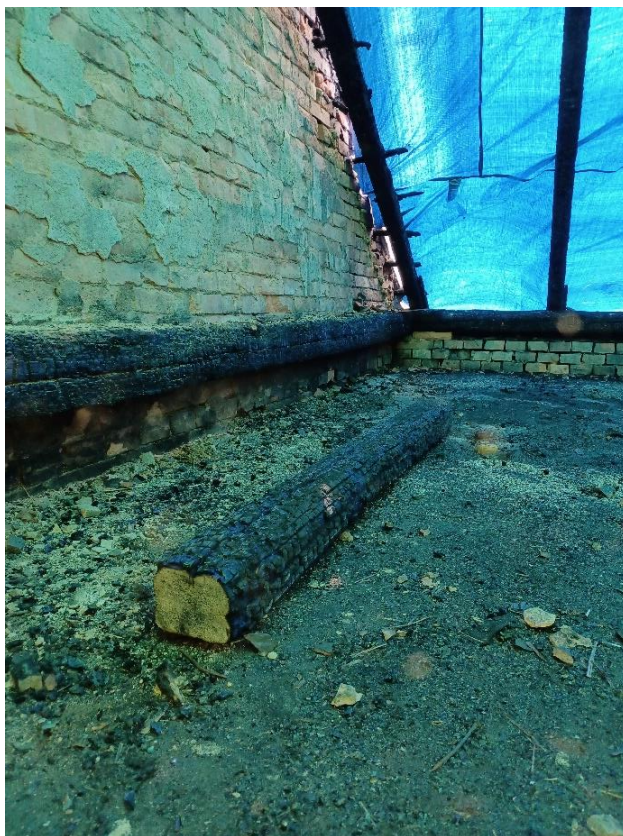
Obrázek 16: Strhnutá střecha a strop v první dílně



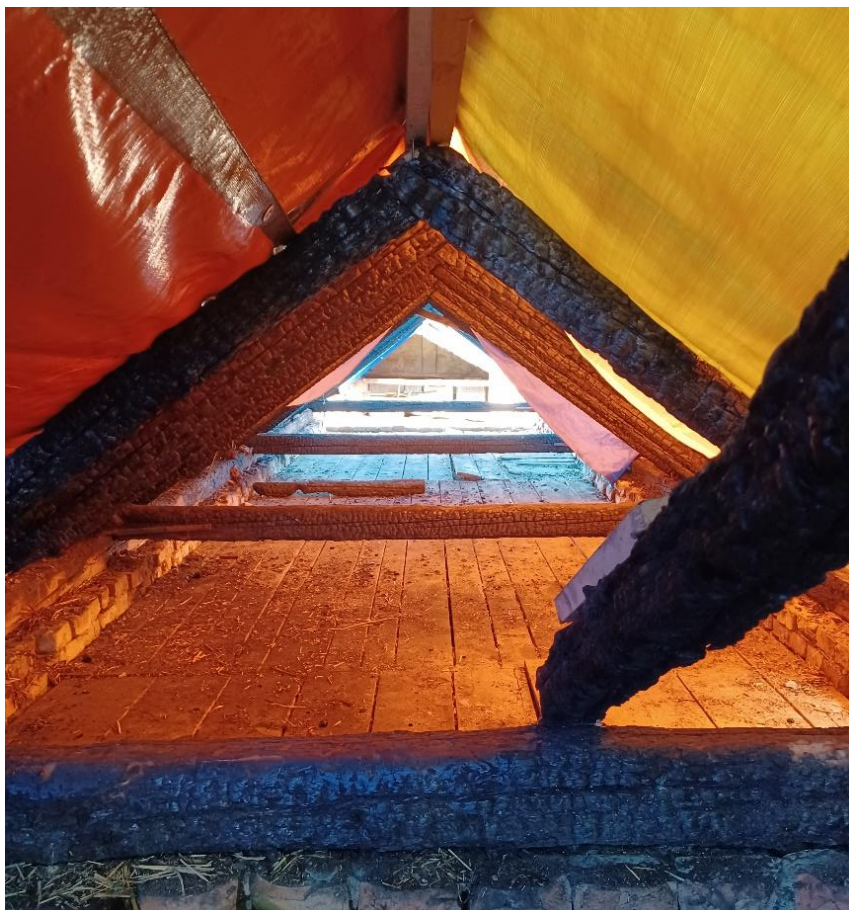
Obrázek 17: Vykližená půda nad obytnou částí



Obrázek 18: Detail spoje



Obrázek 19: Ohořelá část krovu s řezem



Obrázek 20: Část půdy, kde bylo uloženo požárem nedotčené seno



Obrázek 21: Poškozené pohledy od hasebního zásahu

3.5 Diagnostický průzkum

Při průzkumu bylo nutné odhalit strop kvůli ověření skladby stropu a jeho diagnostice. Po odstranění cementového potěru se potvrdilo, že se jedná o dřevěný trémový strop. Při provádění zkoušek byl objekt zaměřen v úrovni 1. NP, aby bylo možné připojit k práci jeho schéma. Projektová dokumentace nebyla k dispozici. Kromě diagnostiky dřevěného stropu byly odebrány vzorky cihel z pozednicového zdiva ke zkouškám v laboratoři. Zkoušení štítové stěny proběhlo in situ nedestruktivně pomocí tvrdoměru Schmidt LB. Měření bylo neprůkazné kvůli nedostatečné pevnosti zdicích prvků, docházelo k odprýskávání zdicích prvků i malty.

Přehled zkoušek:

Dřevěný strop:	zjištění vlhkosti dřeva	– 9 (10) zkušebních míst
	odporové zarážení trnu	– 9 zkušebních míst
	odporové mikrovrtání	– 11 zkušebních míst (včetně kleštiny, která díky poškození krovu nebyla předmětem průzkumu)
	vrtaná sonda	– 2 zkušební místa

Pozednicové zdivo: odběr vzorků do laboratoře

- v laboratoři se ověří pevnost v tahu za ohybu a následně pevnost v tlaku

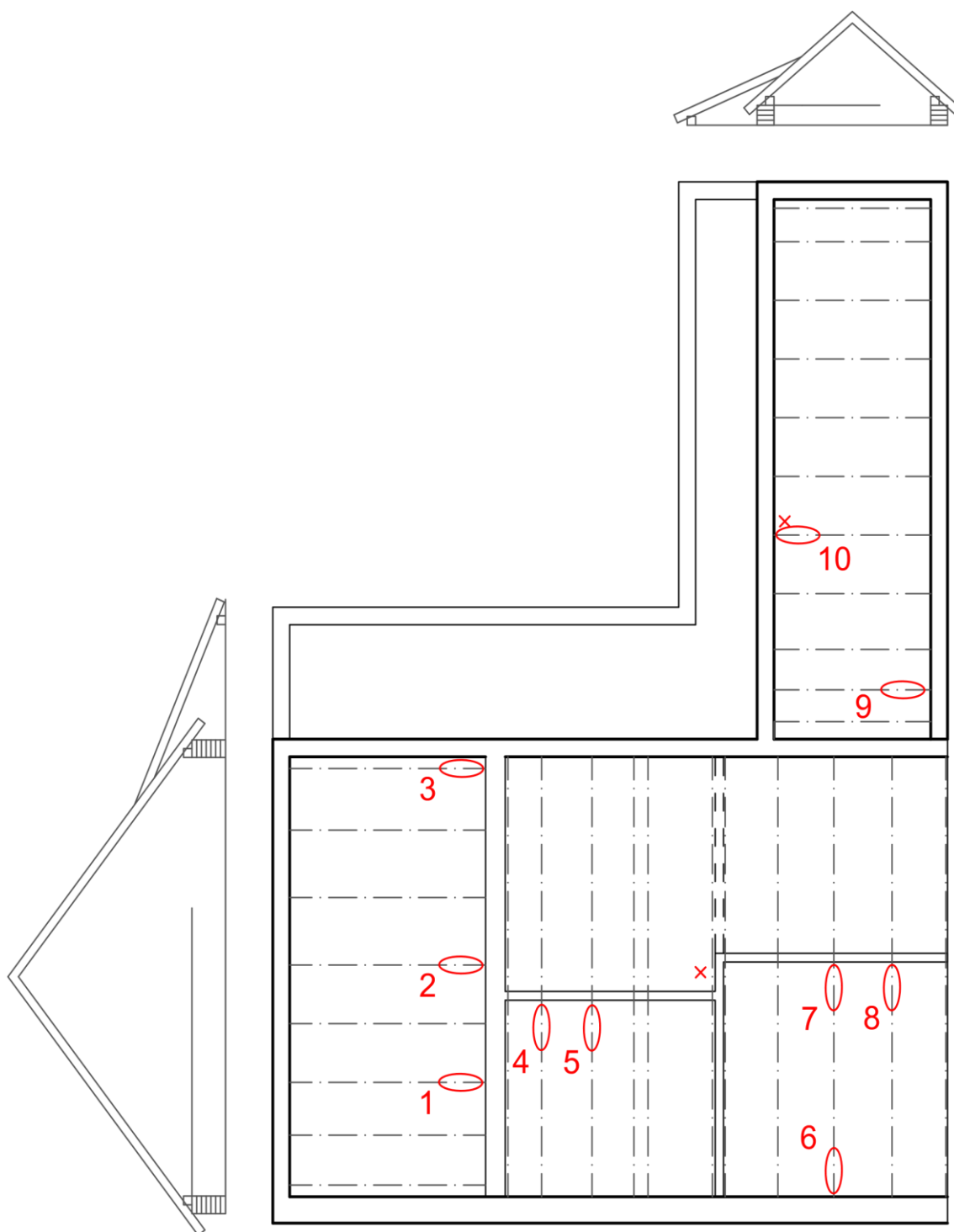
Zdivo štítové stěny: zkouška pevnosti pomocí tvrdoměru Schmidt LB

Poznámka:

Dřevěný krov s ohledem na průběh požáru již nešlo zachránit, proto nebyl předmětem diagnostického průzkumu. Původní krov bude nahrazen novým. Nový krov bude oproti původnímu krovu symetrický. Střecha zůstane sedlová a krovová soustava bude také stejná – šikmá stolice.

3.5.2 Zkoušky dřevěného stropu

U dřevěného stropu byly provedeny 4 typy zkoušek. První byla provedena nedestruktivní zkouška, kdy byla zjišťována vlhkost dřeva pomocí odporového vlhkoměru Greisinger GHM 3800 Series. Následovaly 2 semi-destruktivní zkoušky. V prvním případě šlo o odporové zarážení trnu přístrojem Pilodyn 6J, kdy byla zjištěna hloubka zarážení trnu, a v druhém případě se jednalo o odporové mikrovrtání pomocí přístroje Rinntech Resistograph R650-EA. Poslední byla provedena destruktivní zkouška prostřednictvím vrtaných sond.



Obrázek 23: Schéma s vyznačenými zkušebními místy, číselně jsou označena místa pro nedestruktivní a semi-destruktivní zkoušky, křížkem pro destruktivní zkoušky

Zjištění vlhkosti dřeva

Vlhkost dřeva byla změřena pomocí odporového vlhkoměru Greisinger GHM 3800 Series. Vlhkost dřeva má zásadní vliv na mechanické a fyzikální vlastnosti tohoto materiálu, proto je třeba ji vždy při diagnostice určit [15].

Zkušební místa byla před provedením zkoušky očištěna. Poté byl přístroj připevněn do zkušebního místa pomocí zarážecí sondy. Prostřednictvím přístroje byla zjištěna teplota daného zkušebního místa a především jeho vlhkost. V každém zkušebním místě byla provedena 3 měření. Na jednom trámu byla provedena 4 měření (trám se zkušebními místy 6, 7). V tomto místě byla porušená plachta, která sloužila k dočasnému zaizolování střechy, proto se ověřilo, že vlhkost na jednom konci (6) je téměř 3x větší než na druhém konci (7) díky zatékání.



Obrázek 24: Provádění zkoušky pomocí odporového vlhkoměru

Tabulka 7: Stanovení průměrné vlhkosti

w [%]	1	2	3	4	5	6 (7)	8	9	10
1	16.4	13.6	15.3	60.0	35.0	71.0	25.0	14.0	16.5
2	16.1	14.9	16.0	37.0	37.0	65.0	24.0	14.5	16.5
3	17.5	11.9	14.5	55.0	35.0	65.0	25.0	14.0	16.5
4						25.0			
Ø	16.7	13.5	15.3	50.7	35.7	56.5	24.7	14.2	16.5
t [°C]	24.7	25.5	25.9	29.7	29.5	26.5	28.1	28.9	29.3

Dle vizuálního hodnocení se jednalo o jehličnaté dřevo, ale konkrétní typ nelze jednoznačně určit.

Vyhodnocení zkoušky:

Vlhkost dřeva v daném stropu byla zdatelně ovlivněna hasebním zásahem. Nad garáží i přes to vyhovovala zkušební místa 1, 2, 3, kde byla vlhkost dřeva pod 20 %. Zbylá zkušební místa nad hlavní obytnou částí - 4, 5, 6 (7), 8 měla vlhkost vyšší než 20 %. Zkušební místa 9 a 10 se nacházela nad obytnou částí směrem do dvora. Tato místa nebyla požárem téměř vůbec zasažena, proto vyhovovala a jejich vlhkost byla tedy menší než 20 %.

Hodnota 20 % je pro nás zásadní, protože při překročení této hodnoty hrozí větší riziko napadení dřevokaznými houbami. Zároveň s rostoucí vlhkostí se snižují pružnostní a pevnostní vlastnosti dřeva. Na mechanické vlastnosti má kromě vlhkosti vliv také teplota. Pokud roste vlhkost a zároveň roste i teplota, má to v důsledku daleko větší vliv na pevnost dřeva, než kdyby působily tyto faktory samostatně [15].

Odporové zaražení trnu

Tato semi-destruktivní zkouška byla provedena pomocí přístroje Pilodyn 6J. Jedná se o mechanické zařízení, které umožňuje měřit hloubku zaražení trnu. Zkouška se provádí v radiálním směru, protože je v něm nejprůkaznější díky střídání jarních a letních letokruhů. Maximální hloubka, které můžeme dosáhnout, je 40 mm. Poškození dřeva je při této zkoušce zanedbatelné [15], [16].

Před provedením zkoušky bylo třeba mít očištěné zkušební místo. Poté se zasunul trn do přístroje, díky čemuž byl přístroj připraven k provedení zkoušky. Přiložil se ke zkušebnímu místu, do kterého došlo k výstřelu při konstantní zarážející síle 6 J. Při tomto výstřelu byla zjištěna penetrace trnu do povrchu daného materiálu a zároveň byla zaregistrována hloubka zaražení trnu. Na každém zkušebním místě byla provedena 3 měření.

V první zkoušce byla zjištěna vlhkost jednotlivých zkušebních míst, proto lze použít pro zjišťování hustoty dřeva pomocí Pilodynu vztah doc. Kuklíka [15], [16]:

$$\rho_{12} = 727,987 - 27,102 * t_p * [1 - 0,007 * (w - 12)] \quad (27)$$

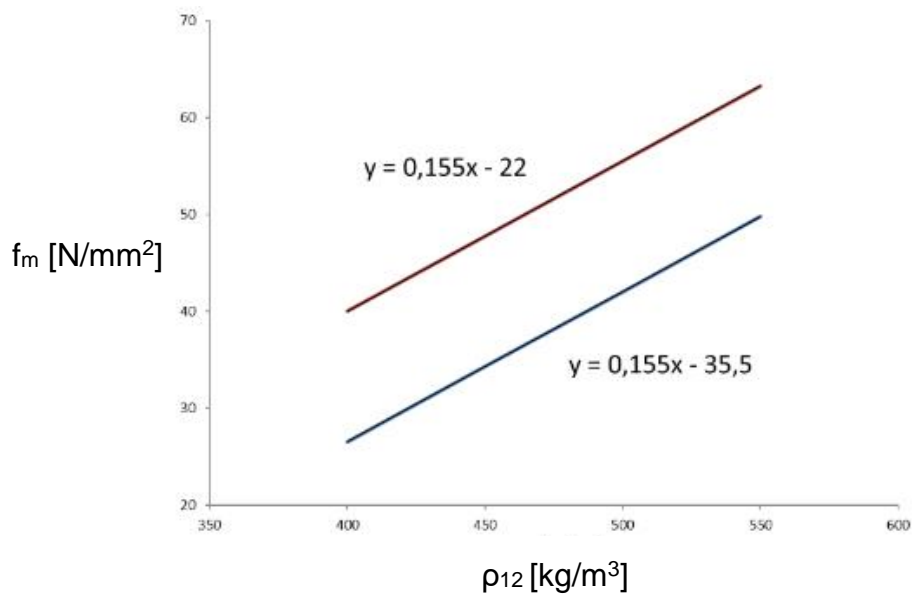
Kde je:

ρ_{12} – hustota dřeva při vlhkosti 12 % [kg * m⁻³];

t_p – hloubka zaražení trnu do dřeva [mm];

w – vlhkost dřeva v době měření [%] [15], [16].

Z odhadu hustoty potom lze pomocí odvozených regresních vztahů zjistit pevnost v ohybu [15], [16].

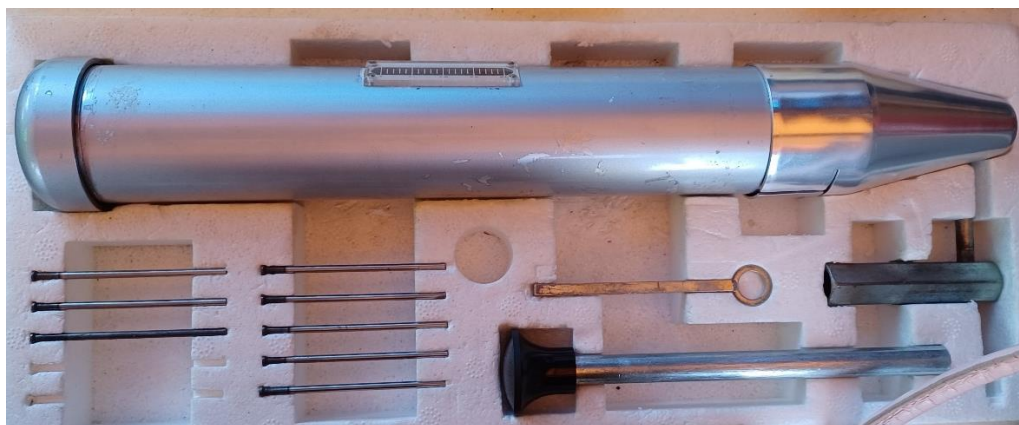


Obrázek 25: Závislost hustoty a pevnosti v ohybu konstrukčního dřeva dle doc. Kuklíka [15], [16]

Červená křivka vyznačuje odhad pevnosti v ohybu, modrá křivka vyznačuje odhad 5 % kvantilu pevnosti v ohybu. S ohledem na to, že se jedná o výsledky semi-destruktivního měření bez dalšího upřesnění, tak se využije ke stanovení pevnosti v ohybu červená křivka [15], [16].



Obrázek 26: Provádění zkoušky pomocí Pilodynu 6J



Obrázek 27: Detail přístroje Pilodyn 6J

Tabulka 8: Stanovení odhadu hustoty a pevnosti v ohybu

t_p [mm]	1	2	3	4	5	6	8	9	10
1	32	24	18	21	14	12	13	15	10
2	14	27	20	15	15	11	15	18	12
3	16	28	20	13	16	10	16	14	12
\varnothing	20.7	26.3	19.3	16.3	15.0	11.0	14.7	15.7	11.3
t [°C]	24.7	25.5	25.9	29.7	29.5	26.5	28.1	28.9	29.3
ρ_{12} [kg*m ⁻³]	186	22	216	405	389	523	366	310	431
f_m [N*mm ⁻²]	6.9	-18.6	11.5	40.8	38.3	59.0	34.7	26.0	44.7

Vyhodnocení zkoušky:

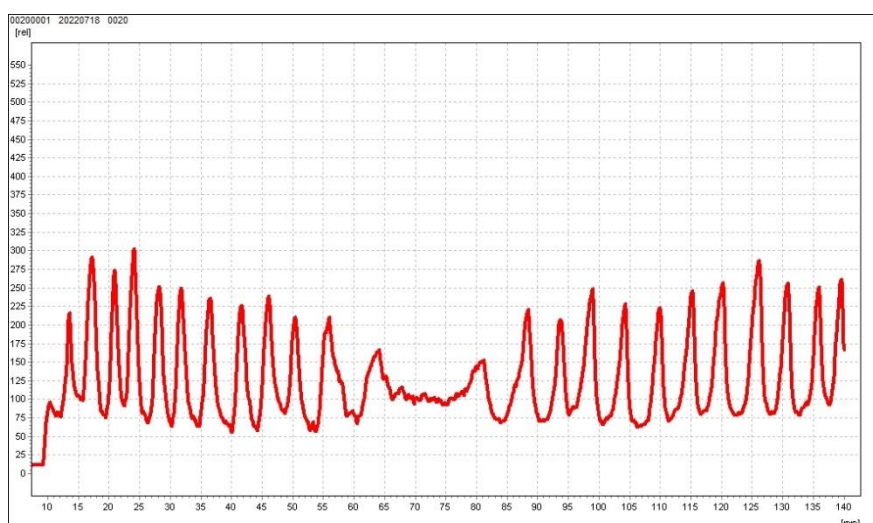
Odhadovaná pevnost dřeva v ohybu v daném stropu byla stejně jako u vlhkosti dřeva proměnlivá. V místech nad garáží měla všechna zkušební místa minimální (resp. žádnou – zkušební místo 2) odhadovanou pevnost, dřevo bylo značně ohořelé. Zbylá zkušební místa měla dobrou odhadovanou pevnost. U zkušebního místa 9 byla odhadovaná pevnost o něco nižší, při následném odporovém mikrovrtání u něj došlo k proboření na povrchu, dřevo bylo v tomto místě lokálně oslabené.

Odporové mikrovrtání

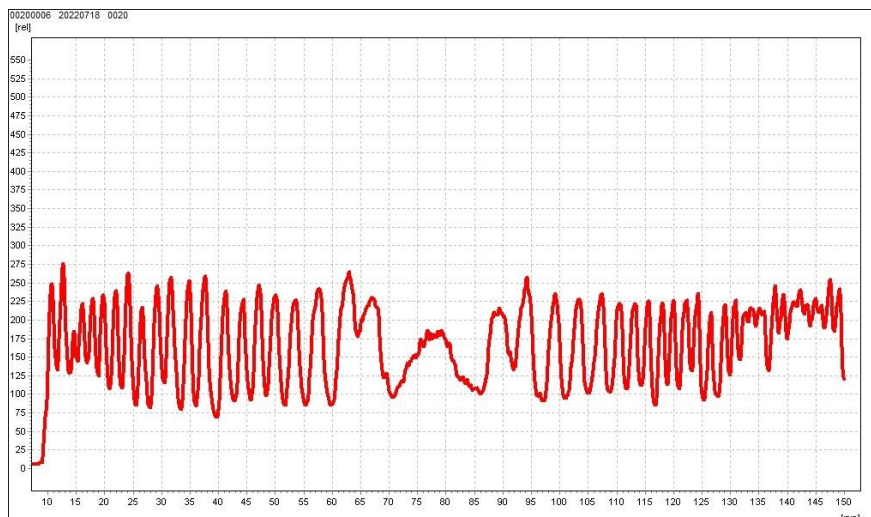
Zkouška byla provedena přístrojem Rinntech Resistograph R650-EA. Díky této metodě je možné získat informace nejen o povrchu materiálu, ale především o jeho vnitřní struktuře. Informace o ní se získávají díky pozvolnému pronikání materiálem [15], [17].

Před provedením zkoušky muselo být zkušební místo opět očištěno, aby se vybralo co nejvhodnější místo k provedení zkoušky. Stejně jako u odporového zaražení trnu se zkouška provedla v radiálním směru v místě bez trhlin či jiného viditelného poškození. Zkouška se prováděla na výšce trámů. Než byla provedena, bylo potřeba vždy nastavit výšku jednotlivých trámů, aby bylo možné získat záznam o vnitřní struktuře po celé výšce a zároveň se vrták nedotkl jiného materiálu, který by ho mohl poškodit.

Zkouška samotná probíhala následujícím způsobem. Přístroj se přiložil k vybranému zkušebnímu místu a provedl se vrt do materiálu. Samotný vrták byl plochý s malým průměrem. Během pronikání vrtáku se zaznamenával odpor, který materiál vykazoval při vrtání. Tento záznam v jednotlivých částech průvrtu dával představu o vnitřním stavu prvku v daném místě. Výstupem zkoušky byl grafický záznam, který představoval energii, která byla nutná pro udržení konstantní rychlosti. Tato rychlost byla na ose y grafu, osa x ukazovala délkový záznam vrtání [15], [17].



Obrázek 28: Grafický záznam odporového mikrovrtání – 1



Obrázek 29: Grafický záznam odporového mikrovrtání – 2

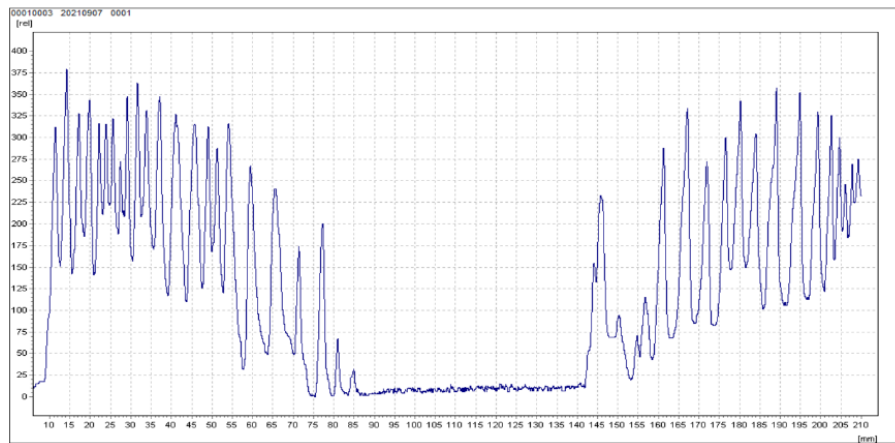
Komentář ke grafickým záznamům:

Vrcholy v grafu představovaly místa, kde byl vyšší odpor a tedy i vyšší hustota. Jednalo se o letní letokruhy, které jsou obecně tmavší, hustší a tvrdší. Naopak nižší body ukazovaly místa s nižším odporem a nižší hustotou. Šlo tedy o jarní letokruhy, které jsou na rozdíl od letních světlejší a měkčí. Přiložené grafické záznamy byly ukázkové. Krásně docházelo ke střídání jarních a letních letokruhů. V prvním případě vrták těsně minul střed trámu, protože uprostřed záznamu lze vidět pouze spodní linii, oproti tomu druhý záznam krásně ukazoval průběh středem trámu s vrcholem uprostřed.

Díky této metodě je možné snadno odhalit přítomnost a polohu defektu a biotického poškození. Poškozený materiál má velmi malý odpor, který se projeví na záznamu výrazným poklesem než je tomu u zdravého dřeva [15], [17].

Během zkoušek na tomto objektu nebyla tato poškození přítomna. Během zkoušky bylo provedeno celkem 11 vrtů. Z toho jeden byl pouze demonstrativní. Jednalo se o kleštinu krovu, který nebyl předmětem diagnostického průzkumu kvůli míře ohoření. Na základě záznamu lze říci, že dřevo krovu bylo před požárem v pořádku, ale výměna je nutná díky ohoření, které výrazně zmenšilo profily jednotlivých prvků krovu. Další vrty byly provedeny na stejných zkušebních místech jako předchozí dvě zkoušky. Ve zkušebním místě - 9 byly provedeny 2

záznamy, protože během prvního došlo k proboření do trámu a zkouška by nebyla díky tomu průkazná.



Obrázek 30: Ukázkový grafický záznam odporového mikrovrtání s hnilobou [15]



Obrázek 31: Detail přístroje Rinntech Resistograph R650-EA

Vrtaná sonda

Díky absenci projektové dokumentace bylo třeba zjistit skladbu stropu. V objektu byly provedeny 2 sondy. První se nacházela nad hlavní obytnou částí a druhá nad obytnou částí směrem do dvora (křížkem vyznačeny ve schématu viz Obr. 24).

Před provedením první sondy byl odstraněn cementový potěr, který se na půdě nacházel. Následně se vyvrtala sonda z horního líce po dolní líc stropu a zaměřily se jednotlivé vrstvy stropu.

U druhé sondy byl postup totožný, akorát nebylo třeba odstraňovat potěr, protože nad obytnou částí směrem do dvora se nacházel pouze dřevěný záklop bez potěru.

Skladba stropu nad hlavní obytnou částí:

Tabulka 9: Skladba stropu nad hlavní obytnou částí

Typ konstrukce	číslo vrstvy	tloušťka vrstvy [mm]	
Potěr	1	40 (60)	
Dřevěný záklop	2	20	
Trám	3	120 x 150	
Podbití	4	20	200
Rákosová omítka	5	20	
Mezera vyplněná izolací	6	145	
Sádrokarton	7	15	

Poznámka:

Docházelo k prostřídání prken, proto se výška potěru lišila - kvůli zarovnání podlahy.



Obrázek 32: Detail první vrtané sondy



Obrázek 33: Ukázka prostřídání dřevěného záklopu s vrtem

Skladba stropu nad obytnou částí směrem do dvora:

Tabulka 10: Skladba stropu nad obytnou částí směrem do dvora

Typ konstrukce	číslo vrstvy	tloušťka vrstvy [mm]	
Dřevěný záklop	1	30	130
Trám	2	125 x 155	
Podbití	3	15	
Rákosová omítka	4	20	
Mezera vyplněná izolací	5	80	
Sádkartón	6	15	



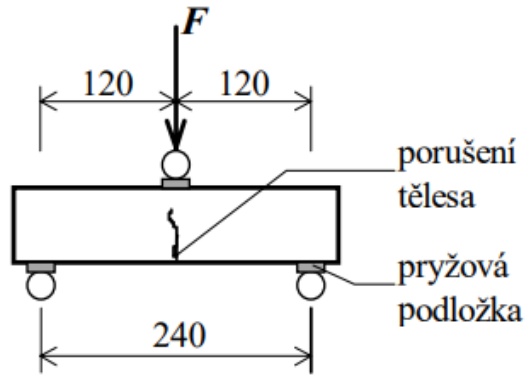
Obrázek 34: Ukázka skladby stropu nad obytnou částí směrem do dvora

3.5.3 Zkoušky pozednicového zdiva

Pro zkoušky pozednicového zdiva bylo odebráno 10 vzorků. V laboratoři byly provedeny zkoušky, kterými se zjistila pevnost v tahu za ohybu a následně pevnost v tlaku jednotlivých zdicích prvků.

Pevnost v tahu za ohybu

Zkouška se provádí přímo na výrobcích. Díky této zkoušce se zjistí tahové napětí ve zdicím prvku, které je vyvolané ohybovým momentem při porušení vzorku. Zdicí prvek, v tomto případě plná pálená cihla, se zatíží jedním břemenem v polovině rozpětí. Před provedením samotné zkoušky je třeba cihlu změřit s přesností ± 1 mm. Dále je třeba upravit tlačené plochy vzorků tak, aby byly navzájem rovnoběžné a rovinné. Úpravu lze provést pomocí brusky, případně nanesením tenké vyrovnávací vrstvy z cementové malty maximálně do 10 mm. Když je vzorek připraven, vloží se upravenými plochami na dvě výkyvné válečkové podpěry. Délka podpěr musí být minimálně dlouhá jako šířka vzorku, průměr je 10 mm. Osová vzdálenost podpěr musí být řádově v desítkách milimetrů a zároveň musí být splněno, že vzorek přesahuje cca o 25 mm na každé straně. Zatížení je potom přenášeno horní plochou vzorku uprostřed rozpětí tlačným válečkem. Aby došlo k dokonalému přilehnutí válečků podpěr i tlačného válečku, vkládají se mezi válečky a vzorek pryžové vložky o tloušťce 5 mm. V tuto chvíli je vzorek připraven k provedení zkoušky. Vzorek se plynule zatěžuje až do jeho úplného porušení. Z přístroje se odečte síla vyjádřená v newtonech, případně se ještě změří šířka a výška v místě lomu na ± 1 mm [18], [19].



Obrázek 35: Zkouška pevnosti v tahu za ohybu cihel
o rozměrech 290x140x65 mm [18]

Pevnost v tahu za ohybu se vypočítá podle vzorce [18], [19]:

$$\sigma_{po} = \frac{M}{W} = \frac{\frac{F * l}{4}}{\frac{b * h^2}{6}} = \frac{3 * F * l}{2 * b * h^2} \quad [N * mm^2] \quad (28)$$

Kde je:

F – síla potřebná k porušení vzorku [N];

l – osová vzdálenost podpěr [mm];

b – šířka vzorku [mm];

h – výška vzorku v místě zlomu [mm] [18], [19].

Vypočtená hodnota pevnosti v tahu za ohybu se zaokrouhluje na 0,1 N * mm⁻² [18], [19].

Pevnost v tlaku

Zkouška se provádí buď na celém výrobku, anebo jako v našem případě na 2 zlomcích po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu. Zlomky se postupně umístí dostředně na tlačnou desku zkušebního lisu. Následuje rovnoměrně rozdělené zatížení vzorku, které se plynule zvětšuje, až do jeho úplného porušení. Z přístroje se odečte síla vyjádřená v newtonech. Zkouška se provádí postupně na obou vzorcích a výsledné síly se následně sčítají [18], [19], [20].

Pevnost v tlaku se vypočítá podle vzorce [18], [19], [20]:

$$\sigma_{do} = \frac{F}{A} = \frac{F_1 + F_2}{l * b} \quad [N * mm^2] \quad (29)$$

Kde je:

F – nejvyšší zatížení při porušení celého vzorku [N];

F1, F2 – nejvyšší zatížení při porušení každého ze zlomků [N];

A – tlačná plocha vypočtená ze změřených rozměrů původního vzorku [mm²];

b – šířka původního vzorku [mm];

l – délka původního vzorku [mm] [18], [19], [20].

Vypočtená hodnota pevnosti v tlaku se zaokrouhluje na 0,1 N * mm⁻² [18], [19], [20].

Vyhodnocení zkoušek:

Zdicí prvky měly nedostatečnou pevnost v tahu za ohybu a rovněž v tlaku. Naměřené hodnoty kvůli tomu nejsou v práci uvedeny. Dále se nimi diagnostický průzkum nezabýval, doporučuje se výměna pozednicového zdiva.

3.5.4 Zkoušky štítových stěn

Zkoušky byly provedeny in situ. Jednalo se o nedestruktivní zkoušku pomocí tvrdoměru Schmidt LB. Zkoušky nebylo možné díky nedostatečné pevnosti zdicích prvků provést. Při provádění docházelo k praskání zdicích prvků, díky čemuž byly zkoušky neprůkazné.

Vyhodnocení zkoušek:

Pevnost zdiva byla nedostatečná, proto se doporučuje po domluvě s majiteli sousedících objektů výstavba nových štítových stěn.

4 Návrh opatření

- **Základové konstrukce** dle vizuální defektoskopie nevykazují žádné změny, poměry nebyly ovlivněny požárem ani hasebním zásahem.
- **Nosné i nenosné stěny** v obytné části dle vizuální defektoskopie nevykazují žádné změny, jejich únosnost nebyla ovlivněna požárem ani hasebním zásahem. Hasebním zásahem byly poškozeny pouze některé omítky, které je třeba vyměnit.
- **Podhledy** dle vizuální defektoskopie nebyly zasaženy požárem, ale byly výrazně poškozeny hasebním zásahem. Doporučuje se stávající podhledy odstranit, nechat vše vyschnout a až následně podhledy opravit.
- **Strop** byl zasažen požárem i hasebním zásahem. Po odstranění cementového potěru byl strop velmi vlhký. V místech nad garáží byly trámy značně ohořelé a při zkouškách vykazovaly minimální pevnosti, proto se doporučuje v těchto místech výměna. Než dojde k výměně, je nutné, aby zatěžování v těchto místech bylo minimální. Trámy nad zbylou obytnou částí není třeba vyměňovat, měly dostatečnou pevnost. Před jakoukoliv úpravou stropu se důrazně doporučuje nechat strop vyschnout.
- **Štítové stěny** měly dle zkoušek nedostatečnou pevnost zdicích prvků, proto se po domluvě s majiteli sousedících objektů doporučuje jejich výměna.
- **Krov** byl nejvíce požárem zasaženou částí budovy. S ohledem na míru ohoření jednotlivých částí krovu bylo nutné krov odstranit. Stávající krov nahradí krov stejné soustavy – šikmá stolice. Jediný rozdíl bude v tom, že krov bude symetrický, což je výhodnější z hlediska údržby. Před výstavbou nového krovu je nutná výměna **pozednicového zdiva**.
- **Dílny**, které byly k objektu přistavěny až později, se budou opravovat nezávisle na obytné části objektu. S ohledem na průběh požáru a následném stavu po požáru byla strhnuta střecha i strop v první dílně, kde požár pravděpodobně vypukl, kvůli bezpečnosti. Do budoucna se spíše doporučuje zcela odstranit stávající zbytky obou dílen, základy můžou zůstat zachovány, protože ty nebyly dle vizuální defektoskopie poškozeny. Stropy HURDIS se již v dnešní době nepoužívají kvůli problematické minulosti, i s ohledem na tuto problematiku bude lepší postavit dílny nové.

5 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo posoudit stav rodinného domu, který byl zasažen požárem. V teoretické části se kvůli tomu tato práce věnovala problematice požární odolnosti dřeva a zdiva, aby jí bylo porozuměno a šlo si udělat představu o tom, jak se dané materiály při požáru pravděpodobně chovaly.

V praktické části nejdříve proběhla prohlídka objektu. Byl tím získán základní popis objektu, včetně dispozice a lokalizace. Při prvotní prohlídce se ukázalo, že krov, s ohledem na míru ohoření, nepůjde zachránit, proto se ním tato práce dále nezabývala. Stěžejní částí této práce bylo posouzení stropů. Díky absenci projektové dokumentace nebylo jasné, o jaký strop se jedná, proto bylo nutné pomocí vrtaných sond ověřit skladbu stropu. Dále proběhly zkoušky na zjištění vlhkosti dřeva, pomocí odporového zarážení trnu a regresivních vztahů na zjištění pevnosti v ohybu a poslední zkouškou bylo odporové mikrovrtání, které nám poskytlo informace o vnitřní struktuře dřevěných prvků. Pro zajímavost byla poslední zkouška provedena i na kleštině krovu a potvrdilo se, že si dřevo i při značné míře ohoření uvnitř zachovává svou strukturu. Dalším krokem bylo posouzení pozednicového zdiva, u kterého se odebraly vzorky pro zkoušky do laboratoře. Bohužel se ukázalo, že zdivo mělo nedostatečnou pevnost v tahu za ohybu i v tlaku, proto ho bylo doporučeno před výstavbou nového krovu vyměnit. Zdivo štítové stěny bylo zkoušeno in situ pomocí tvrdoměru Schmidt LB. Při zkoušce docházelo k odprýskávání zdicích prvků, díky čemuž byly zkoušky neprůkazné.

Vlhkost dřeva na některých místech překračovala hranici 20 %, což bylo způsobeno hasebním zásahem, případně zatékáním kvůli nedostatečnému zaplachtování. Pevnost byla rovněž proměnlivá, znepokojující výsledky byly především v místech nad garáží. Na základě těchto zkoušek se výrazně doporučuje výměna stropu nad garáží kvůli obavám ze zřícení, kdyby došlo k výraznějšímu zatěžování těchto míst. Zároveň se doporučuje nechat strop proschnout, než dojde k jeho opravě. Dřevo by tím utrpělo na kvalitě a zhoršily by se jeho vlastnosti. Podhledy je nutné odstranit, vzhledem k jejich zničení

při hasebnímu zásahu, ale jak bylo zmíněno, je nutné počkat, aby strop vyschl. Zároveň se nedoporučuje půdní prostor nadměrně zatěžovat.

Jak bylo zmíněno výše před výstavbou krovu je nutné vyměnit pozednicové zdivo. Z dlouhodobého hlediska by byla vhodná výměna štítových stěn, po domluvě s majiteli sousedících objektů. Štítová stěna je sice chráněna konstrukcemi krovů, ale ze zkoušek vyplynulo, že její kvalita rozhodně neodpovídá té, jaká by měla být. Výměna se může provést kdykoli, není nutné ji provádět při výstavbě nového krovu.

6 Seznam použitých zdrojů

- [1] KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-87093-88-7.
- [2] ČSN EN 1991-1-2 Zatížení konstrukcí - Obecná pravidla - Část 1-2: Zatížení konstrukcí při požáru. ČNI Praha, 2004.
- [3] ČSN EN 1990 Eurokód Zásady navrhování konstrukcí. ČNI Praha, 2004.
- [4] WALD, František. Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-010-3157-8.
- [5] Požární odolnost dřevostaveb. MeziStromy.cz: vzdělávací portál [online]. 2017 [cit. 2023-01-20]. Dostupné z: <https://www.mezistromy.cz/drevostavby/pozarni-odolnost-drevostaveb-/odborny>
- [6] 2 NAVRHOVÁNÍ KONSTRUKCÍ PODLE ČSN EN 1995-1-2: 2006 [online]. 2006 [cit. 2023-01-24]. Dostupné z: http://fire.fsv.cvut.cz/vzdelavani/statici/5/5-2_Navrhovani_drevenych_kci.pdf. Online přepis příručky k normě. Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí, Fakulta stavební, ČVUT v Praze. Vedoucí práce Doc Ing. Petr Kuklík, CSc.
- [7] 7 NAVRHOVÁNÍ SPOJŮ PODLE ČSN EN 1995-1-2:2006 [online]. 2007 [cit. 2023-01-24]. Dostupné z: http://fire.fsv.cvut.cz/vzdelavani/statici/5/5-7_Navrhovani_spoju_CSN.pdf. Online přepis příručky k normě. Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí, Fakulta stavební, ČVUT v Praze. Vedoucí práce Doc Ing. Petr Kuklík, CSc.
- [8] ČSN EN 1993-1-2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru. ČNI Praha, 2005.
- [9] BROUKALOVÁ, Iva a Pavel KOŠATKA. Navrhování zděných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1996. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. Technická knihovna (ČKAIT). ISBN 978-80-87438-02-2.

- [10] ČSN EN 1996-1-2 Navrhování zděných konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla. Navrhování konstrukcí na účinky požáru. ČNI Praha, 2006.
- [11] ČSN EN 1996-1-1 (73 1101) Navrhování zděných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby - Pravidla pro vyztužené a nevyztužené konstrukce. ČNI Praha, 2007.
- [12] 6 Navrhování zděných konstrukcí na účinky požáru. Docplayer.cz [online]. František Beránek, 2016 [cit. 2023-01-24]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/10889194-6-navrhovani-zdenych-konstrukci-na-ucinky-pozaru.html>
- [13] Mapy.cz. In: *Mapy.cz* [online]. -: -, 2022 [cit. 2022-07-30]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?source=addr&id=10047441&ds=1&x=16.8994068&y=48.8508739&z=19&base=ophoto>.
- [14] STEHLÍK, Vladimír. INFORMACE O ŠETŘENÍ POŽÁRU. 691 02 Velké Bílovice, 2022.
- [15] HEŘMÁNKOVÁ, V. BI052 – Diagnostika stavebních konstrukcí. Brno: VUT Brno, FAST, Ústav stavebního zkušebnictví. Přednáška.
- [16] HEŘMÁNKOVÁ, V.; KLOIBER, M.; TIPPNER, J.; ANTON, O., Diagnostické metody pro hodnocení konstrukčního dřeva, příspěvek na konferenci Sborník recenzovaných příspěvků konference Zkoušení a jakost ve stavebnictví 2011, ISBN 978-80-214-4338-9, VUT v Brně, Brno, 2011
- [17] KASAL, B., ANTHONY, R.: Advances in in situ evaluation of timber structures. Progress in Structural Engineering and Materials. John Willey & Sons Ltd., London. UK, April-June 2004; vol. 6, no 2. pp. 94–103.
- [18] KOLEKTIV AUTORŮ. Stavební látky – cvičebnice. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. 2014. 124 s.
- [19] ČSN 72 2605 Skúšanie tehliarskych výrobkov. Stanovenie mechanických vlastností. 1979.
- [20] ČSN EN 772-1+A1 (722635) Zkušební metody pro zdicí prvky - Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku. 2016.

7 Seznam použitých obrázků

Obrázek 1: Zbytkový a účinný průřez [5].....	- 17 -
Obrázek 2: Grafické zobrazení průběhu k_0 [15]	- 18 -
Obrázek 3: Grafické zobrazení vztahů (9) - (11) [6]	- 19 -
Obrázek 4: Ukázka rozšíření tloušťky o hodnotu a_{fi} [7]	- 21 -
Obrázek 5: Příklady dodatečné ochrany [7]	- 23 -
Obrázek 6: Příklad ochrany hlavy svorníku [7].....	- 23 -
Obrázek 7: Ochrana okrajů ocelových desek (spojovací prostředky nejsou zobrazeny): (a) nechráněných, (b) chráněných dutinami, (c) chráněných vlepenými pásy, (d) chráněných deskami [7].....	- 24 -
Obrázek 8: Průřez s definovanými vzdálenostmi [7]	- 29 -
Obrázek 9: Příčný průřez požárem namáhaného sloupu s reálnými a s upravenými izotermami při teplotách do θ_1 , mezi θ_1 a θ_2 a nenosných oblastí průřezu (teploty nad θ_2) [12].....	- 34 -
Obrázek 10: Katastrální mapa s vyznačenou lokalizací objektu [13].....	- 36 -
Obrázek 11: Ortofotomapa s vyznačenou lokalizací objektu [13].....	- 36 -
Obrázek 12: Pohled na přední část objektu před požárem	- 37 -
Obrázek 13: Pohled na přední část objektu po požáru	- 38 -
Obrázek 14: Pohled na zadní část objektu po požáru	- 38 -
Obrázek 15: Pohled na přistavěnou obytnou část po požáru, na niž navazují dílny	- 38 -
Obrázek 16: Strhnutá střecha a strop v první dílně	- 41 -
Obrázek 17: Vyklizaná půda nad obytnou částí	- 41 -
Obrázek 18: Detail spoje	- 42 -
Obrázek 19: Ohořelá část krovu s řezem	- 42 -
Obrázek 20: Část půdy, kde bylo uloženo požárem nedotčené seno	- 43 -
Obrázek 21: Poškozené podhledy od hasebního zásahu	- 43 -
Obrázek 22: Schéma zaměřeného půdorysu včetně řezů původním krovem	- 45 -
Obrázek 23: Schéma s vyznačenými zkušebními místy, číselně jsou označena místa pro nedestruktivní a semi-destruktivní zkoušky, křížkem pro destruktivní zkoušky	- 47 -
Obrázek 24: Provádění zkoušky pomocí odporového vlhkoměru	- 48 -
Obrázek 25: Závislost hustoty a pevnosti v ohybu konstrukčního dřeva dle doc. Kuklíka [15], [16].....	- 51 -
Obrázek 26: Provádění zkoušky pomocí Pilodyn 6J	- 51 -
Obrázek 27: Detail přístroje Pilodyn 6J	- 52 -
Obrázek 28: Grafický záznam odporového mikrovrtání – 1	- 53 -
Obrázek 29: Grafický záznam odporového mikrovrtání – 2	- 54 -
Obrázek 30: Ukázkový grafický záznam odporového mikrovrtání s hnilobou [15]	- 55 -
Obrázek 31: Detail přístroje Rinntech Resistograph R650-EA.....	- 55 -
Obrázek 32: Detail první vrtané sondy	- 56 -

Obrázek 33: Ukázka prostřídání dřevěného záklopu s vrtem.....	- 57 -
Obrázek 34: Ukázka skladby stropu nad obytnou částí směrem do dvora...	- 57 -
Obrázek 35: Zkouška pevnosti v tahu za ohybu cihel	- 59 -

8 Seznam použitých tabulek

Tabulka 1: Hodnoty k_{fi} [1]	- 13 -
Tabulka 2: Určení součinitele k_0 [1]	- 17 -
Tabulka 3: Požární odolnost nechráněných spojů s bočními prvky ze dřeva [1]	- 20 -
Tabulka 4: Šířky ocelových desek s nechráněnými okraji [1]	- 24 -
Tabulka 5: Parametr k [1]	- 26 -
Tabulka 6: Hodnoty teplot θ_1 a θ_2 pro různé materiály zdiva [9]	- 34 -
Tabulka 7: Stanovení průměrné vlhkosti	- 49 -
Tabulka 8: Stanovení odhadu hustoty a pevnosti v ohybu	- 52 -
Tabulka 9: Skladba stropu nad hlavní obytnou částí	- 56 -
Tabulka 10: Skladba stropu nad obytnou částí směrem do dvora	- 57 -