



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING TESTING

## PŘÍPRAVA A REALIZACE STAVEBNĚ TECHNICKÉHO PRŮZKUMU BUDOVY BÝVALÉ RADNICE V LITOMYŠLI

PREPARATION AND IMPLEMENTATION OF CONSTRUCTION AND TECHNICAL SURVEY OF THE  
FORMER TOWN HALL BUILDING IN LITOMYŠL

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petr Růžička

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ONDŘEJ ANTON, Ph.D.

BRNO 2022



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav stavebního zkušebnictví

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Petr Růžička
<b>Název</b>	Příprava a realizace stavebně technického průzkumu budovy bývalé radnice v Litomyšli
<b>Vedoucí práce</b>	doc. Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2021
<b>Datum odevzdání</b>	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

---

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

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Cikrle, P. a kol. Diagnostické metody ve stavebnictví. Studijní opora, VUT v Brně FAST, 2011

Adámek, J., Hobst, L., Cikrle, P., Schmid, P. Diagnostika stavebních konstrukcí. Studijní opora, VUT v Brně FAST, 2005.

Holický, M. a kol. Příručka pro hodnocení existujících konstrukcí. 1. vydání Praha: ČVUT, 2007.

Bažant, Z., Klusáček, L. Statika při rekonstrukcích objektů. Skriptum VUT v Brně FAST, CERM Brno, 2002

Pume, D., Čermák, F. a kol.: Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí, Praha, Arch 1998.

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí a další platné normy.

Dokumentace a podklady od vlastníka objektu.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cíle práce – v teoretické části práce provést rešerše doporučené literatury a vypracování podkladů pro řešení diplomové práce. V rámci praktické části provést prvotní prohlídku hodnocené konstrukce, předběžné hodnocení stavu a sestavení plánu stavebně technického průzkumu. Provedení a vyhodnocení průzkumu konstrukce. Závěrečné zhodnocení stavu konstrukce.

Závěr – proveďte krátké shrnutí a jasně a přehledně deklarujte výsledky diplomové práce.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

---

doc. Ing. Ondřej Anton, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se věnuje přípravě a realizaci stavebně technického průzkumu bývalé budovy radnice v Litomyšli. Teoretická část se zaměřuje na vlastnosti zdiva, vlastnosti dřeva a metody potřebné pro jejich stanovení. Praktická část se věnuje návrhu, provedení a vyhodnocení stavebně technického průzkumu. V závěru bakalářská práce stanovuje na základě provedených zkoušek materiálové charakteristiky vyšetřovaných prvků, přesně určuje skladby stropů a hodnotí stav dřevěných konstrukcí.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Diagnostika, stavebně technický průzkum, kamenné zdivo, cihelné zdivo, malty, pevnost v tlaku, jádrové vrtání, dřevo, vlhkost dřeva, mechanické vlastnosti dřeva, stavba dřeva, stropní konstrukce, nedestruktivní metody, semidetruktivní metody.

## **ABSTRACT**

The bachelor's thesis covers preparation and realization of structural-technic survey of a former town hall building of city Litomyšl. The theoretical part focuses on properties of masonry, properties of timber and methods essential for their appraisal. The practical part deals with planning, performing and assessment of structural-technic survey. In conclusion the bachelor's thesis determines material characteristics based on performed exams, determines composition of ceilings and appraises conditions of timber structures.

## **KEYWORDS**

Diagnostics, structural-technic survey, stone masonry, clay masonry, mortar, compressive strength, core drilling, timber, moisture level of timber, mechanical properties of timber, construction of timber, ceiling constructions, nondestructive methods, semidestructive methods.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Petr Růžička *Příprava a realizace stavebně technického průzkumu budovy bývalé radnice v Litomyšli*. Brno, 2022. 98 s., 4 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce doc. Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Příprava a realizace stavebně technického průzkumu budovy bývalé radnice v Litomyšli* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 27. 5. 2022

---

Petr Růžička

autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Příprava a realizace stavebně technického průzkumu budovy bývalé radnice v Litomyšli* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27. 5. 2022

---

Petr Růžička

autor práce

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce, panu doc. Ing. Ondřeji Antonovi, Ph.D. za trpělivost, rady, poskytnutý čas a pomoc při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Věře Heřmánkové, Ph.D. za poskytnuté materiály. V poslední řadě bych rád poděkoval své rodině, přátelům a partnerce za důvěru a podporu během celé doby mého studia.

# Obsah

1	ÚVOD.....	4
1.1	Úvod.....	4
1.2	Cíl práce .....	4
2	Teoretická část.....	6
2.1	Zděné konstrukce .....	6
2.1.1	Základní typy zděných konstrukcí.....	6
2.1.2	Materiály používané pro zděné konstrukce .....	7
2.1.3	Vazby zdiva.....	7
2.1.4	Malty pro zdivo .....	8
2.1.5	Typy spár .....	9
2.2	Vlastnosti zdiva .....	10
2.2.1	Normalizovaná pevnost zdiva v tlaku .....	10
2.2.2	Pevnost malty v tlaku .....	12
2.2.3	Charakteristická pevnost zdiva.....	12
2.2.4	Návrhová pevnost v tlaku .....	13
2.2.5	Vlhkost zdiva .....	14
2.3	Stanovení pevnosti zdících prvků .....	15
2.3.1	Nedestruktivní metoda pomocí tvrdoměru Schmidt .....	15
2.3.2	Destruktivní metody.....	16
2.4	Stanovení pevnosti malt.....	16
2.4.1	Tvrdoměrné zkoušky.....	16
2.4.2	Semidestruktivní metody.....	16
2.5	Diagnostika dřevěných konstrukcí .....	17

2.6	Základní vlastnosti dřeva .....	20
2.7	Metody pro stanovení vlastností dřeva .....	21
2.7.1	Neinvazivní metody.....	21
2.7.2	Semi invazivní metody .....	24
2.8	Průzkum stropních konstrukcí.....	28
2.8.1	Typy stropních konstrukcí.....	28
2.8.2	Magnetická indukční metoda .....	30
2.8.3	Endoskopická defektoskopie.....	30
2.8.4	Průzkumné sondy.....	31
2.9	Stavebně technický průzkum.....	31
2.9.1	Fáze stavebně technického průzkumu .....	31
2.9.2	Výstup stavebně technického průzkumu .....	34
3	Praktická část.....	35
3.1	Informace o zkoumané konstrukci.....	35
3.1.1	Historie objektu .....	36
3.1.2	Plány investora .....	37
3.2	Předběžný průzkum .....	37
3.2.1	Vizuální průzkum svislých konstrukcí .....	38
3.2.2	Vizuální průzkum vodorovných konstrukcí .....	39
3.2.3	Vizuální průzkum dřevěných konstrukcí.....	39
3.3	Návrh průzkumu .....	41
3.3.1	Pevnost zdiva .....	41
3.3.2	Stanovení skladby stropu .....	42
3.3.3	Návrh průzkumu dřevěných konstrukcí .....	42

3.4	Průběh průzkumu.....	42
3.4.1	Odebrání zkušebních vzorků zdiva .....	43
3.4.2	Průzkum stropních konstrukcí .....	44
3.4.3	Průzkum dřevěných konstrukcí.....	52
3.5	Vyhodnocení průzkumu .....	56
3.5.1	Vyhodnocení pevnosti zdiva .....	56
3.5.2	Vyhodnocení průzkumu dřevěných konstrukcí .....	74
4	Závěr.....	83
5	Bibliografie.....	85
6	Seznam tabulek.....	87
7	Seznam obrázků.....	88
8	Přílohy .....	91

# 1 ÚVOD

## 1.1 Úvod

Diagnostika stavebních konstrukcí je obor, který se zabývá průzkumem stávajících a nově budovaných staveb, jejich monitoringem a stanovováním fyzikálně-mechanických vlastností stavebních materiálů, ze kterých je budova zhotovena. Jedná se o obor, který se neustále rozvíjí a který se stal nedílnou součástí životního cyklu staveb.

Metody používané v diagnostice můžeme rozdělit na destruktivní a nedestruktivní. V historii se používaly destruktivní metody, jejichž výhodou je přesnost výsledků měření. Jejich nevýhoda spočívá v poškození zkoumaného prvku konstrukce. Alternativu k destruktivním metodám tvoří metody nedestruktivní. Tyto metody jsou rychlé a neporušují konstrukci, ale jejich spolehlivost není úplná, proto se doporučuje obě metody kombinovat. Díky této kombinaci získáme přesné výsledky s minimálním narušením konstrukce. Výsledkem stavebně technického průzkumu je technická zpráva, která je dále využívána jako podklad pro statiky při posuzování konstrukcí a projektanty při návrhu rekonstrukcí, nadstaveb apod.

## 1.2 Cíl práce

Cílem práce je stavebně technický průzkum bývalé budovy radnice města Litomyšl. Záměrem průzkumu je posoudit stávající stav dřevěných trámů nosných konstrukcí stropu, krovu, stanovit pevnosti zdiva a zjistit skladby stropních konstrukcí, kvůli rekonstrukci objektu.

Práce je rozdělena do dvou částí. Teoretická část pojednává o vlastnostech zkoumaných materiálů a metodách potřebných pro jejich zjištění. Dále jsou zde popsány typy zděných konstrukcí, včetně metod pro jejich průzkum. Teoretická část je

doplněna vztahy pro výpočet hodnot vlastností materiálů požadovaných investorem a obrázky pro lepší pochopení problematiky. Praktická část zpracovává vlastní měření, aplikuje metody popsané v teoretické části a je doplněna o fotografie z měření, laboratorních zkoušek a výkresovou dokumentaci spolu se značením prováděných zkoušek. Na závěr je provedeno vyhodnocení laboratorních zkoušek a zhodnocení technického stavu konstrukce.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Zděné konstrukce

Zděné stavby jsou jedním z nejstarších typů stavebních konstrukcí. Vzhledem k tomu, že je zdivo používáno již více než 10 000 let, je zcela logické, že technologie zděných konstrukcí (zvláště pak cihelné zdivo) prošla mnohými inovacemi. Jednou z nejvýznamnějších inovací byl přechod z nepálených cihel na cihly pálené. Největší rozmach konstrukcí využívající cihelného zdiva zaznamenáváme v době baroka, ve kterém byly cihly využívány jako hlavní stavební materiál. V 18. století došlo k vydání dvou zásadních dokumentů. Prvním z nich jsou předpisy pro zděné budovy, ve kterých mimo jiné došlo ke zpřísnění protipožární ochrany. Druhým dokumentem je dekret, který se snažil o sjednocení rozměru cihel plných pálených. Rozměry stanovené dekretem byly 303x145x65 mm, po metrologické reformě v roce 1886 byly tyto rozměry upraveny na dnešních 290x140x65 mm. V 19. a 20. došlo k rozvoji cihelných výrobků do té míry, že je možné je využít téměř ve všech druzích konstrukcí [1].

#### 2.1.1 Základní typy zděných konstrukcí

##### Zděné stěny

Zděné stěny jsou svislým konstrukčním prvkem, jehož funkcí je přenos svislých zatížení konstrukce a zatížení působené vlastní tíhou samotné zdi. Zároveň plní ochrannou a rozdělovací funkci objektu. Za nosnou stěnu považujeme prvek, jehož vodorovná průřezová plocha není menší než 0,04 m<sup>2</sup> [1].

##### Zděné pilíře

Zděné pilíře jsou svislé prvky, jejichž funkce je stejná jako u nosných zdí, rozdílem mezi těmito dvěma prvky jsou jejich rozměry. O pilíři mluvíme, když poměr výšky a šířky daného prvku je menší než 4 [1].

## **Zděné sloupy**

Zděné sloupy jsou svislé prvky, jejichž štíhlostní poměr je štíhlejší než u pilíře, štíhlostní poměr  $\lambda \geq 4$  [1].

## **Opěrné zdi**

Opěrné zdi jsou zdi pod rovinou terénu, sloužící pro přenos zatížení zeminy vně objektu [1].

## **Nenosné stěny (příčky)**

Příčky slouží pro rozdělení konstrukce v požadovaném směru a neplní žádnou statickou funkci, kromě přenosu vlastní tíhy [1].

## **Smyková stěna**

Smyková stěna je prvek přenášejí vodorovné síly ve své rovině [1].

## **Ztužující stěna**

Ztužující stěna je stěna kolmá na stěnu, která tvoří podporu proti účinkům vzpěru a vodorovným silám působících na podpíranou stěnu [1].

## **2.1.2 Materiály používané pro zděné konstrukce**

V dnešní době máme velké množství zdících prvků s různými vlastnostmi. Z pohledu diagnostiky pro nás však mají největší význam následující druhy zdiva:

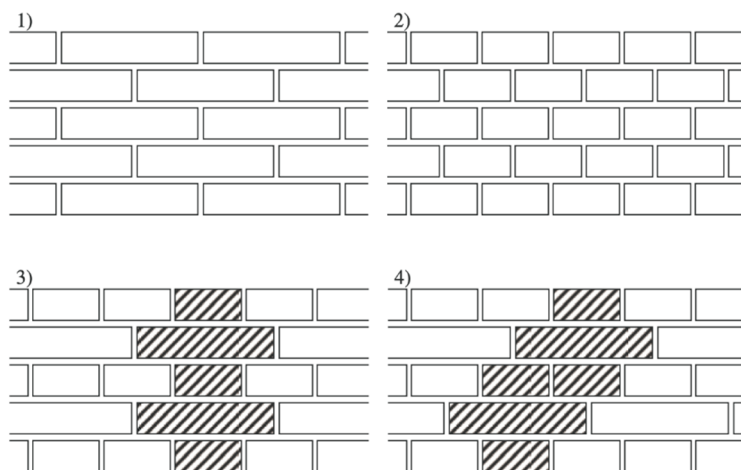
- cihelné – využíváné pro všechny typy nosných konstrukcí;
- kamenné – lze očekávat vyšší pevnosti než u zdiva cihelného;
- smíšené – cihelné zdivo na povrchu, nosná konstrukce ze zdiva kamenného [1].

## **2.1.3 Vazby zdiva**

Vazbou zdiva nazýváme způsob, jakým jsou na sebe cihly vrstveny. Tvořením vazeb se snažíme zajistit optimální roznoš svislého zatížení. Dalším důvodem pro tvorbu

vazeb je snaha o zamezení průběžných styčných spár v podélném i příčném směru. Cihla, jež je ve vazbě uložena tak, že její délka je vzhledem k líci stěny rovnoběžná, se nazývá běhoun. Cihla, která byla do vazby uložena tak že její délka je kolmo na líci stěny, je nazývána vazák. Pro dosažení správné vazby, která bude plnit výše zmíněné funkce, je nutno dodržet několik zásad [1]:

- ložné spáry musí být ve směru kolmém k tlaku působícímu na konstrukci neboli vodorovně;
- styčné spáry musí být překryty cihlou v následující vrstvě o 1/4 až 1/2 délky cihly;
- pro tvoření vazeb je ideální využít co nejvíce cihel o plných rozměrech, výjimku tvoří pouze křížení dvou směrů, zalomení nebo ukončení stěny (v těchto případech je možno použít pouze části cihel tzv. půlky a tříčtvrtky) [1].



*Obrázek 1 - Základní vazby cihelného zdiva: 1) běhounová, 2) vazáková, 3) polokřížová 4) křížová [1]*

Vazba zdiva je jeden z parametrů důležitý pro stanovení návrhové pevnosti zdiva v tlaku.

## 2.1.4 Malty pro zdivo

Maltu je obecně možné charakterizovat jako kompozitní materiál, který se skládá ze směsi pojiva, plniva, vody a dalších přísad pro získání nebo odebrání

požadovaných vlastností (rychlost tuhnutí). Po úplném zatvrdnutí malty (cca 28 dní) plní malta následující funkce [1]:

- spojuje jednotlivé zděné prvky;
- zajišťuje rovnoměrný roznos zatížení;
- izolační [1].

Dnešní typy malt rozdělujeme podle několika kategorií:

V závislosti na složení dělíme malty na:

- obyčejné malty – malta pro spáry mezi jednotlivými prvky, o tloušťce větší než 3 mm;
- malty pro tenké spáry – malta pro vytvoření spár o tloušťce od 1 do 3 mm;
- lehké malty – speciální typ malt jejich objemová hmotnost  $\rho < 1500 \frac{kg}{m^3}$  ve vysušeném stavu. Nižší objemové hmotnosti je dosaženo použitím lehčího plniva, než je běžné kamenivo např.: pemza, expandované horniny, lehké kamenivo typu Liapor... [1].

V závislosti na způsobu určení jejich složení:

- předpisové malty – malta jež je vyráběna v určeném poměru;
- návrhové malty – malta navržená přímo výrobcem, který ručí za její vlastnosti, jedná se již o namíchanou směs [1].

Malty pro zdění dále rozdělujeme do tříd podle hodnot pevnosti v tlaku, stanovených při zkouškách na tělesech nebo za pomoci kalibrovaných přístrojů pro nedestruktivní zkoušení malt [1].

## 2.1.5 Typy spár

Ve vazbě zdiva můžeme nalézt tři typy spár dle jejich polohy, kterou ve vazbě zaujímají:

- ložná spára je vrstva malty nacházející se mezi ložnými plochami zdících prvků;
- příčná spára je mezerová výplň kolmá k líci stěny;
- podélná spára vyplňuje podélný prostor mezi dvěma sousedními prvky [2], [1].

## 2.2 Vlastnosti zdiva

Mezi nejdůležitější vlastnosti zdiva, které stanovujeme během stavebně technického průzkumu, patří rozměry, typ vazby, tvar, objemová hmotnost, pevnost v tlaku a vlhkost. Tyto vlastnosti stanovujeme z těles odebraných ze zkoumaných konstrukcí, nebo pomocí nedestruktivních zkoušek přímo na konstrukci [3].

### 2.2.1 Normalizovaná pevnost zdiva v tlaku

Zkušební tělesa připravená pro zkoušku pevnosti v tlaku se uloží dostředně mezi čelisti lisu, rovnoměrně rozložené působící zatížení působí na těleso až do jeho porušení. Zkušební těleso může tvořit i celá cihla nebo reprezentativní vzorek z ní vyřezaný ve tvaru krychle nebo válce. Pevnost v tlaku  $f_u$  se poté stanoví jako maximální síla vyvozená čelistmi lisu vydělena účinnou zatěžovací plochou [4].

$$f_u = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Kde:

$f_u$  pevnost v tlaku udávaná v N/mm<sup>2</sup>

$F$  maximální síla vyvozená lisem

$A$  celková plocha v mm<sup>2</sup> [4]

Pevnost v tlaku se poté může použít pro prokázání shody s výrobní specifikací daného výrobku. Pro stanovení charakteristické a následně návrhové pevnosti v tlaku zdiva je zapotřebí stanovit normalizovanou pevnost v tlaku  $f_b$ . Výpočet normalizované pevnosti v tlaku provedeme ve dvou krocích. Prvním krokem je stanovení ekvivalentní pevnosti v tlaku ve stavu přirozené vlhkosti, která je vypočtena přenásobením pevnosti v tlaku  $f_u$  vhodným součinitelem vybraným podle způsobu kondicionování zdících prvků [4].

Pro zkušební tělesa sušená na vzduchu v místnosti o stálé teplotě  $t \geq 15^\circ\text{C}$ , s relativní vlhkostí  $r \leq 65\%$  po dobu minimálně 14 dnů, nebo do ustálení hmotnosti zkušební tělesa a tělesa sušená při teplotě  $t = (105 \pm 5)^\circ\text{C}$ , po dobu alespoň 24 hodin

je hodnota součinitele rovna 1,0. Stejně tak pro prvky, kterým byla stanovena hmotnost při 6 % obsahu vlhkosti. Zkušební tělesa sušená v sušárně určené k dosažení vysušeného stavu do ustálené hmotnosti je hodnota součinitele rovna 0,8. Poslední skupinu tvoří tělesa, která jsou na alespoň 15 hodin ponořena do vody s teplotou  $t = (20 \pm 5)^\circ\text{C}$  poté jsou vyjmuta a ponechána odkapat. Hodnota součinitele pro tuto skupinu je 1,2 [4].

Druhý krok k získání normalizované pevnosti v tlaku, je součin hodnoty  $f'_u$  se součinitelem tvaru  $\delta$ , který znázorňuje vliv rozměrů zkušebních těles po úpravě povrchu. Součinitel  $\delta$  získáme z tabulky nebo lineární interpolací [4].

Tabulka 1 - Součinitel tvaru  $\delta$  [4]

Šířka (mm) Výška* (mm)	50	100	150	200	$\geq 250$
40	0,80	0,70	-	-	-
50	0,85	0,75	0,70	-	-
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
$\geq 250$	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

\*výška je změřena po zarovnání

Vztah pro výpočet normalizované pevnosti v tlaku:

$$f_b = f'_u \cdot \delta \quad (2)$$

Kde:

- $f'_u$       pevnost v tlaku ve stavu přirozené vlhkosti  
 $\delta$         součinitel tvaru [4]

## 2.2.2 Pevnost malty v tlaku

Pevnost malty v tlaku se stanoví obdobně jako pevnost zdiva. Zkušební těleso ve tvaru krychle osazeno mezi dvě úložné destičky, je vloženo dostředně do čelistí lisu. Poté je na něj rovnoměrně vyvozován tlak, dokud nedojde k jeho porušení. Pevnost malty v tlaku se stanoví jako podíl maximální síly dosažené zatěžováním v lisu a plochy, na kterou síla působí [5].

$$f_m = f_{m,m} - t_n \cdot s_r \quad (3)$$

Kde:

$f_m$  je návrhová pevnost malty [MPa]

$f_{m,m}$  je výběrový průměr pevnosti v tlaku malty [MPa]

$s_r$  výběrová směrodatná odchylka

$t_n$  součinitel pro odhad dolního intervalu konfidenčního intervalu průměru, s pravděpodobností  $P=0,9$  viz. tabulka [2].

Tabulka 2 – tabulka součinitele  $t_n$  [2]

Počet vzorků n	6	8	10	12	15	20	25	30	50	100
$t_n$	0,60	0,50	0,44	0,39	0,35	0,30	0,26	0,24	0,18	0,13

Při situaci, kdy malta vykazuje velmi nízké hodnoty pevností, předpokládáme, že výsledná pevnost malty neklesne po hodnotu  $f_m = 0,1 \frac{N}{mm^2}$  [3].

## 2.2.3 Charakteristická pevnost zdiva

Výpočet charakteristické pevnosti v tlaku zdiva  $f_k$  uloženého na obyčejnou maltu se stanoví podle vzorce:

$$f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta \quad (4)$$

Kde:

$f_k$  je charakteristická pevnost zdiva s vyplněnými ložnými spárami, hodnota se uvádí v [N/mm<sup>2</sup>]

$K$  je konstanta stanovená podle druhu zdiva a skupiny zdících prvků

$f_b$  je normalizovaná průměrná pevnost v tlaku, hodnota uvedena v [N/mm<sup>2</sup>]

$f_m$  je průměrná pevnost malty s hodnotou uvedenou v [N/mm<sup>2</sup>]

$\alpha$  je exponent, jenž je závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty např.:  
 $\alpha = 0,7$  pro obyčejnou maltu

$\beta$  je exponent závislejší na druhu malty, např.: pro obyčejnou a lehkou maltu  
 $\beta = 0,3$  [3]

## 2.2.4 Návrhová pevnost v tlaku

Návrhová pevnost v tlaku  $f_d$  se určí podílem charakteristické pevnosti v tlaku zdiva  $f_k$  a dílčího součinitele zdiva  $\gamma_m$ , který se vypočítá podle vztahu:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (5)$$

Součinitel zdiva  $\gamma_m$  získáme pomocí součinu jednotlivých spolupůsobících součinitelů:

$$\gamma_m = \gamma_{m1} \cdot \gamma_{m2} \cdot \gamma_{m3} \cdot \gamma_{m4} \quad (6)$$

Kde:

$\gamma_{m1}$  základní hodnota dílčího součinitele spolehlivosti, pro zdivo z cihel plných pálených uležených na maltu obyčejnou 2,0, v případě, že zkoumané zdivo je zhotoveno z jiného materiálu, stanoví se hodnota součinitele rozbořem s přihlédnutím na způsob zjištění pevnostních charakteristik;

$\gamma_{m2}$  součinitel, který zahrnuje vliv pravidelnosti vazby a vyplnění spár maltou, nabývá hodnot: < 0,85,1,2 >, dolní mez intervalu platí pro vazbu zcela pravidelnou s dokonale vyplněnými ložnými spárami;

$\gamma_{m3}$  součinitel zahrnující vliv vlhkosti;

$\gamma_{m4}$  součinitel, který zahrnuje vliv pravidelnosti vazby a vyplnění spár maltou, nabývá hodnot: < 0,85,1,2 >, dolní mez intervalu platí pro vazbu zcela pravidelnou s dokonale vyplněnými ložnými spárami [3].

## 2.2.5 Vlhkost zdiva

Vlhkost zdiva lze měřit jak za pomoci destruktivních metod, tak za pomoci metod nedestruktivních. Průzkum se týká podzemního i nadzemního zdiva objektu, neměly by chybět ani podklady hydrogeologických poměrů v oblasti objektu a chemické rozborů vody, která by mohla na konstrukci působit. Správné stanovení vlhkosti zdiva by mělo být doprovázeno měřením relativní vlhkosti vzduchu v místnostech, kde bude průzkum prováděn [6].

Destruktivní metoda je prováděna za pomoci elektrického vrtacího kladiva a sekáče, kterými v se různých místech odebírají vzorky v hloubce 100 mm až 150 mm pod povrchem. Zpravidla se vzorky odebírají v různých výškách ve svislých profilech, aby se zjistilo, jaké je rozložení vlhkosti v celém zkoumaném prvku. Pro správné posouzení míry vlhkosti je nutné vždy odebírat stejný druh materiálu (malty pro zdění, cihelné zdivo, kamenné zdivo...). Vyhodnocení vlhkosti zdiva probíhá v laboratoři hmotnostní metodou, při které mezi sebou porovnáváme hmotnost vlhkého a vysušeného vzorku [6].

$$w = \frac{m_v}{m_s} \cdot 100 \quad (7)$$

Kde:

$w$  je stanovená míra vlhkosti materiálu uvedená v %

$m_v$  hmotnost vlhkého vzorku v kg

$m_s$  hmotnost vysušeného vzorku v kg

Nedestruktivní průzkum se provádí za pomoci elektrických měřících přístrojů [6].

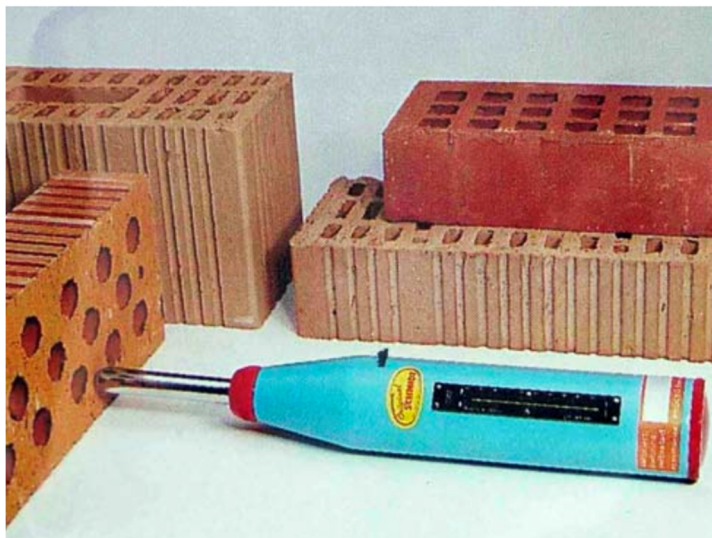
**Tabulka 3 - Tabulka stupňů vlhkosti [6]**

Stupeň vlhkosti	Vlhkost zdiva $w$ v % vlhkosti
Velmi nízká	$w < 3$
Nízká	$3 \leq w < 5$
Zvýšená	$5 \leq w < 7,5$
Vysoká	$7,5 \leq w \leq 10$
Velmi vysoká	$w > 10$

## 2.3 Stanovení pevnosti zdících prvků

### 2.3.1 Nedestruktivní metoda pomocí tvrdoměru Schmidt

Pevnost v tlaku se nedestruktivně stanovuje pomocí tvrdoměru Schmidt LB, který byl vyvinut speciálně za účelem provádění odhadu pevnosti v tlaku cihelných zdících prvků [1], [2].



Obrázek 2 - Tvrdoměr Schmidt LB [2]

#### Postup

Prvním krokem je odstranění omítky v místě provádění zkoušky. Otvor musí být dostatečně velký, aby se do něj vešla brusná hlava, která je potřebná na vyrovnaní povrchu zkoumaného prvku. Poté se přistoupí k samotnému použití tvrdoměru. Provedeno má být minimálně 10 měření, rozmístěných minimálně 20 mm od sebe a 20 mm od okraje prvku. Pokud lze, vybíráme takové prvky, které nejsou narušeny trhlinami. Pokud takový prvek v daném výřezu nenajdeme, musíme udělat vzorek nový, nebo použít větší plochu prvku rozděleného trhlinou. Výsledkem zkoušky je střední hodnota  $R$  ze všech čtení. Sada je platná právě tehdy když se méně než 20 % všech měření liší od střední hodnoty o méně než 6 jednotek. Střední hodnota  $R$  se poté využije pro stanovení pevnosti v tlaku  $f_{be}$ . K upřesnění výsledků je vhodné použít destruktivní metody stanovení pevnosti v tlaku [1], [2].

## 2.3.2 Destruktivní metody

Destruktivně se pevnost v tlaku zdiva stanovuje na zkušebních vzorcích získaných z jádrových vývrtů. V praxi jsou využívány vývrty o průměru 50 mm, ze kterých se následně zhotoví zkušební tělesa pro zkoušku v tlaku. Směr zatěžování v lisu takto připraveného vzorku, však neodpovídá směru zatížení, který působí v konstrukci. Další možností, je použít vývrt většího průměru (například 75 mm), ze kterého následně vyhotovíme tělesa ve tvaru krychle. Tato tělesa už je možné zatěžovat ve správném směru [2].

## 2.4 Stanovení pevnosti malt

### 2.4.1 Tvrdoměrné zkoušky

Existuje několik možností zkoušení malty za pomoci tvrdoměrných metod. První možnost tvoří vtlačování normovaného zařízení (indentoru). Tato metoda funguje na principu zatlačení daného indentoru rázem, vyvozeným kladivem o hmotnosti 1 kg ze vzdálenosti 100 mm. Druhou tvrdoměrnou metodou pro stanovení pevnosti malty v tlaku je použití zařízení Schmidt PM. Hodnocení pomocí tvrdoměru Schmidt PM, se odvodí na základě hodnoty odrazu od malty [1], [2].

### 2.4.2 Semidestruktivní metody

Mimo destruktivní laboratorní zkoušky na tělesech, existují i metody, které lze využít pro odhad pevnosti in-situ. Jedná se o speciální příklepová vrtná zařízení, která pracují na principu korelace pevnosti a odporu potřebného ke vniknutí vrtáku při splnění daných parametrů. Dnes používáme dvě různá vrtací zařízení [1], [2]:

- „Kučerova“ vrtačka poháněná manuálním pohonem proškoleného pracovníka, práce s ní může být značně fyzicky náročná, z důvodu nutnosti vyvození a udržení správného přitlaku manuálně;
- moderní aku vrtačka s počítadlem otáček, nastavitelná na odhadované pevnosti, po provedení požadovaného počtu se vrtání samo zastaví, výhodou je

bezesporu mnohem lehčí manipulace, přítlak je vyvozován manuálně na pružinu [2].



*Obrázek 3 - Vrtačky upravené pro zjišťování pevnosti malty [2]*

### **Postup metody**

Nejprve se odstraní omítka o ploše cca 200x150 mm (je-li zdivo omítnuto), tak aby byly zcela odhaleny ložné spáry. Malta v ložné spáře se vhodným nástrojem odstraní cca do 20 mm od líce zdiva, aby došlo k odstranění zkarbonatované nebo zvětralé vrstvy malty. Poté se přistoupí k samotnému vrtání. U Kučerovy vrtačky provádíme vrt po dobu deseti otáček, u aku vrtačky se počet otáček nastaví dle předpokládané pevnosti malty. V jedné ložné spáře se provádí minimálně tři vrtů. Hloubka vrtu se poté změří hloubkoměrem. Měření můžeme považovat za platné, neliší-li se hloubky jednotlivých vrtů od průměrné o více než 30 %, pokud některý z vrtů nevyhoví nahradí se novým. Zkouška se vyhodnotí podle kalibračních vztahů a tabulek poskytnutých výrobcem [1], [2].

## **2.5 Diagnostika dřevěných konstrukcí**

Diagnostika dřevěných konstrukcí je důležitou součástí v životním cyklu dřevěných staveb. Má za úkol určit stav dřevěných prvků a následně doporučit vhodnou

stavební úpravu (rekonstrukci, sanaci, demolici...). Diagnostika dřeva je prováděna v případech, které by mohly nepříznivě ovlivnit únosnost jejich prvků, jako např.:

- změna užívání konstrukce;
- významné poškození dřeva způsobené agresivním prostředím, zvýšenou vlhkostí, záměrným poškozením konstrukce;
- konstrukční chyby při návrhu nebo výstavbě konstrukce;
- špatná údržba konstrukce po dobu její životnosti;
- poškození při nadměrných deformacích [7].

V takových případech musí dojít k přijetí opatření, která zajistí, že konstrukce bude mít dostatečnou úroveň bezpečnosti a zároveň bude umožněno bezpečné plnění její stanovené funkce. Pro správnou diagnostiku dřevěných konstrukcí by mělo být splněno několik základních podmínek:

- bezpečnost – musí být zajištěn bezpečný pohyb po konstrukci i pod ní, nebo musí dojít k jejímu dočasnému zabezpečení na požadovanou úroveň;
- dostupnost – je ideální, aby každý zkoumaný prvek byl dostatečně přístupný pro vykonání potřebných zkoušek a pro bezpečnou manipulaci s měřicími přístroji. Zajištění dostupnosti může být dosaženo pomocí různých metod např.: použití lešení pro dosažení vysokých krovových soustav;
- osvětlení – potřebné zejména pro předběžnou vizuální prohlídku;
- čištění – pro správnou vizuální prohlídku je třeba, aby daný prvek nebyl zabezděný, zavalený stavební sutí nebo jinými nečistotami. Odstranění nečistot by mělo být provedeno výhradně suchou cestou, aby nedošlo k poškození zkoumaného prvku;
- nářadí – pro správný průzkum musí být diagnostik vybaven věcmi pro pořízení záznamu o provedených zkouškách a přístroji potřebnými na provedení daných zkoušek včetně kvalitního zdroje světla. Mimo jiné by měl používat oděv zabezpečující dostatečnou bezpečnost a ochranné pomůcky (helma, ochranné brýle, pracovní rukavice, ...) [7].

Postup diagnostiky dřevěných konstrukcí je zahájen přípravou podkladů pro samotný průzkum. V této fázi dochází k seznámení diagnostika se stavbou, je stanoven

účel a rozsah průzkumu, také je shromažďována a kontrolována dostupná projektová dokumentace, aby byly odhaleny změny provedené v průběhu životnosti konstrukce [7].

Dále přichází předběžný vizuální průzkum, který slouží k doplnění informací zjištěných během přípravné fáze. Z pohledu historických konstrukcí je vizuální průzkum nositelem značného množství informací, za předpokladu přítomnosti původních prvků je z povrchu dřeva možno zjistit technologii použitou pro výstavbu konstrukce, původ prvků (pomocí tesařských značek), kvalitu provedení spojů nebo např. opravy prováděné v průběhu životnosti konstrukce [7].

Poté je proveden základní průzkum sloužící pro návrh jednoduchých sanací většinou bez použití nástrojů přístrojové diagnostiky. Mezi činnosti základního průzkumu patří zaměření konstrukce nebo ověření dimenzí (pokud je k dispozici projektová dokumentace), identifikace druhu použitého dřeva, orientační stanovení vlhkosti, vizuální prohlídka vylučující přítomnost biotických a abiotických činitelů, přirozených vad dřeva. Výstupem základního průzkumu je předběžná technická zpráva obsahující informace o typu budovy, konstrukčním systému a členění konstrukce, historických údajích o konstrukci, typ užívání za celou dobu používání stavby, okolní podmínky v místě stavby a stručný popis stavebních materiálů [7].

Následuje podrobný průzkum upřesňující informace díky využití přístrojové diagnostiky, které budou použity pro vyhotovení celkové technické zprávy, která by měla obsahovat přesné informace o vlhkosti daných prvků, rozsahu napadení biotickými činiteli a jejich přesné určení, posouzení spojů, stanovení pevností a detailního zaměření včetně vytvoření technické dokumentace. Na základě technické zprávy se poté stanoví ideální postup sanací, které rozdělujeme do čtyř skupin:

- konstrukční – kde dochází k obnově původní statické funkce např.: výměnou celého prvku nebo konstrukční části;

- sterilizační – používané pro dřevo napadené biotickými činiteli, sterilizace je provedena např.: pomocí ozařování, plynování, ...;
- chemické – využívávané hlavně preventivně např.: ochranné nátěry, fungicidy...;
- konzervační – použité pro nastavení daného prvku a obnovu rozměrů za pomocí přírodních látek (vosky atd.) [7].

Jelikož degradace je neustále pokračující proces, je nutné si uvědomit, že výsledky získané díky průzkumu odpovídají aktuálnímu stavu konstrukce. Tento stav však může být v extrémních případech rapidně změněn, a proto je třeba provést doporučené sanace včas, aby se zamezilo ohrožení bezpečnosti objektu [7].

## 2.6 Základní vlastnosti dřeva

Dřevo je jeden z prvních používaných materiálů. Jedná se o anizotropní materiál, což znamená, že v různých směrech můžeme očekávat rozdílné fyzikálně-mechanické vlastnosti. Mezi hlavní vlastnosti dřeva patří:

- hustota – stanovena pro všechny dřeviny ve stavu vysušeném na hodnotu  $1500 \text{ kg/m}^3$ ;
- objemová hmotnost – je individuální pro každý druh dřeva a závisí na vlhkosti. S rostoucí vlhkostí vzrůstá i objemová hmotnost. Ve vysušeném stavu se objemová hmotnost dřevin pohybuje v rozmezí od  $400$  do  $700 \text{ kg/m}^3$ ;
- vlhkost – údaj udávající, jaké procentuální zastoupení z celkové hmotnosti prvku, tvoří hmotnost vody.

$$w = \frac{m_w - m_d}{m_d} \quad (8)$$

Kde:

$w$	hodnota vlhkosti [%]
$m_w$	hmotnost nasyceného prvku [g]
$m_d$	hmotnost vysušeného vzorku [g]

Dřevo je hygroskopický materiál, což znamená, že jeho vlhkost je ovlivněna okolním prostředím;

- tepelné vlastnosti – tepelná vodivost je malá a přímo závislá na úrovni vlhkosti, hustotě a teplotě zkoumaného prvku. Teplotní roztažnost dřeva rovněž dosahuje nízkých hodnot, tudíž není nutné vytvářet dilatační spáry;
- elektrické vlastnosti – v suchém stavu má dřevo přirozeně vysoký odpor, který klesá se zvyšující se vlhkostí. Tato skutečnost je využita pro nedestruktivní měření vlhkosti v dřevěných konstrukcích;
- pevnost dřeva – důležitou mechanickou vlastností dřeva je pevnost. U dřeva můžeme měřit pevnost v tahu, v tlaku, ve smyku a v ohybu. Vždy je důležité rozlišit, v jakém směru probíhá zatěžování. Nejvýznamnější pevnost dřeva je pevnost v ohybu, která slouží i k zařazení dřeva do pevnostní třídy;
- trvanlivost dřeva – do značné míry závisí na prostředí, ve kterém se během životnosti vyskytuje. Při splnění optimálních podmínek může proto dřevo být velmi trvanlivé, pokud však dojde k dlouhodobému vystavení dřevěných prvků nepříznivým vlivům, může to mít za následek rychlou destrukci konstrukce [8].

## 2.7 Metody pro stanovení vlastností dřeva

Jelikož existuje velká řada metod pro stanovení různých vlastností dřeva, rozhodl jsem se teoreticky představit jen několik základních metod, které budou použity v praktické části této bakalářské práce. Pro zkoumání dřevěných konstrukcí využíváme invazivní, semiinvazivní a neinvazivní metody. Vzhledem k tomu, že změna průřezu dřeva má za následek změnu statického působení, je vyvíjena snaha o přednostní používání neinvazivních metod průzkumu dřevěných konstrukcí [7].

### 2.7.1 Neinvazivní metody

#### Vizuální průzkum

Nejpoužívanější a zároveň jednou z nejstarších metod neinvazivního průzkumu je vizuální průzkum. Vizuální průzkum se skládá ze zaměřování geometrie jednotlivých prvků, kontroly tesařských spojů a odhadu možných zatížení. Dále má stanovit

pravděpodobnou historii prvků (opravy, výměny, ošetření), určit historicky významné prvky. Určují například i druh použitého dřeva, rozsah biotického napadení, určit místa s kritickou vlhkostí. Díky vizuálnímu průzkumu se stanovují místa pro podrobný průzkum pomocí přístrojové diagnostiky [7].

## **Postup**

Pro správný postup je důležité postupovat systematicky. Nejdříve je vhodné si prohlédnout celou konstrukci a provést odhad celkového stavu konstrukce a tím identifikovat nejvíce kritická místa. Poté je vhodné stanovit druh dřeva včetně jeho dimenzí, průzkum stavu jednotlivých konstrukčních prvků a kontrola pomocí technické dokumentace, zda naměřené hodnoty souhlasí [7].

## **Výhody a nevýhody metody**

Jedná se rychlou, nenákladnou metodu, ke které není potřeba speciálních přístrojů, navíc nám dovolí lépe porozumět zkoumané konstrukci a upřesnit místa kritická pro podrobný průzkum. Hlavní nevýhodu tvoří fakt, že osoba zodpovědná za vizuální průzkum musí mít zkušenosti pro správné odhalení poruch, vad a začínajících problémů. Další nevýhodou je, že ani zkušený diagnostik nemůže vždy odhalit všechny problémy (vznikající hniloby, napadení některými druhy hub), výsledky vizuálního průzkumu jsou do značné míry subjektivním pohledem na danou konstrukci [7].

## **Odporová metoda měření vlhkosti dřeva**

Odporová metoda vychází ze vzájemného vztahu mezi vlhkostí a elektrickým odporem. Dřevo v nasyceném stavu je totiž dobře vodivým materiálem, naopak je tomu u dřeva zcela vysušeného, které je zcela nevodivé nebo velmi málo vodivé. Obecně platí, že čím vyšší je míra vlhkosti, tím nižší měrný elektrický odpor klesá. K měření se používají odporové vlhkoměry se zarážecími elektrodami [7].

## **Vlhkoměry se zarážecími elektrodami**

Existují dva základní typy vlhkoměrů se zarážecími elektrodami: s izolovanými a s neizolovanými kolíky. Neizolované kolíky zaznamenávají nejvyšší vlhkost po celé své

délce, což může vést ke zkresleným hodnotám naměřené vlhkosti, obzvláště když se daná sonda nachází v ložisku vlhkosti. Izolované kolíky měří vlhkost pouze za pomoci neizolovaných špiček, jsou tudíž vhodné pro měření lokálních odhadů vlhkosti. Jejich nevýhodou je nutná příprava (vysušení) povrchu daného prvku. Kolíky vlhkoměrů se dodávají v různých délkách. Pro získání správných hodnot je tedy ideální nejdříve změřit dimenze zkoumaného prvku a poté vybrat vhodnou délku sondy. Odporové vlhkoměry ve své soustavě obsahují zabudované teploměry, které zajišťují přesné měření. Správné stanovení vlhkosti probíhá v rozmezí teplot od +5 °C do +60 °C [7].



*Obrázek 4 - Vlhkoměr Greisinger GHM 3800 se zářezací sondou*

## Postup

Elektrody vlhkoměru jsou osazeny do vzdálenosti cca 50 mm od z obou okrajů zkoumaného prvku. Na jeden běžný metr délky prvku by mělo být provedeno jedno platné měření. Ve vzdálenosti 10-20 mm od místa prvního osazení by měla být provedena upřesňující měření, která by potvrdila nepřítomnost skrytých vad. Elektrody jsou zářezány do místa zdravého dřeva očištěného od povrchových nečistot, bez suků, trhlin a jiných vad. U obdélníkového průřezu by měly být kolíky zářezány do hloubky rovné  $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{5}$  šířky prvku. Samotné měření má být zahájeno co nejdříve po

zaražení kolíku do prvku. Naměřené hodnoty jsou poté upraveny podle druhu dřeva, bylo-li během průzkumu identifikováno [7].

## 2.7.2 Semi invazivní metody

### Zaražení trnu

Mechanické zarážení trnu pomocí jednoduchých zarážecích přístrojů zařazujeme mezi semiinvazivní metody. Své využití nachází při zjištění degradace prvků, které jsou vystaveny extrémním vlivům prostředí nebo jsou znatelné známky povrchového poškození. Narušení materiálu, které působí měřicí přístroj zaražením trnu, je závislé na průměru hrotu trnu, i při větších průměrech je však téměř zanedbatelné. Zkouška je postavena korelaci hustoty a pevnosti dřeva, která je popsána vztahem:

$$\rho_{12} = -0,027102 \cdot t_{p,12} + 0,727987 \quad (9)$$

Kde:

$\rho_{12}$  je hustota dřeva při vlhkosti 12 % [ $\text{g}\cdot\text{cm}^3$ ]

$t_{p,12}$  je hloubka zaražení trnu do dřeva o vlhkosti 12 % [mm], hodnota se vypočte podle vztahu:

$$t_{p,12} = t_p \cdot (1 - 0,007\Delta w) \quad (10)$$

Kde:

$t_p$  je hloubka zaražení dřeva o známe vlhkosti [mm]

$\Delta w$  je vlhkost dřeva v době měření [%], vypočtená ze vztahu

$$\Delta w = w - 12 \quad (11)$$

Pevnost povrchu daného materiálu je stanovena zarážením trnu pomocí kalibrovaného výstřelu, po zaražení je odečtena hodnota hloubky zaražení na stupnici integrované ve stroji. Nejčastěji používaným přístrojem je zařízení Pilodyn 6J. Jedná se o velice kompaktní zařízení s jednoduchou manipulací. Zaražení trnu je ideální provádět kolmo na radiální směr z důvodu pravidelného střídání vrstev jarního a letního

dřeva. Při provedení testu ve směru tangenciálním dochází k zaražení trnu pouze do části letokruhu, což vede ke značnému zkreslení výsledků. Při interpretaci výsledků je třeba vzít v potaz druh dřeva a výsledky předešlých zkoušek vlhkosti [7].



*Obrázek 5 - Pilodyn P6*

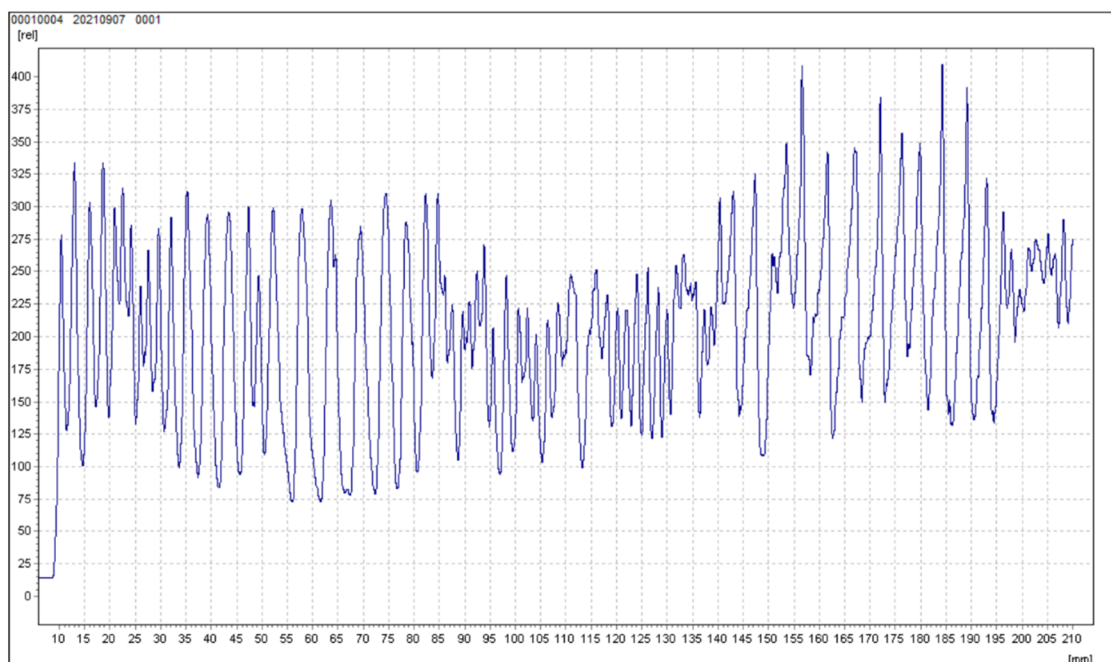
### **Výhody a omezení metody**

Nespornou výhodou této metody je její rychlost a jednoduchost, pro jeho obsluhu je třeba použití jen jedné ruky. Můžeme díky ní odhalit měkkou hnilobu a odhadnout pevnost daného prvku. Existuje velké množství faktorů, které mohou značně zkreslit, jsou jimi například: trhliny, suky, napadení biotickými činiteli apod.. Jelikož se metoda provádí na povrchu tělesa nelze touto metodou zjistit přítomnost vnitřní degradace materiálu [7].

### **Odporové mikro vrtání**

Princip metody odporového vrtání spočívá v měření mechanického odporu dřeva při vrtání. Vrt se provádí kolmo na zkoumaný prvek, vrtákem malého průměru. Průměr vrtáku je 3 mm v hlavici a 1,5 mm v dříku, čímž je zajištěno, že odpor vyvozený materiálem na hlavici není zkreslen třecími silami dříku. Současně s vrtáním probíhá

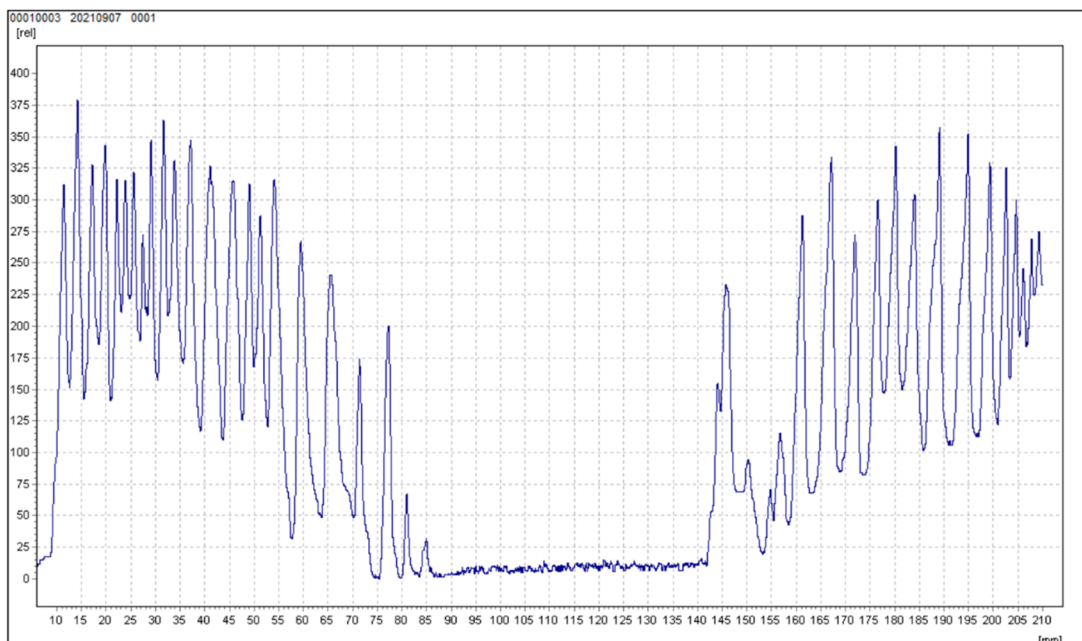
záznam odporu, který je vyvozen na hlavici vrtáku. Na základě vykreslené křivky je možné odhadnout vnitřní stav zkoumaného dřevěného prvku [7].



*Obrázek 6 - Dendrogram prvku s počátky hniloby, která neovlivňuje únosnost prvku*

### **Popis dendogramu (hustotního profilu)**

Osa X popisuje dálkový záznam z vrtání. Osa Y představuje energii, která je potřebná pro udržení stálé rychlosti vrtání. Vrcholy grafu poté odpovídají vyšším hodnotám hustoty dřeva neboli vyššímu odporu. Pokud dojde k oslabení průřezu v důsledku hniloby nebo biotického napadení bude zaznamenán nižší odpor v průběhu vrtání (viz obr. 7).



*Obrázek 7 – Dendrogram stejného prvku jako na obr. 6, zde je hniloba rozvinuta a výrazně ovlivňuje statiku prvku*

### **Výhody a nevýhody metody mikro odporového vrtání**

Dnes se jedná o jednu z nejpoužívanější diagnostických metod pro stanovení vnitřních nehomogenit dřevěných prvků. Díky této metodě dokážeme snadno a rychle odhalit skryté vady (suky, trhliny, ...), počátky hniloby nebo napadení biotickými škůdci. Při vrtání je však důležité dbát na dodržení vrtání v radiálním směru. Při vrtání ve směru tangenciálním, může totiž dojít k odklonu vrtáku do měkčího jarního dřeva, což podstatně změní křivku vykreslenou v průběhu měření [7].

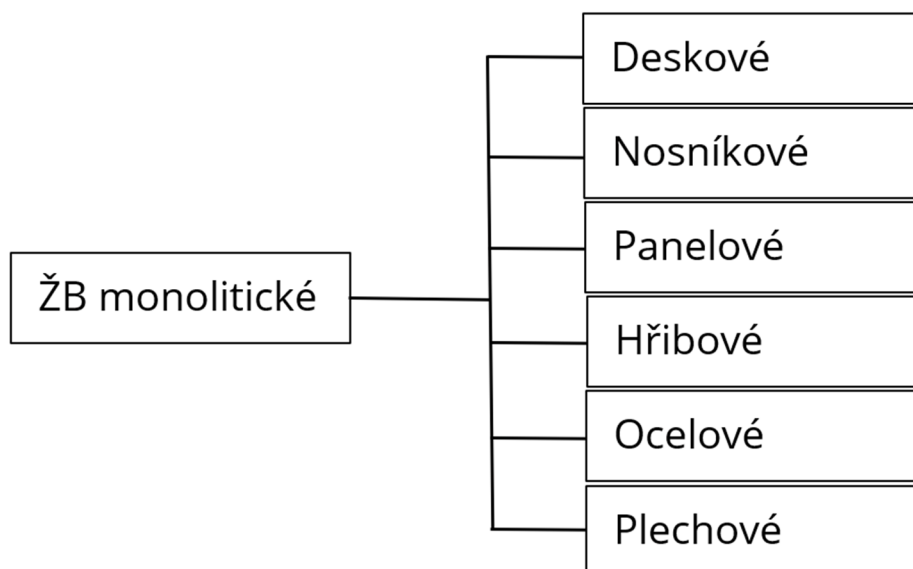


Obrázek 8 - Příklad na odporové mikrovrtání Rinntech Resistograph R650-EA

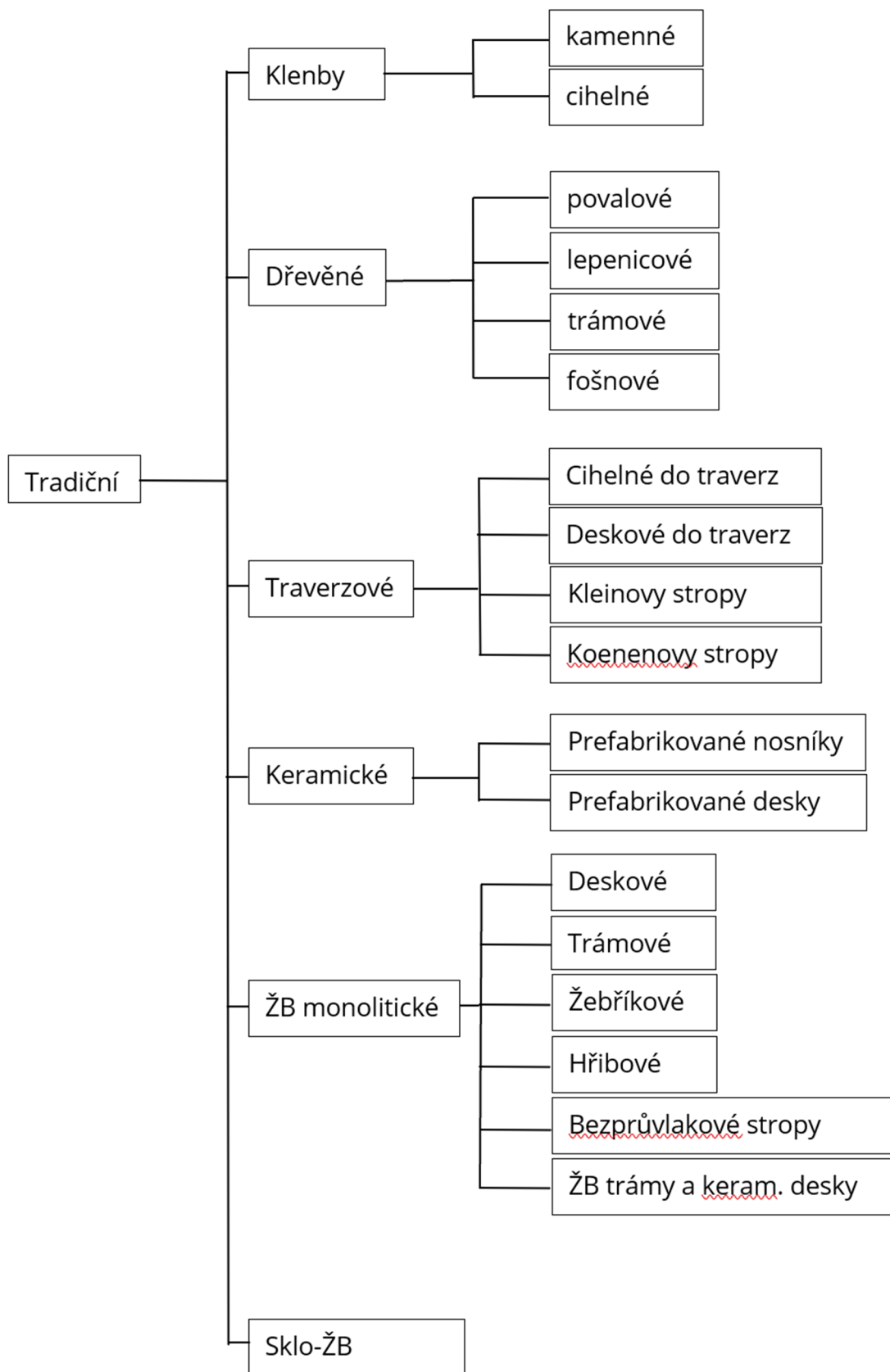
## 2.8 Průzkum stropních konstrukcí

### 2.8.1 Typy stropních konstrukcí

Stropní konstrukce dělíme do dvou základních skupin – tradiční a montované [1].



Obrázek 9 - Rozdělení montovaných stropů [1]



Obrázek 10 - Rozdělení tradičních stropů [1]

## 2.8.2 Magnetická indukční metoda

Magnetická indukční metoda je založena na využití feromagnetického jevu nebo vířivých proudů pro lokalizaci ocelových prvků, nacházejících se v konstrukci stropu. Přítomnost výztuže se poté projeví jako změna charakteristik magnetického pole. Tato metoda se uplatní především při:

- kontrole počtu a polohy betonářské výztuže;
- u moderních typů lokátorů výztuže, lze nedestruktivně změřit i průměr prutů výztuže a její krytí;
- stanovení počtu a polohy ocelových I-profilů [1].

Metodu využívající elektromagnetické lokátory výztuže je doporučeno doplnit o sekankou sondu pro ověření výsledků. Indikátory mají však omezení, která vychází ze základních principů metody, jako např.:

- ověřit stav a určit druh výztuže;
- nalézt výztuž, která se nachází mimo dosah přístroje;
- nalézt druhou vrstvu výztuže;
- správně určit polohu prvků, které se nacházejí příliš blízko sebe [1].

## 2.8.3 Endoskopická defektoskopie

Endoskopická defektoskopie je metoda využívající optické přístroje, endoskopy, pro zjištění stavu uvnitř konstrukce stropu, bez nutnosti provést průzkumnou sondu. Pro zavedení se provede vrt 8–12 mm, které jsou po vykonání zkoušky, lehce zapravitelné. Používáme pro:

- prohlídky nosných prvků nacházejících se nad podhledem, nebo pod záklopem;
- prohlídky dutin keramických stropů dutinových;
- prohlídky dutinových prostor železobetonových a předpjatých konstrukcí;
- zaměření geometrie nepřístupných prvků;
- stanovení přítomnosti trhlin, koroze, hniloby nebo jiných biotických činitelů [1].

## 2.8.4 Průzkumné sondy

Nejspolehlivější metodou průzkumu stropních konstrukcí jsou průzkumné sondy. Ty mohou být použity pouze za předpokladu, že negativně neovlivní statickou únosnost dané konstrukce. Princip metody spočívá v odkrytí horní nebo dolní krycí vrstvy tak, aby bylo možné vizuálně určit, co nejvíce informací [1].

## 2.9 Stavebně technický průzkum

Stavebně technický průzkum používáme pro hodnocení stavu existujících konstrukcí. Důvodů pro provedení průzkumu je několik, mezi nejčastější patří např.:

- ověření spolehlivosti;
- degradace stavby z důvodu dlouhotrvajících zatížení a vnějších vlivů (únava materiálu, koroze...);
- očekávaná změna využití konstrukce nebo při revitalizaci;
- poškození konstrukce od neočekávatelných zatížení (přírodní katastrofy...) [9].

### 2.9.1 Fáze stavebně technického průzkumu

#### Fáze 1. Účel

Při stanovení účelu provádění stavebně technického průzkumu se vychází z konzultací se zadavatelem (vlastníkem, projektantem, investorem, ...). Účel je poté možno dělit do 3 skupin:

- zajištění dostatečné úrovně bezpečnosti jejím uživatelům;
- zabezpečení funkčních vlastností kritické infrastruktury a významných stavebních děl;
- požadavky zadavatelů na plnění speciálních funkcí [9].

Na daném účelu je poté přímo závislý postup zvolený pro průzkum konstrukce [9].

## **Fáze 2. Scénáře působení konstrukce**

Tato fáze slouží k určení kritických scénářů, spojených s budoucností konstrukce (změna zatížení, konstrukčního systému, ...) [9].

## **Fáze 3. Předběžný průzkum**

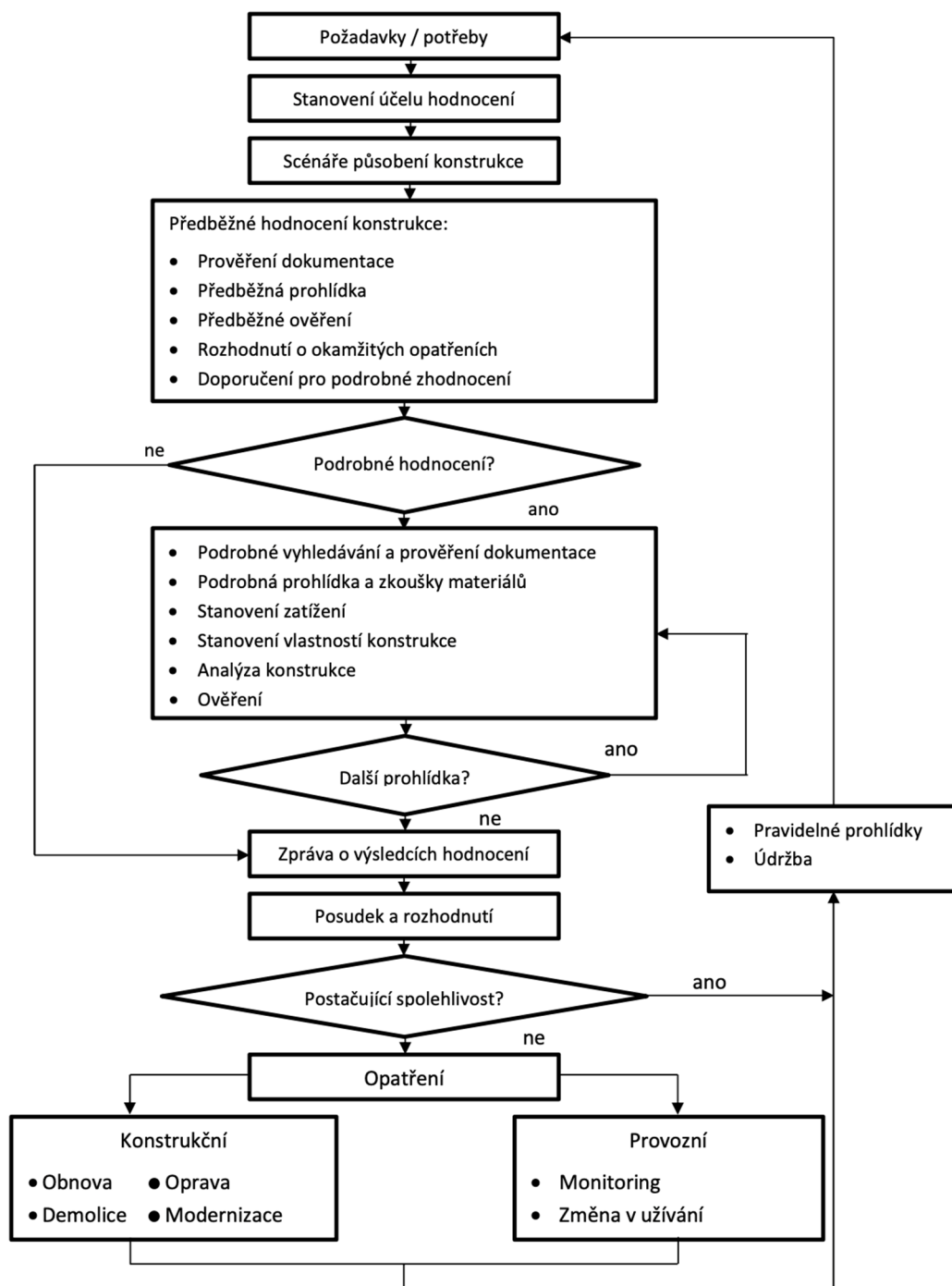
Předběžný průzkum slouží k hrubému odhadu stavu konstrukce. V ideálním případě je prvním krokem studium původní technické dokumentace (výkresy, technické zprávy...) a zjištěním stručné historie zkoumané budovy (z článků, od očitých svědků apod.). U historických staveb může však nastat problém s přesností a pravdivostí informací uvedených v dokumentaci nebo k její úplné absenci [9].

Druhým krokem je předběžná prohlídka, probíhající v místě budoucího stavebně technického průzkumu. Má za úkol pomocí vizuální kontroly nebo jednoduchých nástrojů zjistit co nejvíce informací o technickém stavu budovy. Typicky se pak jedná o povrchové problémy jako jsou např.: trhliny ve zdivu, dřevěných konstrukcí nebo koroze na ocelových prvcích. Výsledkem předběžného průzkumu je zatřídění konstrukce podle jejího aktuálního stavu (spolehlivá, nespolehlivá), navržení okamžitých opatření pro zajištění bezpečnosti provozu a doporučení podrobné prohlídky konstrukce [9].

## **Fáze 4. Podrobná prohlídka**

Podrobná prohlídka opět začíná prověřením technické dokumentace a zkoumáním konstrukce budovy. Větší důraz je však kladen na materiálové charakteristiky použitých stavebních materiálů a dimenze konstrukčních prvků. Materiálové charakteristiky zkoušíme experimentálně pomocí metod destruktivních, nedestruktivních nebo kombinovaných. V případě vzniku nejistot o údajích uvedených v technické dokumentaci se přistoupí k návrhů a provedení zkoušek potřebných pro ověření. Před samotným ověřením dochází k odhadu zatížení (především od vnějších vlivů) a stanovení vlastností konstrukce. Při ověření v rámci zvýšení bezpečnosti používáme

nejnovější normy jako směrodatné a normy z doby vzniku konstrukce pouze jako informativní [9].



Obrázek 11 - Vývojový diagram obecného postupu existujících konstrukcí [9]

## 2.9.2 Výstup stavebně technického průzkumu

Výsledkem stavebně technického průzkumu je technická zpráva, ve které jsou shrnuty informace získané zkoumáním konstrukce. Závěry popsané v technické zprávě se stanoví na základě dříve určeného účelu a připravených scénářů. Potvrdí-li se domněnky o nedostatečné spolehlivosti konstrukce, měla by zpráva obsahovat doporučení úpravy konstrukce tak, aby byla schopna nadále plnit svou funkci nebo aby bylo zajištěno bezpečné vykonávání funkce nové. Mimo změnu konstrukčního řešení může být v technické zprávě navrhnuto opatření pro změnu zatížení působících na konstrukci. Tím lze také dosáhnout většího stupně zabezpečení. V případě, že je stav konstrukce kritický, mohou být ihned požadována dočasná opatření, která mají zajistit stav budovy do zajištění celé konstrukce [9].

## 3 Praktická část

### 3.1 Informace o zkoumané konstrukci

Objektem průzkumu je budova staré radnice města Litomyšl, která je dnes využívána jako městská knihovna. Nachází se na Smetanově nám. 50, Město, 570 01 Litomyšl (viz obr. 12).



Obrázek 12 - Situace širších vztahů [10]

Knihovnu (viz obr. 14) tvoří tři nadzemní podlaží. V 1.NP se objekt dělí na dvě části: bývalé veřejné sanitační zařízení, které bylo vybouráno a vstup do knihovny. Tyto dvě části jsou od sebe odděleny zdí a každá má svůj vlastní vchod. Prostory bývalého sanitačního zařízení jsou dnes využívány jako úložný prostor využívaný městem při festivalech a akcích konajících se na Smetanově náměstí. Taky zde můžeme najít vstup do radniční věže. Přízemí knihovny se skládá z místností pro skladování knih a výuku zájmových kroužků. V chodbě 1.NP je volně přístupné schodiště vedoucí do 2.NP. 2.NP slouží jako hlavní prostor knihovny a kanceláře vedení knihovny. Za průchozími kanceláři je ocelové žebříkové schodiště. Ve 3.NP můžeme najít tři místnosti, nejdůležitější z nich je archiv, uchovávající výtisky knih z druhé poloviny 20. století. Dalšími místnostmi důležitými pro průzkum jsou půdní prostory, ve kterých

je konstrukce krovu a prázdná místnost, pro kterou je plánovaná rekonstrukce. Cílem stavebně technického průzkumu zjistit skladby podlah ve 3.NP, stanovit pevnost zdiva, odhadnout pevnost dřevěných konstrukcí, určit úroveň jejich vlhkosti a zhodnotit jejich stav.

### 3.1.1 Historie objektu

Objekt budovy radnice byl vystavěn v roce 1418 uprostřed dnešního Smetanova náměstí. Radnice vznikla spojením pozdně gotické věže a dvou raně renesančních měšťanských domů. Jednotného vizuálního stylu město dosáhlo využitím sjednocením fasád všech tří budov a vybudováním arkád v přízemí objektů. Po požárech v 18. století, město nechalo budovu přestavět do současné podoby. V 19. století však v budově opět vypukl požár. Při opravách po druhém požáru došlo kromě opravy navíc i k nadvýšení radniční věže. Po posledních opravách v roce 1907 získala věž nový orloj. Kromě astronomického orloje můžeme na věži najít také Litomyšlský loket, který sloužil jako míra pro obchodníky v letech 1370–1763 a značku, která znázorňuje výši hladiny vody při povodních v roce 1781. Svůj nový účel budova našla jako městská knihovna, kterou založil v roce 1891 studentský spolek Smetana. Od roku 1958 je budova památkově chráněna [11], [12]



Obrázek 13 - Český loket používaný obchodníky v Litomyšli

### 3.1.2 Plány investora

Investor, kterým je město Litomyšl, plánuje rozsáhlou rekonstrukci. Ta zahrnuje například rozšíření prostor bývalého veřejného sanitárního zařízení, které bude předěláno na infocentrum, rekonstrukci archivů v podkrovní části budovy na čítárny, nebo vybudování výtahové šachty. Z důvodu zvýšení zatížení, které na konstrukci působí, potřebuje investor zjistit stávající stav konstrukce.



*Obrázek 14 - Bývalá radniční budova v Litomyšli*

### 3.2 Předběžný průzkum

Prvním krokem pro předběžný průzkum bylo porovnání technické dokumentace z roku 1907 s výkresy současného stavu. Díky tomuto porovnání se podařilo zjistit, že byl přesunut komín. Poté byla provedena vizuální kontrola objektu, při které byly určeny místa vhodná pro odběr vzorků a vykonání nedestruktivních zkoušek.

### 3.2.1 Vizuální průzkum svislých konstrukcí

Svislé konstrukce v celé konstrukci jsou zhotoveny ze smíšeného zdiva. Vzhledem ke změnám provedeným za dobu využívání budovy nelze vazbu cihelného ani kamenného zdiva klasifikovat.

#### 1.NP

V místě bývalého sanitačního zařízení není zdivo omítnuto, vzhledem k historii prostoru lze předpokládat zvýšenou vlhkost zdiva. Zdivo v prostorách knihovny je omítnuto, předpokládá se však využití stejných materiálů jako v sanitačním prostoru. Lze také vidět průchod do vedlejší místnosti, který byl zazděn.

#### 2.NP

Ve 2.NP je zdivo opět omítnuto, odhalena jsou pouze místa uložení dřevěných trámů do zdi. Z těch lze usoudit, že svislé konstrukce jsou opět z cihelného zdiva.

#### 3.NP

Ve 3.NP jsou v místě archivu znovu omítnuté zdi. Na zadní stěně (naproti vstupu) půdního prostoru je část stěny odhalena. Svislá konstrukce je z cihelného zdiva, které bylo dříve omítnuto. Omítka však na většině stěny chybí. Také zde můžeme nalézt vstup zazděný vstup do schodišťové šachty věže. V cihelném zdivu lze rozeznat pokus o vytvoření křížové vazby. Na několika místech lze vidět doplnění vypadlých cihel novými. Zbylé stěny jsou omítnuty. Po levé straně (směrem od vstupu k věži) se nachází vyvýšený zeď, na které je položena pozednice a do níž jsou zakotveny vzpěry. Místnost naproti archivu je omítnuta, skrze omítku lze rozeznat cihelní zdivo s křížovou vazbou.

## 3.2.2 Vizuální průzkum vodorovných konstrukcí

### 1.NP

Strop nad bývalou sanitární místností je koncipován jako zděná křížová klenba ze smíšeného zdiva. V přízemí knihovny je čítárna i chodba koncipována opět jako křížová klenba.

### 2.NP

Schodišťová chodba v 2.NP je znovu tvořena křížovými klenbami, pravděpodobně ze smíšeného zdiva. Stropní konstrukce nad hlavním prostorem knihovny je omítnuta, na první pohled tedy není jasné, co za stropní konstrukci bylo použito. Podle technické dokumentace, ale předpokládáme, že půjde o trémový strop, s trámy uloženými do ocelových I-profilů. Podhled by mohl být tvořen prkny a vrstvou rákosu s omítkou. Zbytek místností v 2.NP, je tvořen dřevěnými trémovými stropy, které jsou popsány v části 3.2.3.

### 3.NP

Stropní konstrukce 3.NP jsou tvořeny hlavně konstrukcí střechy. Výjimku tvoří místnost archivu, ve které je konstrukce krovu vynášena pomocí svařovaných ocelových U-profilů. Konstrukci krovu navíc kryje podhled tvořený systémem dřevěných desek, na kterých jsou vidět známky někdejšího požáru.

## 3.2.3 Vizuální průzkum dřevěných konstrukcí

Cílem vizuálního průzkumu dřevěných konstrukcí je určení druhu dřeva, vyloučení napadení dřeva biologickými škůdci, kterými mohou být například: dřevokazný hmyz nebo plodnice hub a nalezení míst vhodných pro další zkoušky. Z důvodu rozsáhlosti bude konstrukce rozdělena na pět pracovních celků označených písmeny A-E (viz příloha 1).

## 2.NP

Konstrukce stropu v částech A, B a C se nachází nad 2.NP a tvoří je dřevěné prvky z jehličnatého dřeva natřeného barvou.

### Část A

V části A jsou trámy podporovány válcovaným I-profilem zakotveným do zdi a dvěma dřevěnými průvlaky. Dřevěné trámy, ale nedoléhají na průvlaky tudíž není jejich podpora funkční. Dále můžeme sledovat stopy po požárech, které budovu v historii zachvátily. Většina takto vzniklých poškození trámů má však pouze povrchový charakter, u několika trámů došlo kvůli značnému poškození k protézování. Dřívějším sanacím napovídají i zbroušené nátěry na některých trámech a pravidelně rozmístěné díry po aplikaci sanačních látek. Bylo nalezeno i několik vysušených trhlin.

### Část B

V části B je opět možné najít několik vysušených trhlin, jinak je část B bez viditelných poruch.

### Část C

Stropní konstrukce v této části je bez významných poruch.

## 3.NP

### Část D

Dřevěný krov je koncipován jako atypická stojatá stolice s šířkou větší než 14 m. Dochází k cyklickému střídání jedné plné a dvou jalových vazeb. Krov je tvořen prvky z jehličnatého dřeva, pro konstrukční spoje jsou využity spoje tesařské, ocelové svorníky a ocelové skoby. Pravá část (pohled od vstupu do půdního prostoru směrem k radniční věži) má tři sloupky, dva krajní jsou spojeny kleštinou. Plnou vazbu levé části tvoří jeden sloupek spolu s jednou vzpěrou, u čtyř ze dvou vazeb však vzpěra chybí. Všude chybí také spodní kleštiny. Vzpěry jsou špatně zakotveny do zvýšené obvodové zdi, na které je položena pozednice. Spolu s pozednicí ztužuje v podélném

směru konstrukci krovu střední vaznice umístěná pod horními kleštinami a ocelové pásky od sloupků. Část krovu poté prochází zdí nad archivem. V archivní části lze vidět vazný trám tvořený dvěma svařenými U-profily. V podhledu archivní části můžeme vidět díry způsobené požárem. Konstrukce krovu vykazuje velké množství nedostatků. Část D byla řešena v jiném stavebně-technickém průzkumu, proto v rámci této práce nebude popsána.

## **Část E**

Krov v části E je opět koncipován jako atypická stojatá stolice nárožní s úžlabím v levém horním rohu. Znovu se jedná o jehličnaté dřevo spojené tesařskými spoji, ocelovými pásky nebo skobami. Vazný trám je tvořen svařenými U-profily, které jsou umístěny vysoko nad úrovní podlahy. Středem místnosti vede komín, který byl přesunut z části D. Krov opět vykazuje značné nedostatky v místech konstrukčních spojů. Díry po tesařských spojih u některých trámů dokonce nasvědčují druhotné použití prvků.

## **3.3 Návrh průzkumu**

### **3.3.1 Pevnost zdiva**

Pro stanovení pevnosti zdiva byla zvolena destruktivní metoda pomocí jádrových vývrtů, provedených na místech určených v předběžném průzkumu. Vyhotoveny budou čtyři vývrty přístrojem Hilti DD120 s vrtákem o průměru 75 mm. Vývrty V1, V2 budou provedeny v prostoru bývalého sanitačního zařízení, Vývrty V3 a V4 v prostorech přízemí knihovny. Všechny vývrty budou umístěny zhruba do jedné třetiny výšky zdi. Díry po vývrtech budou následně zapraveny. Získaná tělesa budou poté řezáním a broušením upravena do krychlí pro zkoušku pevnosti v tlaku v hydraulickém lisu dle [4].

Nedestruktivní tvrdoměrné zkoušky byly zamítnuty kvůli prašnosti, která by mohla omezit provoz objektu nebo poškodit vystavené knihy.

### 3.3.2 Stanovení skladby stropu

Pro zjištění skladeb stropních konstrukcí se využije semi-destruktivních metod a destruktivních metod.

- Pro sondu S1 bude nejdříve využito radaru Hilti PS-1000, který určí zda je nebo není přítomna výztuž, poté bude vytvořen otvor a za využití přístroje pro endoskopickou defektoskopii určena typ stropní konstrukce.
- U sondy S2 bude opět výztuž vyhledána pomocí přístrojem Hilti PS-1000, poté bude shora provedena sekaná sonda bouracím kladivem.
- U sond S3, S4 a S5 bude provedena odkryvná sonda shora.

Všechny stropní sondy budou po zmapování a fotografickém zdokumentování zapraveny.

### 3.3.3 Návrh průzkumu dřevěných konstrukcí

Pro stanovení požadovaných vlastností dřeva byly vybrány neinvaziivní a semiinvaziivní metody.

- Vlhkost se stanoví elektrickou odporovou metodou pomocí přístroje Greisinger GHM 3800 Series se zářecí sondou. Pro stanovení vlhkosti bylo při předběžném průzkumu vybráno 12 míst.
- Stejný počet míst bude použit pro odhad průměrné pevnosti dřeva pomocí metody odporového záření trnu, pomocí přístroje Pilodyn 6J.
- Vnitřní nehomogenity se stanoví za pomoci odporového mikro vrtání pomocí přístroje Rinntech Resistograph R650-EA na 11 místech určených v předběžném průzkumu.

## 3.4 Průběh průzkumu

Průzkum bývalé budovy radnice v Litomyšli proběhl dne 30. 8. 2021.

### 3.4.1 Odebrání zkušebních vzorků zdiva

Po vybrání vhodného místa bude daný konstrukční prvek osazen vrtnou soupravou. Pro umístění vrtné soupravy bude nejdříve vyvrtána díra pro umístění kotvící hmoždinky, na kterou se následně umístí vrtací stojan. Vyrovnání stojanu, potřebné pro dosažení kolmého vrtání, bude provedeno za pomoci šroubu na kotvící desce stojanu. Poté bude osazena samotná jádrová vrtačka s diamantovou vrtací korunkou o průměru 75 mm a proběhne zapojení přívodu vody pro odtok uvolněných částic z vývrtnu. Následuje vrtání a odběr vzorku. Po odebrání je nutné vzorek správně označit číslem vzorku a odebrané těleso fotograficky zdokumentovat, aby nemohlo dojít k záměně s vzorkem odebraným na jiném místě.

#### Jádrový vývrt V1

Jádrový vývrt V1 je umístěn do nosné zdi spojující bývalou sanitační místnost a radniční věž.



*Obrázek 15 - Místo vývrtnu V1*



*Obrázek 16 - Místo vývrtnu V2*

### Jádrový vývrt V2

Jádrový vývrt V2 se nachází na nosné zdi mezi sanitačním prostorem a budovou knihovny.

### Jádrový vrt V3

Jádrový vrt V3 byl proveden ve vstupu z chodby do čítárny.

### Jádrový vývrt V4

Vývrt V4 je situován v čítárně knihovny na nosné zdi mezi prostory čítárny a dvorem.



Obrázek 17 – Umístění vývrtu V3



Obrázek 18 – Umístění vývrtu V4

## 3.4.2 Průzkum stropních konstrukcí

### Sonda S1

Sonda S1 se nachází v archivu knih, kvůli tomu bylo třeba udělat sondu co nejmenší, aby nedošlo k narušení vzácnějších exponátů. Pro omezení rozměrů sondy byla proto nejdříve za pomoci skeneru betonu Hilti PS-1000 prověřena přítomnost výztuže. Byly nalezeny dvě vrstvy výztuže. Poloha výztuží byla na podlahu schematicky zaznačena barevnou křídou a v místě křížení výztuží byla provedena sekaná sonda

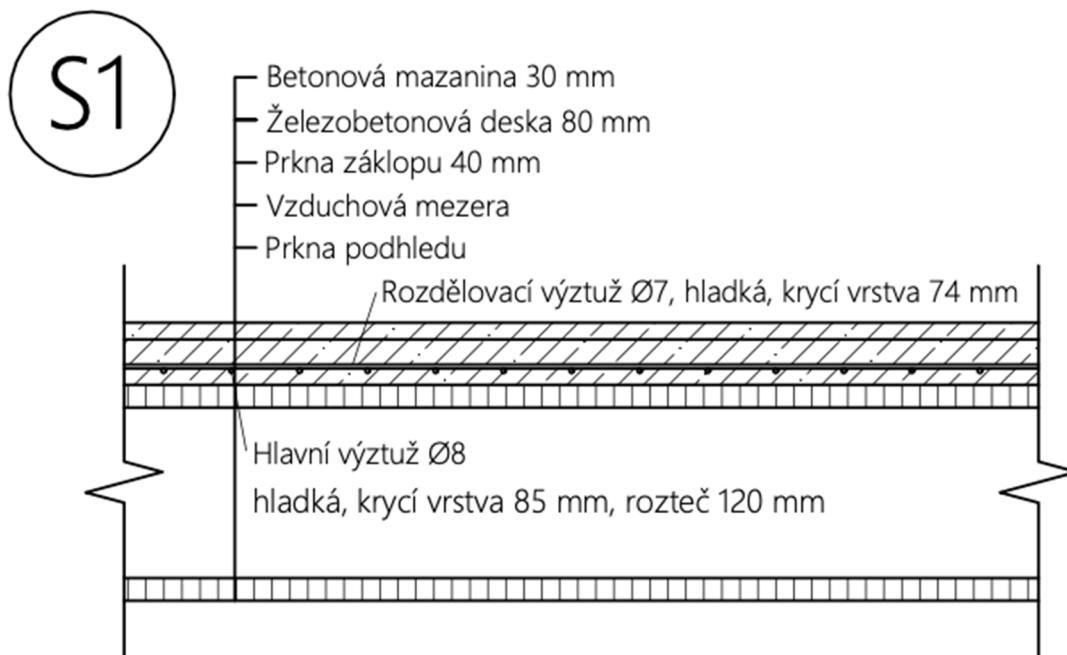
pomocí bouracího kladiva. Sekaná sonda potvrdila výsledky skeneru a odhalila výztuž, jejíž dimenze následně byly změřeny pomocí posuvným měřítkem. Hlavní výztuž byla hladká o průměru 8 mm s krytím 85 mm a roztečí 120 mm, výztuž rozdělovací byla rovněž hladká o průměru 7 mm s krytím 74 mm. Poté byl proveden vrt skrze betonovou desku vrtákem o průměru 8 mm, aby bylo možné použít kameru pro endoskopickou defektoskopii s možností otáčení kamery o 360 °. Po zavedení endoskopické kamery byla provedena vizuální kontrola, která určila, že se jedná o dřevěný bedničkový strop, což je speciální typ železobetonového žebříkového stropu, zhotoveného za použití ztraceného dřevěného bednění. Po vizuální kontrole byla díra zapravena pomocí plastové průchodky, otvor pro kameru zůstal zachován pro potřeby následných endoskopických šetření.



*Obrázek 19 - Sonda S1*



Obrázek 20 - Zapravená sonda S1 s možností opětovného použití kamery



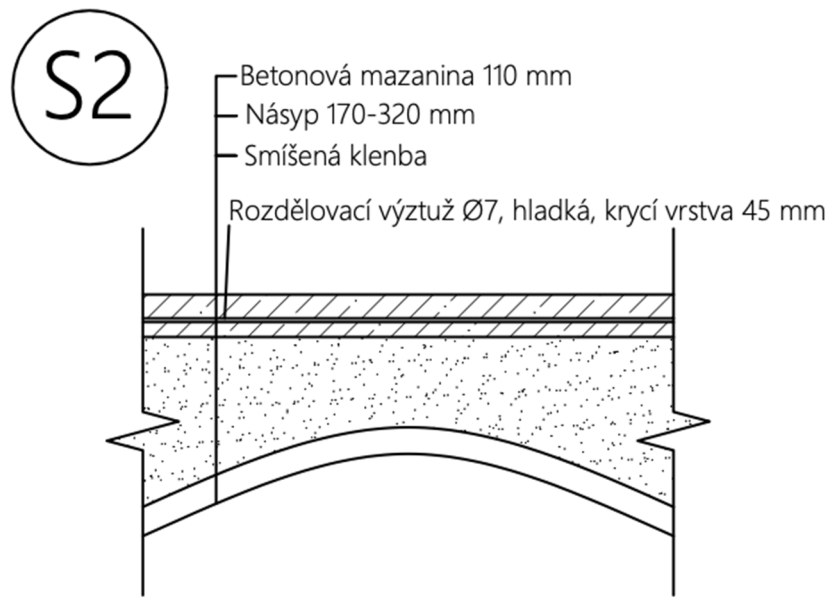
Obrázek 21 - Řez sondou S1

## Sonda S2



*Obrázek 22 - Sonda S2*

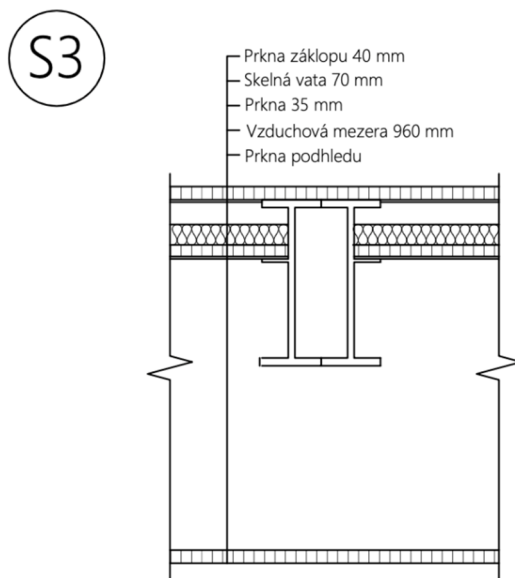
Sonda dvě se nachází opět v archivu, důvodem pro zhotovení další sondy v krátké vzdálenosti od sondy S1 je předpoklad použití jiného stropního systému, vycházející z vizuální prohlídky a studování technické dokumentace. Po vzoru první sondy byla přítomnost výztuže zjištěna radarem a následně ověřena bouracím kladivem. V betonové mazanině byla nalezena jedna výztuž o průměru 7 mm s krycí vrstvou 45 mm (možné pokračování rozdělovací výztuže ze sondy S1). Po odkrytí zbytku betonové mazaniny byl odhalen násyp ze stavební sutě, odstraněním násypu byla nalezena klenba ze smíšeného zdiva.



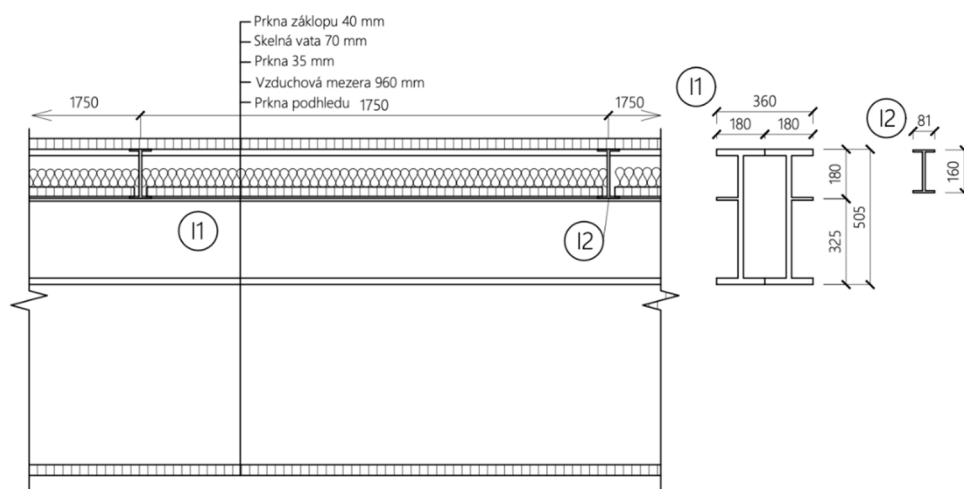
Obrázek 23 - Příčný řez sondou S2

### Sonda S3

Sonda S3 se nachází v půdním prostoru, ve kterém se nachází konstrukce krovu. Po odstranění prken záklopu pomocí páčidel, byly v příčném směru odhaleny dva válcované ocelové I-profilů o rozměrech 500x180 mm s tloušťkou pásnic 24 mm (měřeno posuvným měřítkem), s prostředky dostupnými v den měření nebylo možné změřit tloušťku stojiny. Rozpětí I-profilů je 13900 mm a osová vzdálenost 3000 mm, svařované I-profilů mají za úkol vynášet sloupky držící konstrukci krovu. V sondě S3 byly nalezeny také válcované I-profilů o rozměrech 160x81 mm s tloušťkou pásnice 7,5 mm, které zajišťují prostorovou tuhost stropu. Pod I-profilů se nacházela vzduchová mezera, jejíž hloubka 960 mm byla změřena pomocí skládacího metru. Prkna podhledu jsou vynášena původním trámovým stropem, dimenze trámu se kvůli umístění sondy nepodařilo změřit. Stav válcovaných I-profilů je dostatečný, i přes místy se vyskytující korozi, nedochází ke snížení průřezu profilů.



Obrázek 24 - Příčný řez sondou S3

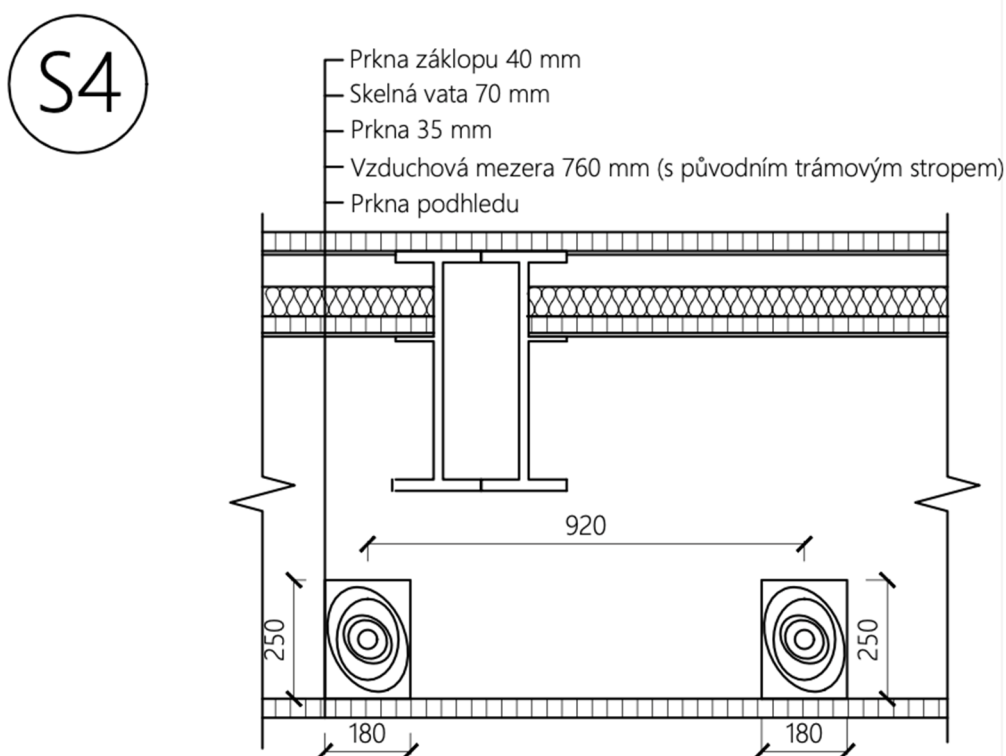


Obrázek 25 - Podélný řez sondou S3

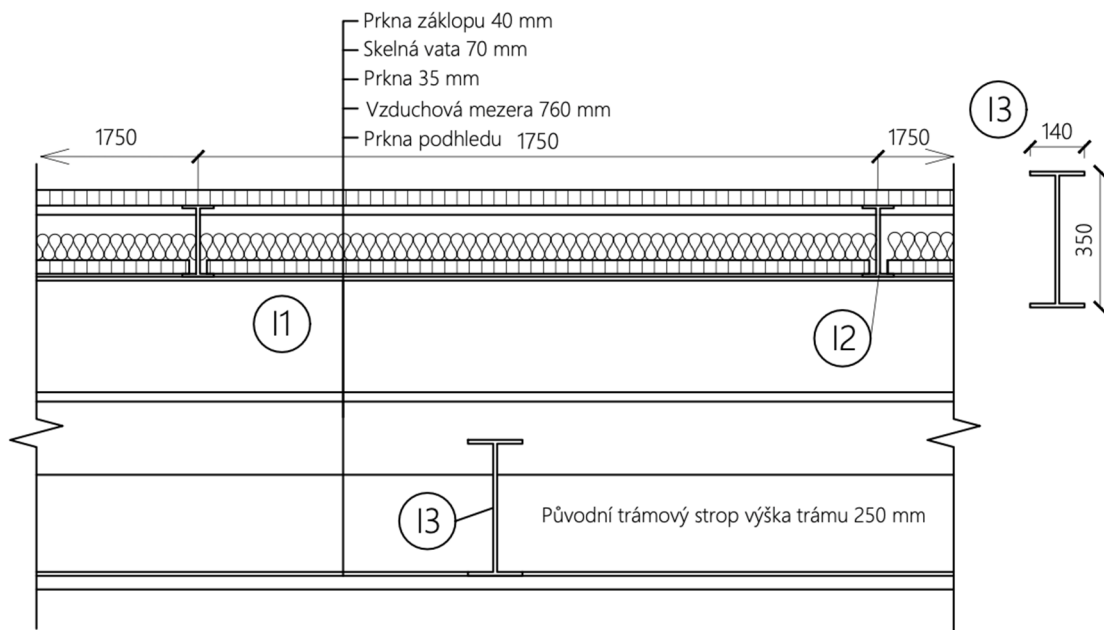
#### Sonda S4

Sonda S4 se nachází ve stejné oblasti průzkumu jako sonda S3 blíže ke vchodu do archivu. Znovu byla provedena odkryvná sonda. Po odstranění prken záklopu byly odhaleny stejné ocelové I-profilů jako u sondy S3 (o rozměr 500x180 mm, tloušťka pásnic 24 mm), k těmto I-profilům byl navíc přivařen L-profil sloužící pro vynášení dřevěných prken záklopu. Mezi záklopem a prkny podlahy se nachází izolační vrstva

ze skelné vaty. Část skelné vaty byla odstraněna odřezáním a následným ručním vytažením, čímž byl zpřístupněn pohled do konstrukce stropu. Podhled stropu je, stejně jako u sondy S3, trémový strop, který je na jedné straně uložen do válcových I-profilů o rozměrech průřezu 140x350 mm a na straně druhé do obvodové zdi. Rozměry trému 180x250 mm byly zaměřeny za pomoci skládacího metru, zaměřena byla i rozteč trémů, zaměřena laserovým metrem. Rozteč trémů se pohybovala mezi hodnotami 900-920 mm. Ani zde místy zkorodované I-profilů nevykazují snížení průřezů.



Obrázek 26 - řez sondou S4



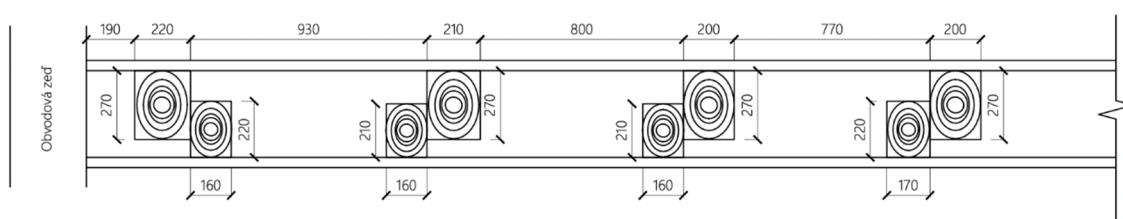
Obrázek 27 - Podélný řez sondou S4

### Sonda S5

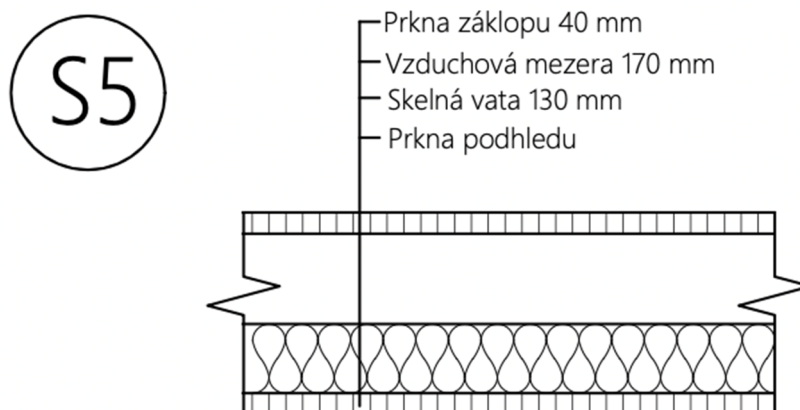


Obrázek 28 - Sonda S5

Sonda S5 se nachází v místě, kde je plánovaná výstavba přednáškové místnosti. Po odkrytí prken záklopu pomocí páčidla, byl nalezen trémový strop s rákosníky, což jsou trámy, které mají za úkol vynášení konstrukce podhledu. Díky dobré přístupnosti mohly být změřeny rozteče trámů a jejich dimenze, jelikož se dimenze trámů se liší, jsou přehledně zaznačeny v obrázku 29. Dřevěné trámy nenesou známky biotického poškození nebo hniloby.



Obrázek 18 - Podélný řez sondou S5



Obrázek 29 - příčný řez sondou S5

### 3.4.3 Průzkum dřevěných konstrukcí

#### Sonda D1 – průvlak

Sonda D1 se nachází v 2NP v části A (viz příloha 1). Jedná se o průvlak podpírající tramy, který je tvořen z jehličnatého dřeva opatřeného nátěrem. Teplota t okolního

vzduchu v době měření byla 22,5 °C. Byly provedeny zkoušky pro stanovení vlhkosti, stanovení hloubky zaražení trnu pro odhad pevnosti a stanovení vnitřních nehomogenit.



*Obrázek 30 – Průvlak sonda D1 [13]*

#### **Sonda D2 – trám**

Sonda D2 se nachází v 2NP v části A (viz příloha 1.), jedná se trám z jehličnatého dřeva, který je opatřen nátěrem. Teplota t okolního vzduchu v době měření byla 22,5 °C. Opět byly provedeny zkoušky pro stanovení vlhkosti, stanovení odhadu pevnosti a stanovení vnitřních nehomogenit.



*Obrázek 31 – Trám Sonda D2 [13]*

### Sonda D3

Sonda D3 se nachází v 2NP, jedná se o ohořelý trám, z důvodu následné sanace je byl sejmuto ochranný lak. Teplota v místnosti byla v době měření 22,5 °C. Provedeny byly všechny zkoušky popsané v kapitole 3.3.3.



*Obrázek 32 – Trám sonda D3 [13]*

### Sonda D9 – pozednice



*Obrázek 33 – Pozednice sonda D9 a D10 [13]*

Sonda D9 se nachází v 3NP v části E (viz příloha 1). Prvek je zhotoven z jehličnatého dřeva bez nátěru, ke zdi je přichycen ocelovou skobou. Teplota v části E v době

měření byla 22,4 °C. Byly provedeny zkoušky pro stanovení vlhkosti prvku, odhad pevnosti a stanovení nehomogenit.

#### **Sonda D10 – krokev**

Sonda D10 se nachází v 3NP a leží na pozednici (sonda D9). Prvek je zhotoven z jehličnatého dřeva bez nátěru, k pozednici je připevněn tesařským spojem. Teplota v místnosti v čase provádění zkoušek byla 22,4 °C. Byly provedeny zkoušky pro stanovení vlhkosti prvku, odhad pevnosti a stanovení nehomogenit.

#### **Sonda D11 – sloupek**



*Obrázek 34 – Sloupek sonda D11 [13]*

Sonda D11 se nachází v části E. Jedná se o sloupek umístěný na dvou svařených U-profilech, v místě spoje je sloupek nastaven dřevěnou destičkou. Prvek je zhotoven z jehličnatého dřeva bez nátěru. Teplota v části E v době měření byla 22,4 °C. I zde byla provedena série zkoušek popsána v části 3.3.3.

## Sonda D12 – úžlabní krokev



*Obrázek 35 – Poloha sondy D12 [13]*

Prvek je zhotoven z jehličnatého dřeva bez nátěru je zakotven ve zdi. Teplota v části E v době měření byla 22,4 °C. Byly provedeny zkoušky pro stanovení vlhkosti prvku, odhad pevnosti a stanovení nehomogenit.

## 3.5 Vyhodnocení průzkumu

Vyhodnocení průzkumu proběhlo v laboratoři na Fakultě stavební Vysokého učení technického v Brně.

### 3.5.1 Vyhodnocení pevnosti zdiva

Ze zkoumané konstrukce byly odebrány čtyři jádrové vývrty pro stanovení pevnosti v tlaku.

## Stanovení pevnosti malt cihelného zdiva

Stanovení pevnosti malt v tlaku, potřebné pro výpočet charakteristické pevnosti v tlaku, bude provedeno v lisu vyvozujícím zatížení na zkušební těleso o tvaru kvádrů, osazeném destičkami pro zajištění správného přenosu zatížení do zkušební tělesa. Zkušební tělesa budou před samotnou zkouškou změřena a zvážena, poté bude dle příslušné normy určena objemová hmotnost zkoušeného tělesa. Tělesa budou do lisu uložena dostředně a hodnota zatížení bude zvyšována plynule, až do porušení vzorku. Poté se odečte hodnota maximální vyvozené síly a zaznamená se do tabulky. V tabulce budou navíc zvýrazněny kritické hodnoty (maximum a minimum), střední hodnota a směrodatná odchylka, ze kterých se následně vypočítá pevnost malty v tlaku.

Tabulka 4 - Výpočet pevnosti malty získané ze spár cihelného zdiva

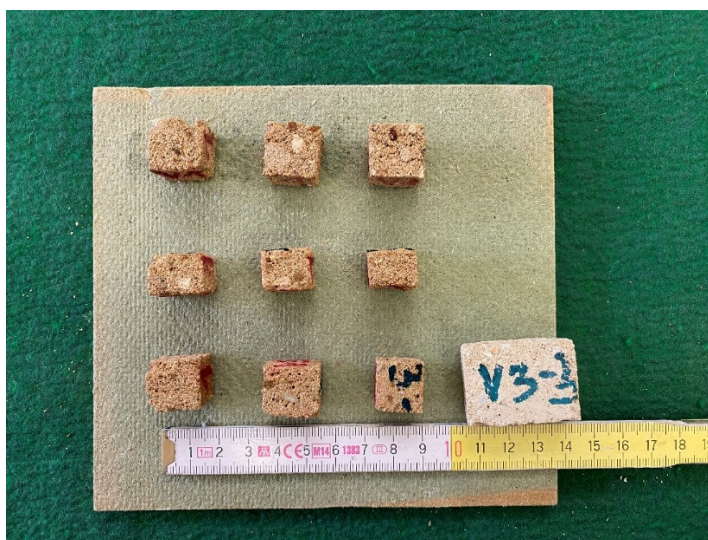
Ozn. vzorku	Šířka b	Délka l	Výška h	Hmotnost m	Max. síla F	Obj. hmotnost $\rho_d$	Pevnost v tlaku tělesa $f_c$
	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[kN]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[MPa]
V1-1-1	17,5	17,9	17,9	8,02	0,880	1430	2,81
V1-1-2	17,6	17,6	17,6	8,14	0,730	1490	2,36
V1-1-3	17,4	18,0	18,0	8,24	0,580	1460	1,85
V1-2-1	17,7	13,6	18,4	6,24	0,480	1400	1,99
V1-3-1	16,2	14,5	16,4	528	0,645	1370	2,75
V1-3-2	16,3	13,3	16,3	4,93	0,335	1400	1,55
V3-1-1	17,0	16,2	18,6	6,78	0,855	1320	3,10
V3-1-2	16,9	16,4	18,4	7,01	0,655	1370	2,36
V3-2-1	16,0	15,5	15,5	5,53	0,720	1440	2,90
V3-3-1	35,6	14,6	26,2	20,11	0,940	1480	1,81
Počet vzorků [n]							10

Min. hodnota [MPa]	1,5
Max. hodnota [MPa]	3,1
Střední hodnota pevnosti $m_x$ [MPa]	2,3
Výběrová směrodatná odchylka $s_x$ [MPa]	0,53
Pevnost $f_m = m_x - s_x \cdot t_n$	2,1

Po provedení zkoušek a vyhodnocení byla stanovena pevnost v tlaku malty získané ze spár cihelného zdiva na hodnotu  $f_m = 2,1 \text{ MPa}$ .



Obrázek 36 – Zkušební tělesa z vývrtu V1 pro stanovení pevnosti v tlaku malty



Obrázek 37 – Zkušební tělesa z vývrtu V1 a V3 pro stanovení pevnosti v tlaku malty

## Jádrový vývrt V1



Obrázek 38 - Jádrový vývrt V1

Jádrový vývrt V1 o celkové délce cca 825 mm je tvořen cihelnám zdivem po celé své délce. Na několika místech je možno vidět maltu vyplňující spáry, kterými byl veden vrt. Vzorek je rozdělen na 5 částí (V1.1 - V1.5) vzniklých rozpadem vývrtu při odebrání. Z části V1 byla vyhotovena dvě tělesa ve tvaru kvádrů (V1A-1, V1A-2), která budou použita pro stanovení pevnosti v tlaku. Z části V2 a V5 budou tělesa pro stanovení nasákavosti zdiva (není součástí této diplomové práce). Vzhledem k tomu, že při odběru vývrtu se podařilo získat i vzorky malty, bylo z částí obsahující maltu odebráno 10 vzorků pro stanovení pevnosti malty v tlaku. Vytvořená tělesa byla rozřezáním nařezána do požadovaných tvarů, bylo provedeno měření rozměru a fotodokumentace.

Tabulka 5 - Rozměry těles z vývrtu V1

Označení vzorku	Šířka b	Délka l	Výška h	Hmotnost m	Objemová hmotnost $\rho_d$
	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[kg/m <sup>3</sup> ]
V1A-1	48,3	50,3	49,3	2429,49	1790
V1A-2	37,3	46,5	46,8	1734,45	1800



Obrázek 39 - Tělesa vyhotovena z vývrtů V1 a V3

Po změření rozměrů se přistoupilo k samotné zkoušce pevnosti v tlaku, při které došlo k získání maximální síly potřebné pro porušení vzorku. Podle vzorce (X.) získáme pevnost v tlaku  $f_u$ [MPa] daného zkoušeného tělesa. Výslednou pevnost vynásobíme součinitelem tvaru  $\delta$ [-], získaný lineární interpolací z tabulky (XY), čímž získáme normalizovanou pevnost v tlaku  $f_b$ [MPa]. Protože máme více vzorků, celkovou pevnost v tlaku získáme zprůměrováním výsledku jednotlivých zkoušek.

Tabulka 6 - stanovení pevnosti v tlaku V1

Označení vývrtu	Dosažená síla F	Pevnost v tlaku $f_u$	Součinitel tvaru $\delta$	Pevnost v tlaku $f_b$
	[kN]	[MPa]	[-]	[MPa]
V1A-1	26,4	10,9	0,84	9,1
V1A-2	19,6	11,3	0,79	8,9



*Obrázek 40 - Zkouška pevnosti v tlaku cihelného zdiva*

### Jádrový vývrt V3



*Obrázek 41 - jádrový vývrt V3*

Jádrový vývrt V3 se skládá ze smíšeného zdiva, do cca 150 mm je tvořen cihelným zdivem, hlouběji je tvořen zdivem kamenným. Celková délka je 530 mm. Vzorek z je rozdělen na několik částí. První část V3-1 je tvořena cihelným zdivem, za ním se však nachází malta spolu se zdivem kamenným. Pevnost v tlaku zkušebních těles z vývrtu V3 bude stanovena pouze pro část s cihelným zdivem na tělese ve tvaru krychle. Dále budou vytvořena tělesa z části V3-2 pro určení pevnosti malty v tlaku. Tělesa budou vyřezána z jádrového vývrtu a zabroušena do potřebné kvality a fotograficky zdokumentována.

Tabulka 7 - tabulka rozměrů těles z vývrtu V3

Označení vzorku	Šířka b	Délka l	Výška h	Hmotnost m	Objemová hmotnost $\rho_d$
	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[kg/m <sup>3</sup> ]
V3-A1	50,0	50,0	48,2	209,80	1740

Tabulka 8 - stanovení pevnosti v tlaku V3

Označení vývrtu	Dosažená síla F[kN]	Pevnost v tlaku $f_u$ [MPa]	Součinitel tvaru $\delta$ [-]	Pevnost v tlaku $f_b$ [MPa]
V3-A1	22,2	8,9	0,85	7,5

Dané součinitele byly stanoveny pro cihelné zdivo z cihel plných pálených spojených obyčejnou maltou. Spáry byly vyplněny nerovnoměrně a žádná vazba nebyla nalezena z důvodu omítnutí, předpokládá se tedy stejný stav, jako ve zbytku konstrukce. Vlhkost zdiva nebyla měřena, proto se použila maximální hodnota součinitele uvažujícího vlhkost materiálu.

#### Stanovení charakteristické pevnosti v tlaku pro cihelné zdivo $f_k$

Hodnota součinitele  $t_n = 0,75$  byla získána lineární interpolací z hodnot v tabulce (2).

Tabulka 9 - Stanovení průměrné pevnosti v tlaku kamenného zdiva

Počet vzorků [n]	3
Min. hodnota [MPa]	7,5
Max. hodnota [MPa]	9,1
Střední hodnota pevnosti $m_x$ [MPa]	8,9

Výběrová směrodatná odchylka $s_x$ [MPa]	0,87
Normalizovaná pevnost $f_b = m_x - s_x \cdot t_n$	8,2

Normalizovaná pevnost v tlaku  $f_b$  stanovená za pomoci destruktivního zkoušení na zkušebních tělesech z jádrových vývrtů nabývala hodnot v rozmezí od 7,5 do 9,1 MPa. Zkoušky byly provedeny na tělesech ve vysušeném stavu. Pro správné vyjádření průměru všech vzorků z cihelného zdiva byla využita střední hodnota pevnosti v tlaku všech vzorků, která byla statisticky upravena. Celková hodnota normalizované pevnosti v tlaku cihelného zdiva byla stanovena jako  $f_b = 8,2 \text{ MPa}$ . Charakteristická pevnost v tlaku cihelného zdiva  $f_k$  je závislá na několika faktorech. Nejdůležitějšími faktory jsou pevnosti zdiva a malty. Dalšími jsou pak druh zdiva, který je vyjádřený konstantou  $K$  a exponenty závislé na druhu použité malty a tloušťce ložných spár.

Charakteristická pevnost v tlaku  $f_k$  se stanoví podle vzorce (5):  $f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta$

Tabulka 10 - Výpočet charakteristické pevnosti cihelného zdiva

Pevnost v tlaku malty $f_m$ [MPa]	$f_m = 2,1$
Normalizovaná pevnost v tlaku $f_b$ [MPa]	$f_b = 8,2$
Konstanta závislá na druhu zdiva a skupině zdících prvků $K$ [–]	$K = 0,44$
Exponent $\alpha$ závislý tloušťce ložných spár a druhu malty [–]	$\alpha = 0,7$
Exponent $\beta$ závislý na druhu použité malty [–]	$\beta = 0,3$
Charakteristická pevnost v tlaku $f_k$ [MPa]	$f_k = 1,9$

Charakteristická pevnost v tlaku  $f_k$  byla stanovena pro cihelné zdivo uložené na obyčejnou maltu, na dostatečně vyplněné spáry na hodnotu 3,2 MPa. Hodnoty součinitelů byly stanoveny v závislosti na povahu použitého druhu malty jako  $\alpha = 0,7$ ,  $\beta =$

0,3 a hodnota koeficientu závislá na druhu zdiva a skupině zdících prvků byla stanovena jako  $K = 0,44$ . Pro zdivo vyzděné na obyčejnou maltu, v níž je podélná spára z části nebo po celé délce rovnoběžná s lícem stěny, musí být hodnoty součinitele  $K$  upraveny vynásobením hodnotou 0,8.

### Stanovení návrhové pevnosti v tlaku pro cihelné zdivo $f_d$

Po stanovení charakteristické pevnosti v tlaku  $f_k$  přecházíme ke stanovení návrhové pevnosti v tlaku  $f_d$ . Ta je stanovena jako podíl charakteristické hodnoty pevnosti v tlaku a dílčího součinitele zdiva.

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (5)$$

$\gamma_m$  se určí podle vzorce (x):  $\gamma_m = \gamma_{m1} \cdot \gamma_{m2} \cdot \gamma_{m3} \cdot \gamma_{m4}$  (6)

Kde:

Tabulka 11 - Hodnoty dílčích součinitelů zdiva

Dílčí součinitel spolehlivosti pro zdivo z CPP uložených na obyčejnou maltu	$\gamma_{m1} = 2,0$
Dílčí součinitel vlivu pravidelnosti vazby zdiva a vyplnění spár maltou	$\gamma_{m2} = 1,1$
Dílčí součinitel vliv zvýšené vlhkosti zdícího prvku	$\gamma_{m3} = 1,25$
Dílčí součinitel zohledňující vliv trhlin	$\gamma_{m4} = 1,0$

Dané součinitele byly stanoveny pro cihelné zdivo z cihel plných pálených spojených obyčejnou maltou. Spáry byly vyplněny rovnoměrně, vazba však pozbývala pravidelnosti, proto kvůli zajištění větší bezpečnosti byla navržena zvýšená hodnota součinitele  $\gamma_{m2}$ . Vlhkost zdiva nebyla měřena, proto se použila maximální hodnota součinitele uvažujícího vlhkost materiálu. Žádné ze zkušebních těles nevykazovalo přítomnost trhlin, z toho důvodu zůstala hodnota součinitele bezpečnosti  $\gamma_{m4} = 1,0$ .

Hodnota návrhové pevnosti v tlaku  $f_d$  cihelného zdiva byla po vyčíslení stanovena jako  $f_d = 0,7 \text{ MPa}$ .

### Stanovení pevnosti malt kamenného zdiva

Stanovení pevnosti malty v tlaku, bude provedeno v lisu vyvozujícím zatížení na zkušební těleso o tvaru kvádrů. Pro vyrovnání povrchu se těleso osadí destičkami, které zajistí rovnoměrný roznos zatížení. Změřená a fotograficky zdokumentovaná tělesa budou uložena do lisu dostředně. Poté bude rovnoměrně zvyšována hodnota tlaku působícího na těleso, dokud nedojde k porušení vzorku. Po porušení vzorku se odečte hodnota maximální vyvozené síly a zaznamená se do tabulky. Z tabulky se jednotlivých pevností v tlaku tělesa  $f_c$  se poté vypočítá střední hodnota pevnosti a výběrová odchylka, díky kterým poté bude stanovena hodnota pevnosti v tlaku.



Obrázek 42 - zkouška pevnosti malt v tlaku z vývrtu V2



Obrázek 43 - Zkušební tělesa pro zkoušení pevnosti v tlaku malty z kamenného zdiva

Tabulka 12 - Stanovení pevnosti v tlaku malty z kamenného zdiva

Ozn. vzorku	Šířka	Délka	Výška	Hmotnost m	Max. síla F	Obj. hmotnost $\rho_d$	Pevnost v tlaku tělesa $f_c$
	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[kN]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[MPa]
V2-1	31,2	22,7	30,4	37,96	3,90	1760	5,51
V2-2	27,4	29,7	29,8	43,27	10,50	1780	12,90
V2-3	30,0	28,0	30,3	46,14	12,65	1710	15,06
V2-4	29,9	30,3	25,7	48,00	9,12	1780	10,07
V2-5	27,2	25,7	28,7	36,06	7,55	1740	10,80
V4-1	28,9	28,7	29,8	42,89	5,53	1740	6,67
V4-2	29,1	29,1	29,1	42,64	5,50	1730	6,49
V4-3	29,1	22,4	28,9	31,49	5,40	1670	8,28
V4-4	38,8	40,5	41,3	113,81	15,75	1750	10,02
V4-5	40,6	40,3	41,2	116,35	15,95	1730	9,75
Počet vzorků [n]							10
Min. hodnota [MPa]							5,5
Max. hodnota [MPa]							15,1
Střední hodnota pevnosti $m_x$ [MPa]							9,6
Výběrová směrodatná odchylka $s_x$ [MPa]							2,97
Pevnost $f_m = m_x - s_x \cdot t_n$							8,2

## Jádrový vývrt V2

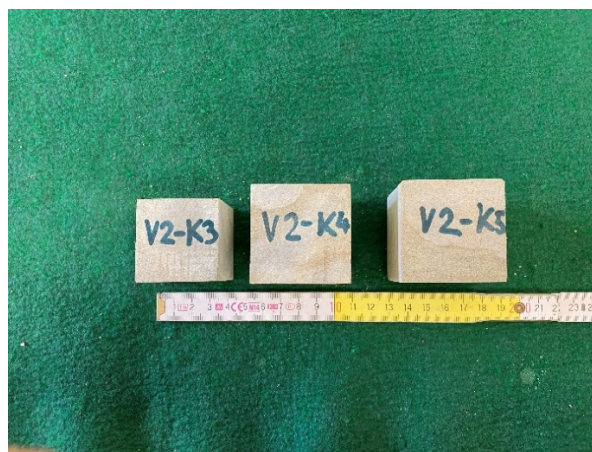


Obrázek 44 - Jádrový vývrt V2

Jádrový vývrt V2 má celkovou délku opět okolo 800 mm, je složen ze dvou materiálů kamenného zdiva, sahajícího do hloubky 440 mm, zbytek tělesa je tvoře strukturou připomínající beton, jedná se však o výplňovou maltu. Těleso je rozděleno na 5 částí (V2.1 – V2.5) opět vzniklých rozpadem vývrtu při odebírání. Z vývrtu V2 bylo zhotovena pět těles, z nichž dvě ve tvaru válce (V2K1, V2K2) a tři tvaru kvádru (V2K3-V3K5), která budou použita pro stanovení pevnosti v tlaku. Z jádrového vývrtu se opět podařilo získat i vzorky pro určení pevnosti v tlaku malty  $f_m$ . Pro stanovení pevnosti malty budou použity tři krychle, které budou po úpravě povrchu zatěžovány v lisu. Jádrový vývrt byl zpracován za pomoci řezání, zkušební tělesa poté byla zabroušena pro zajištění dokonalého kontaktu s čelistmi lisu a fotograficky zdokumentována. Průběh zkoušky viz jádrový vývrt V1.



Obrázek 45 - Válcová tělesa



Obrázek 46 - Krychlová tělesa

Tabulka 13 - Rozměry těles z vývrtnu V2

Označení vzorku	Šířka b	Délka l	Výška h	Hmotnost m	Objemová hmotnost $\rho_d$
	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[kg/m <sup>3</sup> ]
V2-K1	74,0	-	75,8	816,6	2510
V2-K2	74,0	-	75,5	791,2	2440
V2-K3	40,1	41,0	41,1	171,1	2530
V2-K4	480	47,8	47,7	255,7	2340
V2-K5	48,1	48,0	48,3	267,1	2400



Obrázek 47 - Výsledek zkoušky pevnosti v tlaku válcového tělesa V2-K2

Tabulka 14 – Stanovení pevnosti v tlaku pro vývrt V2

Ozna- čení vzorku	Dosažená síla F	Pevnost v tlaku $f_u$	Součinitel tvaru $\delta$	Normalizovaná pevnost v tlaku $f_b$
	[kN]	[MPa]	[-]	[MPa]
V2-K1	582,3	135,4	0,87	117,8
V2-K2	546,5	127,1	0,86	109,3
V2-K3	168,0	102,2	0,82	83,8
V2-K4	172,1	75,0	0,80	60,1
V2-K5	197,0	85,3	0,84	71,7

#### Jádrový vývrt V4



Obrázek 48 - Jádrový vývrt V4

Jádrový vývrt V4 má délku 700 mm. Je tvořen kamenným zdivem a výplňovou maltou, která strukturou připomíná beton. Těleso je rozděleno na dvě části. Z části V4-1 tvořené kamenným zdivem, bude zhotovena jedna krychle pro stanovení pevnosti v tlaku zdiva. Zbytek vývrtu je tvořen převážně maltou, proto budou z této části zhotovena tělesa pro stanovení pevnosti v tlaku malty. Všechny prvky budou upraveny stejně jako v předchozích případech.



Obrázek 49 - Zkušební krychle z kamenného zdiva

Tabulka 15 - Stanovení rozměrů tělesa z vývrtnu V4

Označení vzorku	Šířka b	Délka l	Výška h	Hmotnost m	Objemová hmotnost $\rho_d$
	[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[kg/m <sup>3</sup> ]
V4-K1	35,7	35,6	35,2	104,90	2340

Tabulka 16 - Stanovení pevnosti z vývrtnu V4

Označení vzorku	Dosažená síla F	Pevnost v tlaku $f_u$	Součinitel tvaru $\delta$	Normalizovaná pevnost v tlaku $f_b$
	[kN]	[MPa]	[-]	[MPa]
V4-K1	81,6	64,2	0,87	55,9

Stanovení charakteristické pevnosti v tlaku pro cihelné zdivo  $f_k$

Hodnota součinitele  $t_n = 0,6$  byla získána z tabulky (2).

Tabulka 17 - Stanovení normalizované pevnosti v tlaku kamenného zdiva

Počet vzorků [n]	6
Min. hodnota [MPa]	55,9
Max. hodnota [MPa]	117,8
Střední hodnota pevnosti $m_x$ [MPa]	93,75
Výběrová směrodatná odchylka $s_x$ [MPa]	28,6
Normalizovaná pevnost $f_b = m_x - s_x \cdot t_n$	76,6

Normalizovaná pevnost v tlaku  $f_b$  stanovená za pomoci destruktivního zkoušení na zkušebních tělesech z jádrových vývrtu se pohybovala v rozpětí od 55,9 do 117,8 MPa. Zkoušky byly provedeny na tělesech ve vysušeném stavu. Pro správné vyjádření průměru všech vzorků z cihelného zdiva byla využita střední hodnota pevnosti v tlaku všech vzorku, která však byla statisticky upravena. Celková hodnota normalizované pevnosti v tlaku kamenného zdiva byla stanovena jako  $f_b = 76,6 \text{ MPa}$ . Charakteristická pevnost v tlaku kamenného zdiva  $f_k$  je opět závislá na faktorech jako jsou pevnosti zdiva a malty, druh zdiva vyjádřený konstantou  $K$  a exponenty závislé na druhu použité malty a tloušťce ložných spár.

Charakteristická pevnost v tlaku  $f_k$  se stanoví podle vzorce (4):  $f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta$

Tabulka 18 - Stanovení charakteristické pevnosti v tlaku kamenného zdiva

Pevnost v tlaku malty $f_m$ [MPa]	$f_m = 8,2$
Normalizovaná pevnost v tlaku $f_b$ [MPa]	$f_b = 76,6$
Konstanta závislá na druhu zdiva a skupině zdících prvků $K$ [–]	$K = 0,45$
Exponent $\alpha$ závislý tloušťce ložných spár a druhu malty [–]	$\alpha = 0,7$

Exponent $\beta$ závislý na druhu použité malty [-]	$\beta = 0,3$
Charakteristická pevnost v tlaku $f_k$ [MPa]	$f_k = 14,1$

Charakteristická pevnost v tlaku  $f_k$  byla stanovena pro cihelné zdivo uložené na obyčejnou maltu, na dostatečně vyplněné spáry na hodnotu 3,2 MPa. Hodnoty součinitelů byly stanoveny v závislosti na povahu použitého druhu malty jako  $\alpha = 0,7$ ,  $\beta = 0,3$  a hodnota koeficientu závislá na druhu zdiva a skupině zdících prvků byla stanovena jako  $K = 0,44$ . Zdivo vyzděné na obyčejnou maltu, v níž je podélná spára z části nebo po celé délce rovnoběžná s lícem stěny, musí být hodnoty součinitele  $K$  upraveny vynásobením hodnotou 0,8.

#### Stanovení návrhové pevnosti v tlaku pro cihelné zdivo $f_d$

Po stanovení charakteristické pevnosti v tlaku  $f_k$  přecházíme ke stanovení návrhové pevnosti v tlaku  $f_d$ , která je stanovena jako podíl charakteristické hodnoty pevnosti v tlaku a dílčího součinitele zdiva.

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (5)$$

$$\gamma_m \text{ se určí podle vzorce (x):} \quad \gamma_m = \gamma_{m1} \cdot \gamma_{m2} \cdot \gamma_{m3} \cdot \gamma_{m4} \quad (6)$$

Kde:

Tabulka 19 - Dílčí součinitele kamenného zdiva

Dílčí součinitel spolehlivosti pro zdivo z CPP uložených na obyčejnou maltu	$\gamma_{m1} = 2,0$
Dílčí součinitel vlivu pravidelnosti vazby zdiva a vyplnění spár maltou	$\gamma_{m2} = 1,1$
Dílčí součinitel vliv zvýšené vlhkosti zdícího prvku	$\gamma_{m3} = 1,25$
Dílčí součinitel zohledňující vliv trhlin	$\gamma_{m4} = 1,0$

Dané součinitele byly stanoveny pro cihelné zdivo z cihel plných pálených spojených obyčejnou maltou. Spáry byly vyplněny rovnoměrně, vazba však pozbývala pravidelnosti, proto kvůli zajištění větší bezpečnosti byla navržena zvýšená hodnota součinitele  $\gamma_{m2}$ . Vlhkost zdiva nebyla měřena, proto se použila maximální hodnota součinitele uvažujícího vlhkost materiálu. Žádné ze zkušebních těles nevykazovalo přítomnost trhlin, z toho důvodu zůstala hodnota součinitele bezpečnosti  $\gamma_{m4} = 1,0$ .

Hodnota návrhové pevnosti v tlaku kamenného zdiva je stanovena jako  $f_d = 5,1 \text{ MPa}$ .

### **Vyhodnocení zkoušek pevností v tlaku**

Z odebraných vzorků se dá konstatovat, že jednotlivé části konstrukce jsou zhotoveny z cihelného, kamenného nebo smíšeného zdiva. Cihelné zdivo ve zkouškách dosáhlo průměrných pevností 8,2 MPa, tato hodnota odpovídá pevnostní značce P10. Návrhová pevnost zdiva v tlaku byla poté stanovena na hodnotu 0,7 MPa.

Normalizovaná pevnost v tlaku kamenného zdiva byla podstatně větší s průměrnou hodnotou 76,6 MPa. Díky vysoké pevnosti v tlaku kamenného zdiva a dostatečně velké pevnosti v tlaku malty, nacházející se mezi kamennými prvky, s hodnotou pevnosti  $f_m = 8,2 \text{ MPa}$ , byla výsledná návrhová pevnost kamenného zdiva stanovena na hodnotu  $f_d = 5,1 \text{ MPa}$ . Struktura výplňové malty obsahovala hrubší frakci kameniva, než je u malt běžné, čímž svým vzhledem připomínala strukturu betonu.

Kvůli značné členitosti použitých druhů zdiva, by bylo vhodné používat pro statické výpočty pouze hodnotu návrhové pevnosti v tlaku cihelného zdiva  $f_d = 0,7 \text{ MPa}$ , aby byla zabezpečena bezpečnost výpočtu.

## 3.5.2 Vyhodnocení průzkumu dřevěných konstrukcí

### Sonda D1

Tabulka 20 - Hodnoty z měření sondy D1

Měření číslo			1	2	3	Průměr
Vlhkost	w	%	11,0	10,7	10,9	10,9
Pilodyn	t <sub>p</sub>	mm	12,5	11,5	11,5	12,0

Kde:

w...vlhkost dřeva v době měření [%]

t<sub>p</sub>...zaražení trnu do dřeva o známé vlhkosti [mm]

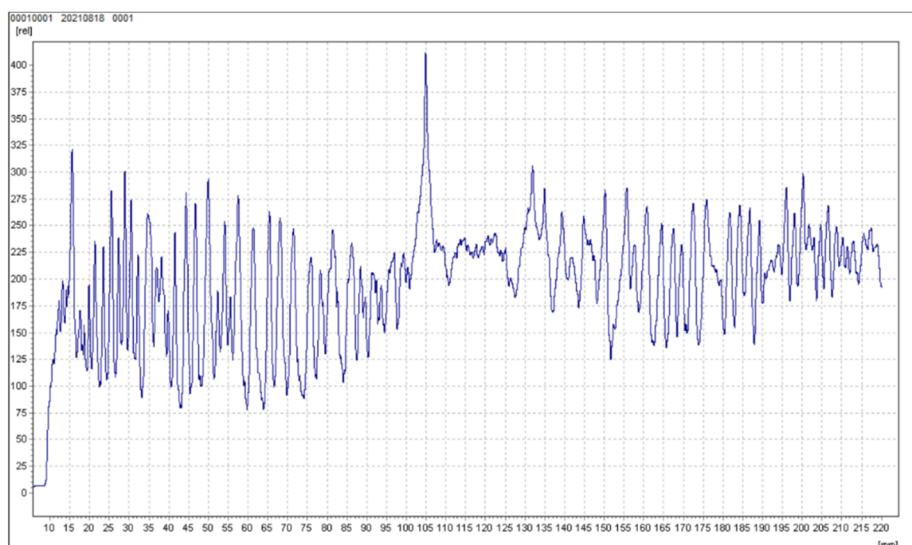
Odhad hustoty dřeva při 12 % vlhkosti  $\rho_{12}$

$$\rho_{12} = 0,727987 - 0,027102 \cdot t_p \cdot [1 - 0,007 \cdot (w - 12)]$$

$$\rho_{12} = 400 \text{ kg/m}^3$$

Odhad průměrné pevnosti dřeva v ohybu při 12 % vlhkosti

$$f_m = 40,0 \text{ MPa}$$



Obrázek 50 - Dendogram sondy D1

Z naměřených hodnot byla stanovena vlhkost zkoušeného prvku na 10,9 %, tato hodnota by měla napomáhat k přirozené ochraně dřevěného prvku proti biotickému napadení. Nepřítomnost biotického napadení prvku můžeme pozorovat také v dendogramu, vysoký vrchol ve středu dendogramu poukazuje na průchod vrtáku přes suk. Z hodnoty vlhkosti byla odhadnuta průměrná pevnost dřeva  $f_m=40,0$  MPa.

## Sonda D2

Tabulka 21 - hodnoty z měření sondy D2

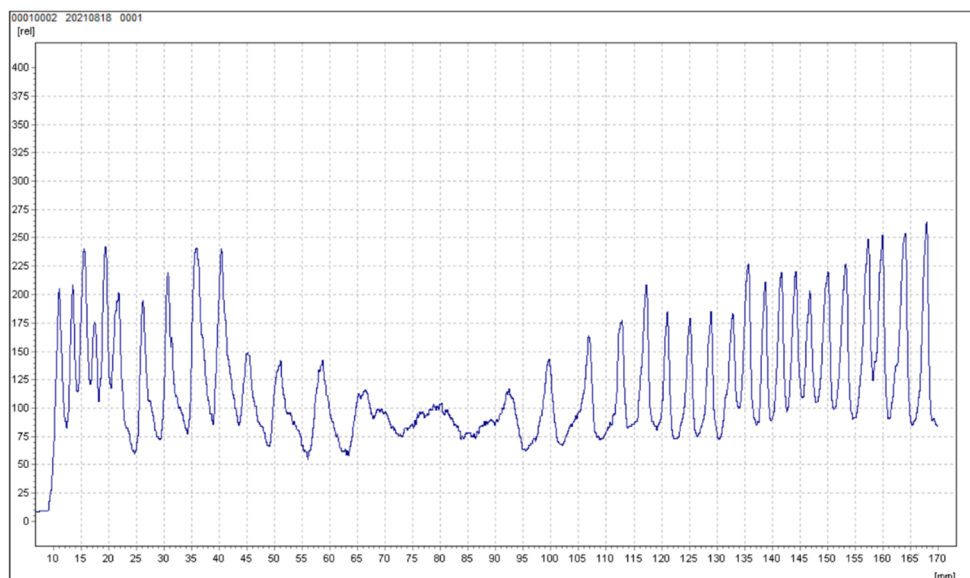
Měření číslo			1	2	3	Průměr
Vlhkost	w	%	10,7	10,5	10,5	10,6
Pilodyn	$t_p$	mm	12	12,0	11,5	11,8

Odhad hustoty dřeva při 12 % vlhkosti  $\rho_{12}$

$$\rho_{12} = 404 \text{ kg/m}^3$$

Odhad průměrné pevnosti dřeva v ohybu při 12 % vlhkosti

$$f_m = 40,6 \text{ MPa}$$



Obrázek 51 - Dendogram sondy D2

Z naměřených hodnot byla stanovena vlhkost zkoušeného prvku na 10,6 %, což je hodnota napomáhající k přirozené ochraně dřevěného prvku před biotickému napadení. Nepřítomnost biotického napadení prvku byla opět potvrzena také v dendogramu. Ve střední části je odpor menší, kvůli vrtání mimo střed letokruhů. Z hodnoty vlhkosti byla odhadnuta průměrná pevnost dřeva  $f_m=40,6$  MPa

### Sonda D3

Tabulka 22 - Hodnoty z měření sondy D3

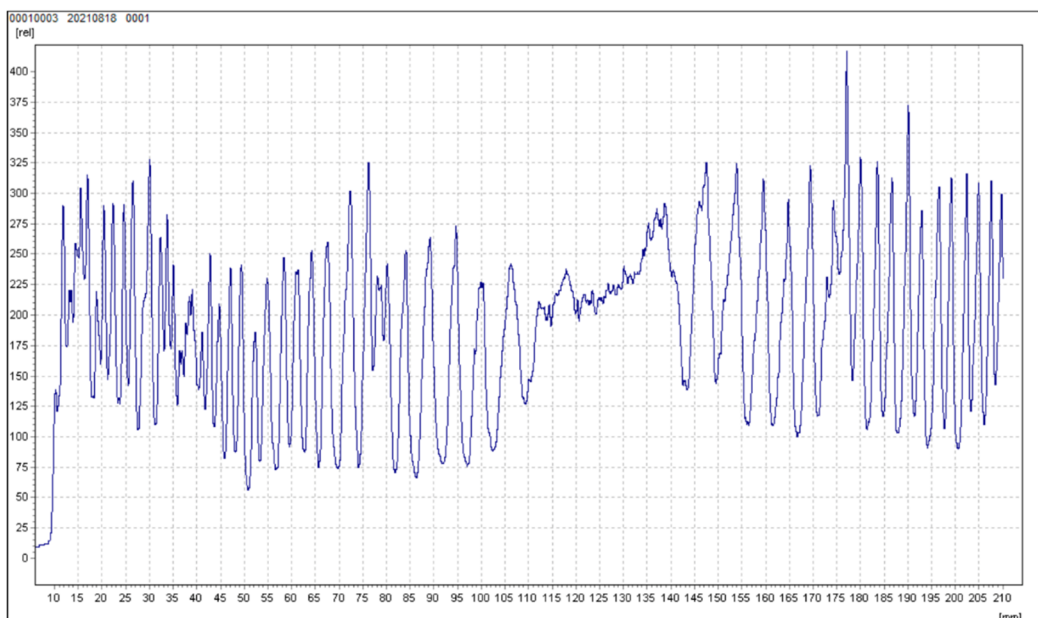
Měření číslo			1	2	3	Průměr
Vlhkost	w	%	12,0	11,7	11,5	11,7
Pilodyn	t <sub>p</sub>	mm	12,0	12,0	12,5	12,2

Odhad hustoty dřeva při 12 % vlhkosti  $\rho_{12}$

$$\rho_{12} = 398 \text{ kg/m}^3$$

Odhad průměrné pevnosti dřeva v ohybu při 12 % vlhkosti

$$f_m = 39,6 \text{ MPa}$$



Obrázek 52 - Dendogram sondy D3

Z naměřených hodnot byla stanovena vlhkost zkoušeného prvku na 11,7 %, prvek je tudíž chráněn před biotickým napadením. Dendogram opět potvrzuje nepřítomnost napadení, ve střední části opět dochází ke snížení odporu kvůli tangenciálnímu vrátání. Tato sonda byla jako jediná, z prostorových důvodů, vrtána směrem svisle nahoru. Z hodnoty vlhkosti byla odhadnuta průměrná pevnost dřeva  $f_m=39,6$  MPa.

## Sonda D9

Tabulka 23 - Hodnoty z měření sondy D9

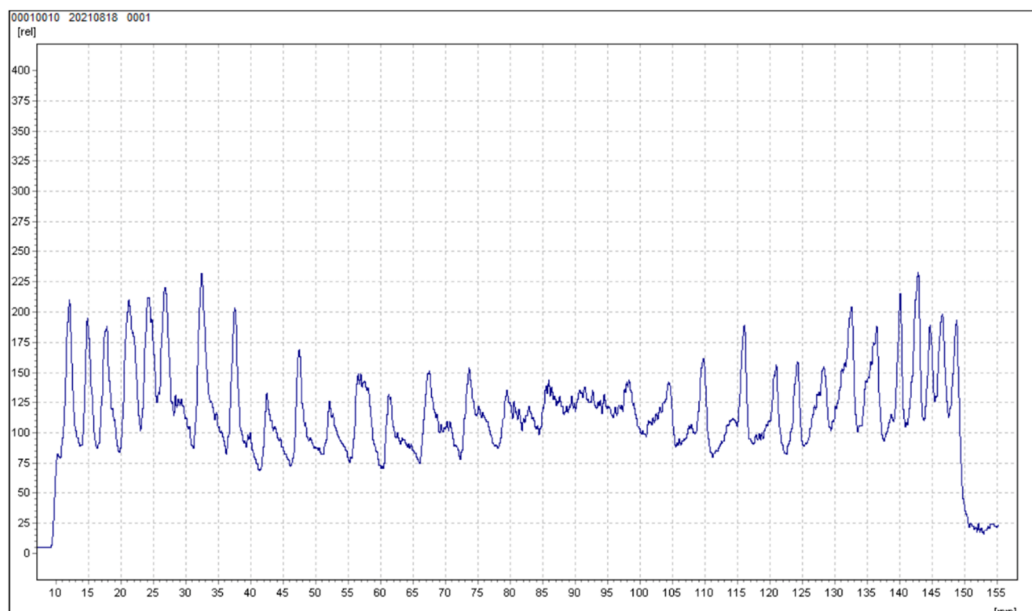
Měření číslo			1	2	3	Průměr
Vlhkost	w	%	28,2	29,2	28,4	28,6
Pilodyn	$t_p$	mm	13,0	13,0	14,0	13,3

Odhad hustoty dřeva při 12 % vlhkosti  $\rho_{12}$

$$\rho_{12} = 409 \text{ kg/m}^3$$

Odhad průměrné pevnosti dřeva v ohybu při 12 % vlhkosti

$$f_m = 41,3 \text{ MPa}$$



Obrázek 53 - Dendogram sondy D9

Vlhkost zkoušeného prvku byla stanovena na hodnotu 28,6 %. Tato je dle normy vhodná pro výskyt biotických činitelů, zejména pak plísní, dřevokazných hub a hmyzu a hub dřevozbarvujících. Dendogram však napadení biotickými činiteli vyvrátil. Odhadem z naměřených hodnot by stanovena pevnost v ohybu na hodnotu  $f_m=41,3$  MPa.

## Sonda D10

Tabulka 24 - hodnoty z měření sondy D10

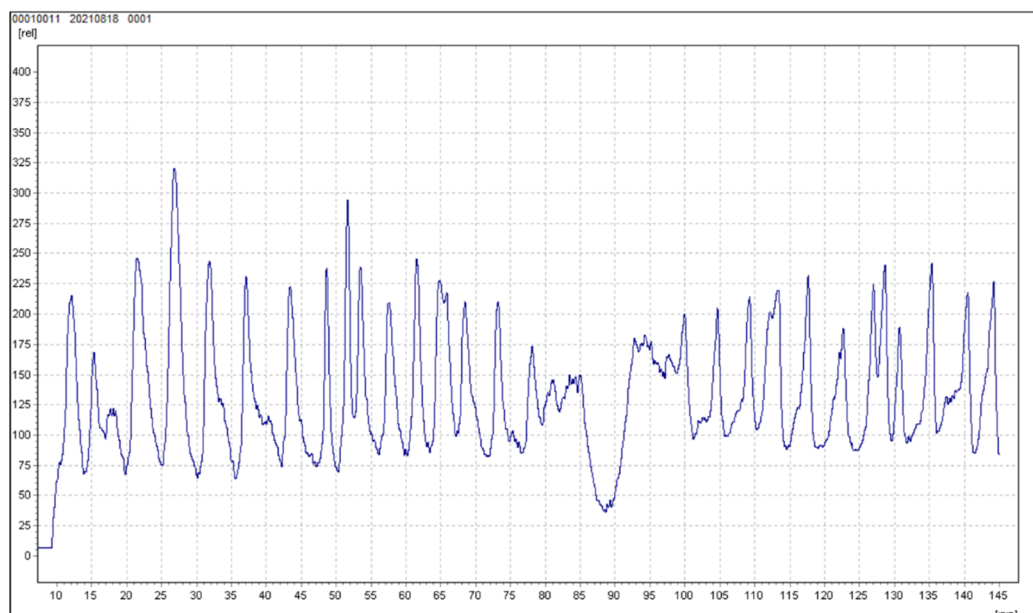
Měření číslo			1	2	3	Průměr
Vlhkost	w	%	25,7	26,2	25,6	25,8
Pilodyn	$t_p$	mm	14,0	10,0	13,0	12,3

Odhad hustoty dřeva při 12 % vlhkosti  $\rho_{12}$

$$\rho_{12} = 426 \text{ kg/m}^3$$

Odhad průměrné pevnosti dřeva v ohybu při 12 % vlhkosti

$$f_m = 44,0 \text{ MPa}$$



Obrázek 54 - Dendogram sondy D10

Vlhkost zkoušeného prvku byla stanovena na hodnotu 25,8 %. Tato je dle normy vhodná pro výskyt biotických činitelů. Dendogram však napadení biotickými činiteli vyvrátil, lokální minimum je charakteristickým znakem průchodu vrtáku přes vysušenou trhlinu. Odhadem z naměřených hodnot by stanovena pevnost v ohybu na hodnotu  $f_m=44,0$  MPa.

## Sonda D11

Tabulka 25 - Hodnoty z měření sondy D11

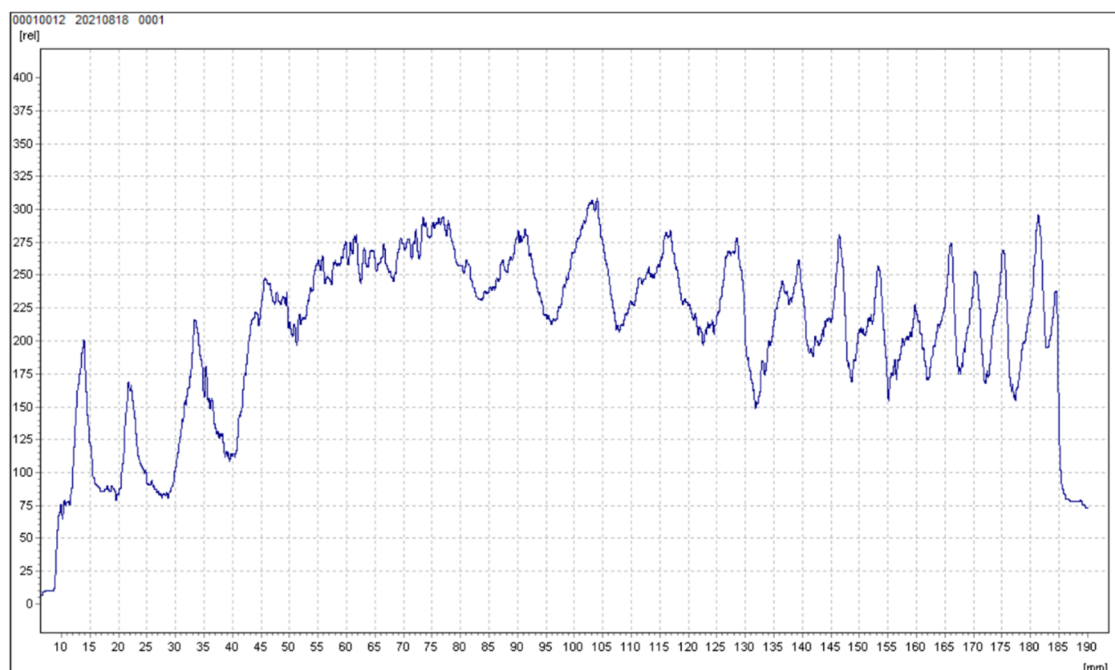
Měření číslo			1	2	3	Průměr
Vlhkost	w	%	23,4	23,1	23,6	23,4
Pilodyn	$t_p$	mm	11,0	13,0	11,0	11,7

Odhad hustoty dřeva při 12 % vlhkosti  $\rho_{12}$

$$\rho_{12} = 437 \text{ kg/m}^3$$

Odhad průměrné pevnosti dřeva v ohybu při 12 % vlhkosti

$$f_m = 45,7 \text{ MPa}$$



Obrázek 55 - Dendogram sondy D11

Vlhkost zkoušeného prvku byla stanovena na hodnotu 23,4 %. Stejně jako u předchozích prvků v části E, je hodnota vhodná pro výskyt napadení biotickými činiteli. Napadení bylo pomocí dendogramu vyvráceno. Z naměřených hodnot byla odhadnuta hodnota pevnosti v tlaku za ohybu dřevěného prvku  $f_m=45,7$  MPa.

## Sonda D12

Tabulka 26 - Hodnoty z měření sondy D12

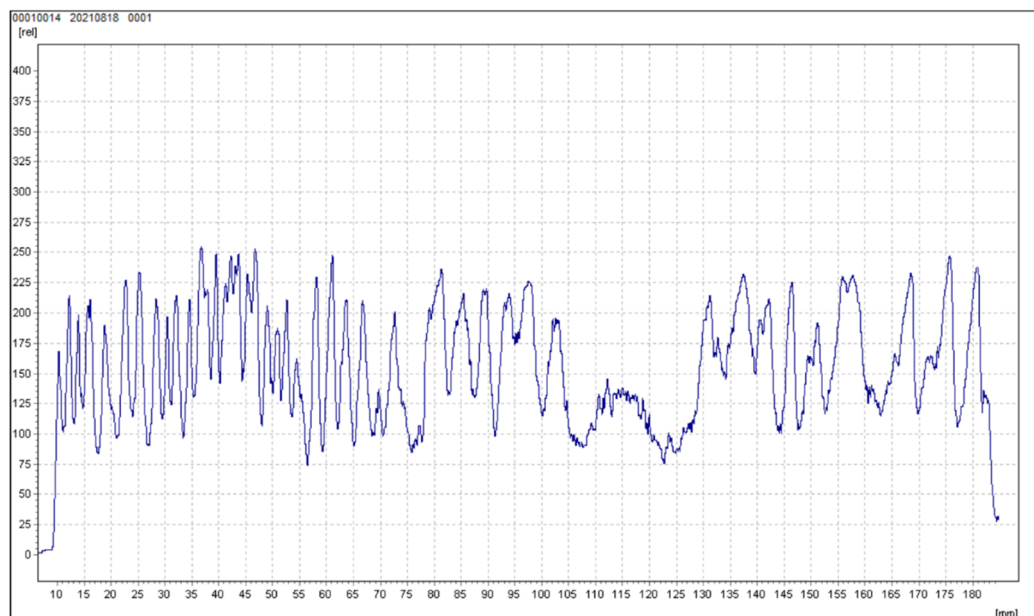
Měření číslo			1	2	3	Průměr
Vlhkost	w	%	29,9	30,3	29,5	29,9
Pilodyn	$t_p$	mm	16,0	10,0	11,0	12,3

Odhad hustoty dřeva při 12 % vlhkosti  $\rho_{12}$

$$\rho_{12} = 436 \text{ kg/m}^3$$

Odhad průměrné pevnosti dřeva v ohybu při 12 % vlhkosti

$$f_m = 45,5 \text{ MPa}$$



Obrázek 56 - Dendogram sondy D12

Vlhkost zkoušeného prvku byla stanovena na hodnotu 29,9 %. Stejně jako u předchozích prvků v části E, je hodnota vhodná pro výskyt napadení biotickými činiteli. Napadení bylo pomocí dendogramu nebylo potvrzeno, ve střední části opět došlo

k tangenciálnímu průchodu vrtáku skrze letokruhy a s tím spojenému poklesu odporu ve střední části. Hodnota ohybové pevnosti prvku byla stanovena na hodnotu  $f_m=45,5$  MPa.

### Vyhodnocení vlhkosti, pevnosti a vnitřní homogenity dřevěných prvků

Tabulka 27 – Souhrn výsledků vyhodnocení z měření dřevěných prvků

Číslo měření	Vlhkost $w$	Odhad hustoty dřeva při 12% vlhkosti	Odhad průměrné pevnosti v ohybu dřeva při 12% vlhkosti
	%	kg/m <sup>3</sup>	MPa
1	10,9	400	40,0
2	10,6	404	40,6
3	11,7	398	39,6
9	28,6	409	41,3
10	25,8	426	44,0
11	23,4	437	45,7
12	29,9	436	45,5

Část A, ve které byly provedeny sondy D1-D3, se pohybovala v přijatelných mezích od 10,6 do 11,7 % vlhkosti. Tyto hodnoty tvoří přirozenou ochranu před biotickými škůdci, jimiž jsou například dřevokazné houby nebo hmyz. Pevnosti odhadnuté pomocí hustoty, stanovené díky měření vlhkosti a zarážení trnu, nabývají hodnot od 39,6-40,0 MPa. U žádného ze zkoumaných prvků nebyla prokázána vnitřní nehomogenita, značící počátky hniloby nebo biotického napadení.

V části E, byly provedeny sondy D9-D12. Zde již nabývaly vlhkosti hodnot 23,4 – 29,9 %, tato úroveň vlhkosti je vhodná pro šíření biotického činitele, je proto nutná

zvýšená opatrnost. Pevnosti v tlaku za ohybu byly odhadnuty v rozmezí 41,3 – 45,7 MPa. Použití odporového mikrovrtání resistographem ani zde neprokázalo vnitřní nehomogenity, mírné výkyvy v dendogramech byly opět způsobeny pouze kvůli vrtání mimo střed letokruhů.

## 4 Závěr

Cílem této bakalářské práce byla příprava a realizace stavebně technickým průzkumem bývalé budovy radnice v Litomyšli z důvodu plánované rekonstrukce objektu. Práce byla rozdělena na dvě části. Teoretická část, která shrnuje poznatky z norem a doporučené literatury, potřebné pro správné vypracování zadání. Praktická část se poté věnuje jednotlivým částem průzkumu samotného, od prvotní vizuální prohlídky přes návrh až po samotnou realizaci a vyhodnocení zkoušek. Investorem, kterým je město Litomyšl, bylo požadováno stanovení pevnosti zdiva, zjištění skladeb stropů v 3.NP a zhodnocení stavu dřevěných konstrukcí v 2. a 3.NP.

Pevnost zdiva byla stanovena destruktivně na zkušebních tělesech, vytvořených z jádrových vývrtů odebraných v konstrukci. Po laboratorních zkouškách provedených na tělesech byla podle vztahů pro výpočet pevnosti uvedených v [3] a [4], stanovena pevnost v tlaku jak pro cihelné, tak pro kamenné zdivo. Návrhová pevnost v tlaku cihelného zdiva je  $f_d = 0,7 \text{ MPa}$ . Díky vysoké pevnosti malty  $f_m = 8,2 \text{ MPa}$  a velmi vysoké pevnosti v tlaku kamene  $f_b = 76,6 \text{ MPa}$ , vyšla výsledná návrhová pevnost kamenného zdiva  $f_d = 5,1 \text{ MPa}$ . Vzhledem k tomu, že nosné konstrukce tvoří zdivo smíšené, je doporučeno použít pro statické výpočty návrhovou pevnost cihelného zdiva a dosáhnout tak větší úrovně bezpečnosti.

Průzkum stropních konstrukcí proběhl za pomoci nedestruktivních a semi-destruktivních metod. Sonda S1, provedena pomocí kombinace odkryvné sondy a endoskopické metody, odhalila bedničkový strop, překrytý železobetonovou deskou se dvěma vrstvami hladké výztuže. V sondě S2, vykonané odkryvnou sondou pod vrstvou betonové mazaniny a násypu, odkryla klenbu ze smíšeného zdiva, tvořící nosnou konstrukci stropu. Sonda S3 a S4 byla koncipována velice podobně. Zatížení přenášely dva svařené válcované I-profilů o rozměrech 500x360 mm a osovou vzdáleností 3000 mm. Prostorová tuhost byla zajištěna pomocí dalších menších válcovaných I-profilů o dimenzích 160x81 mm a rozpětí 1750 mm. Průřez I-profilů i přes

povrchovou korozi nebyl změněn. V obou sondách byla nalezena vrstva tepelné izolace tvořená skelnou vatou. V sondě S4 byl navíc nalezen původní trámový strop, zakotvený do obvodové zdi a válcovaných I-profilů. Odkryvná sonda S5 odhalila dřevěný trámový strop s rákosníky.

Pro zhodnocení stavu dřevěných konstrukcí byly využity čtyři metody. Jako první byla provedena vizuální prohlídka, která odhalila konstrukční vady v 3.NP. Dále se určila míra vlhkosti pomocí elektrické odporové metody. Hodnoty vlhkosti v jednotlivých prvcích v 2.NP se pohybovaly okolo 10 %, což je hodnota, která není vhodná pro výskyt biotických činitelů. Ve 3.NP všechny hodnoty vlhkosti přesáhly 20% hranici, což je hodnota vhodná pro výskyt biotických činitelů. Poté se přistoupilo k odhadu pevnosti pomocí metody zarážení trnu. Odhadnuté pevnosti se pohybovaly v rozmezí 39,6 – 45,5 MPa. Poslední provedenou zkouškou bylo mikroodporové vrtání, během kterého nebyla potvrzena přítomnost nehomogenit v žádném z prvků zkoumaném v této práci. Na základě provedených zkoušek můžeme konstatovat, že dřevěné konstrukce v 2.NP jsou v dobrém stavu, zatímco konstrukce krovu ve 3.NP si svou vlhkostí i konstrukčními chybami žádá rozsáhlou rekonstrukci nebo vystavění zcela nové konstrukce krovu.

## 5 Bibliografie

- [1] HOBST, Leonard, Jiří ADÁMEK, Petr CIRKLE a Pavel SCHMID. *Diagnostika stavebních konstrukcí: Přednášky* [online]. Brno, 2005 [cit. 2022-05-25]. Studijní opora. Vysoké učení technické v Brně.
- [2] CIRKLE, Petr. *Diagnostické metody ve stavebnictví: Přednášky* [online]. Brno, 2011 [cit. 2022-05-26]. Studijní opora. Vysoké učení technické v Brně.
- [3] *ČSN 73 0038: Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - doplňující ustanovení: (Nahrazení ČSN 73 0038 z prosince 2014)*. Listopad 2019. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [4] *ČSN EN 772-1+A1 (72 2635) Zkušební metody pro zdící prvky - Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku. Náhrada za ČSN EN 772-1+A1 (72 2635) z října 2011*. Leden 2016. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [5] *ČSN EN 1015-11 Zkušební metody malt pro zdivo - Část 11: Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu a v tlaku*. Duben 2020. Praha: Úřad pro technologickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
- [6] *ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení*. Listopad 2000. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [7] DRDÁCKÝ, Miloš a Michal KLOIBER. *Diagnostika dřevěných konstrukcí*. 1. vydání. Praha: Informační centrum ČKAIT, s. r. o., 2015. ISBN 978-80-87438-64-0.
- [8] NOVÁK, Jaroslav. *Nauka o materiálech 10: Stavební materiály I*. 1997. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997. ISBN 80-01-01619-6.
- [9] *ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí: 73 0038*. Prosinec 2014. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

- [10] *Mapa: Městská knihovna Litomyšl, Smetanovo náměstí 50, 57001 Litomyšl-Město, Česko* [online]. In: . [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=16.3106884&y=49.8708248&z=19&l=0>
- [11] HLÁVKA, Bohuslav, Josef ŠTĚPÁNEK a Zdeněk WIRTH. *Soupis památek*. 1. 1908.
- [12] NÁRODNÍ PAMÁTKOU ÚSTAV. Radnice. In: *Památkový katalog* [online]. [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://pamatkovykatalog.cz/radnice-13850666>
- [13] HEŘMÁNKOVÁ, Věra. *Archiv fotografií ze stavebně technického průzkumu v Litomyšli*. 2021.

## 6 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Součinitel tvaru $\delta$ .....	11
Tabulka 2 - tabulka součinitele $t_n$ .....	12
Tabulka 3 - Tabulka stupňů vlhkosti .....	14
Tabulka 4 - Výpočet pevnosti malty získané ze spár cihelného zdiva .....	57
Tabulka 5 - Rozměry těles z vývrtnu V1 .....	59
Tabulka 6 - stanovení pevnosti v tlaku V1 .....	60
Tabulka 7 - tabulka rozměrů těles z vývrtnu V3 .....	62
Tabulka 8 - stanovení pevnosti v tlaku V3 .....	62
Tabulka 9 - Stanovení průměrné pevnosti v tlaku kamenného zdiva .....	62
Tabulka 10 - Výpočet charakteristické pevnosti cihelného zdiva .....	63
Tabulka 11 - Hodnoty dílčích součinitelů zdiva .....	64
Tabulka 12 - Stanovení pevnosti v tlaku malty z kamenného zdiva .....	66
Tabulka 13 - Rozměry těles z vývrtnu V2 .....	68
Tabulka 14 - Stanovení pevnosti v tlaku pro vývrt V2 .....	69
Tabulka 15 - Stanovení rozměrů tělesa z vývrtnu V4 .....	70
Tabulka 16 - Stanovení pevnosti z vývrtnu V4 .....	70
Tabulka 17 - Stanovení normalizované pevnosti v tlaku kamenného zdiva .....	71
Tabulka 18 - Stanovení charakteristické pevnosti v tlaku kamenného zdiva .....	71
Tabulka 19 - Dílčí součinitele kamenného zdiva .....	72
Tabulka 20 - Hodnoty z měření sondy D1 .....	74
Tabulka 21 - hodnoty z měření sondy D2 .....	75
Tabulka 22 - Hodnoty z měření sondy D3 .....	76
Tabulka 23 - Hodnoty z měření sondy D9 .....	77
Tabulka 24 - hodnoty z měření sondy D10 .....	78
Tabulka 25 - Hodnoty z měření sondy D11 .....	79
Tabulka 26 - Hodnoty z měření sondy D12 .....	80
Tabulka 27 - Souhrn výsledků vyhodnocení z měření dřevěných prvků .....	81

## 7 Seznam obrázků

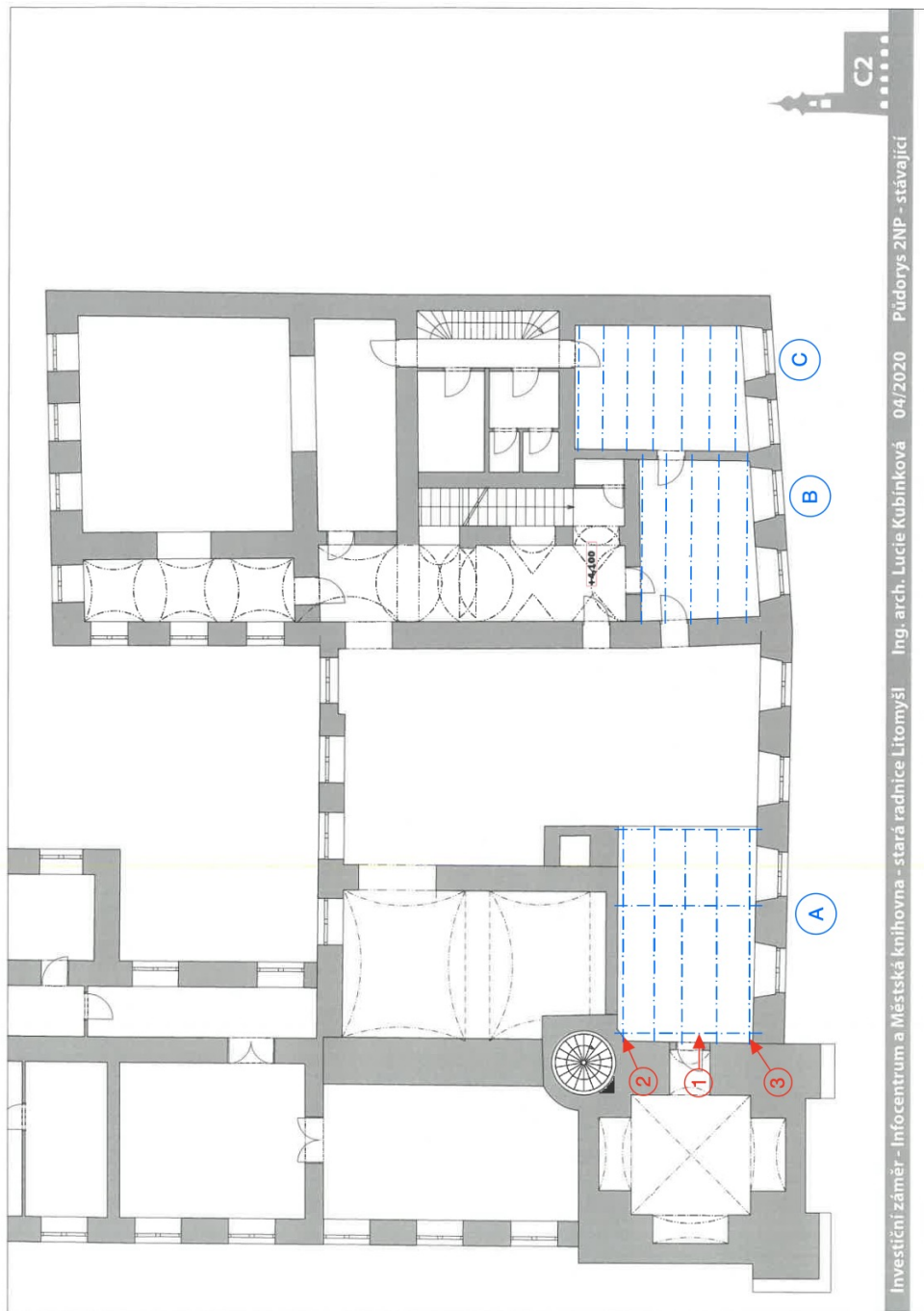
Obrázek 1 - Základní vazby cihelného zdiva: 1) běhounová, 2) vazáková, 3) polokřížová 4) křížová.....	8
Obrázek 2 - Tvrdoměr Schmidt LB .....	15
Obrázek 3 - Vrtačky upravené pro zjišťování pevnosti malty.....	17
Obrázek 4 - Vlhkoměr Greisinger GHM 3800 se zarážecí sondou.....	23
Obrázek 5 - Pilodyn P6 .....	25
Obrázek 6 - Dendogram prvku s počátky hniloby, která neovlivňuje únosnost prvku .....	26
Obrázek 7 – Dendogram stejného prvku jako na obr. 6, zde je hniloba rozvinuta a výrazně ovlivňuje statiku prvku .....	27
Obrázek 8 - Příklad na odporové mikrovrtání Rinntech Resistograph R650-EA.....	28
Obrázek 9 - Rozdělení montovaných stropů.....	28
Obrázek 10 - Rozdělení tradičních stropů .....	29
Obrázek 11 - Vývojový diagram obecného postupu existujících konstrukcí .....	33
Obrázek 12 - Situace širších vztahů .....	35
Obrázek 13 - Český loket používaný obchodníky v Litomyšli.....	36
Obrázek 14 - Bývalá radniční budova v Litomyšli .....	37
Obrázek 15 - Místo vývrtnu V1.....	43
Obrázek 16 - Místo vývrtnu V2.....	43
Obrázek 17 – Umístění vývrtnu V3 .....	44
Obrázek 18 – Umístění vývrtnu V4 .....	44
Obrázek 19 - Sonda S1 .....	45
Obrázek 20 - Zapravená sonda S1 s možností opětovného použití kamery .....	46
Obrázek 21 - Řez sondou S1 .....	46
Obrázek 22 - Sonda S2 .....	47
Obrázek 23 - Příčný řez sondou S2 .....	48
Obrázek 24 - Příčný řez sondou S3 .....	49
Obrázek 25 - Podélný řez sondou S3 .....	49

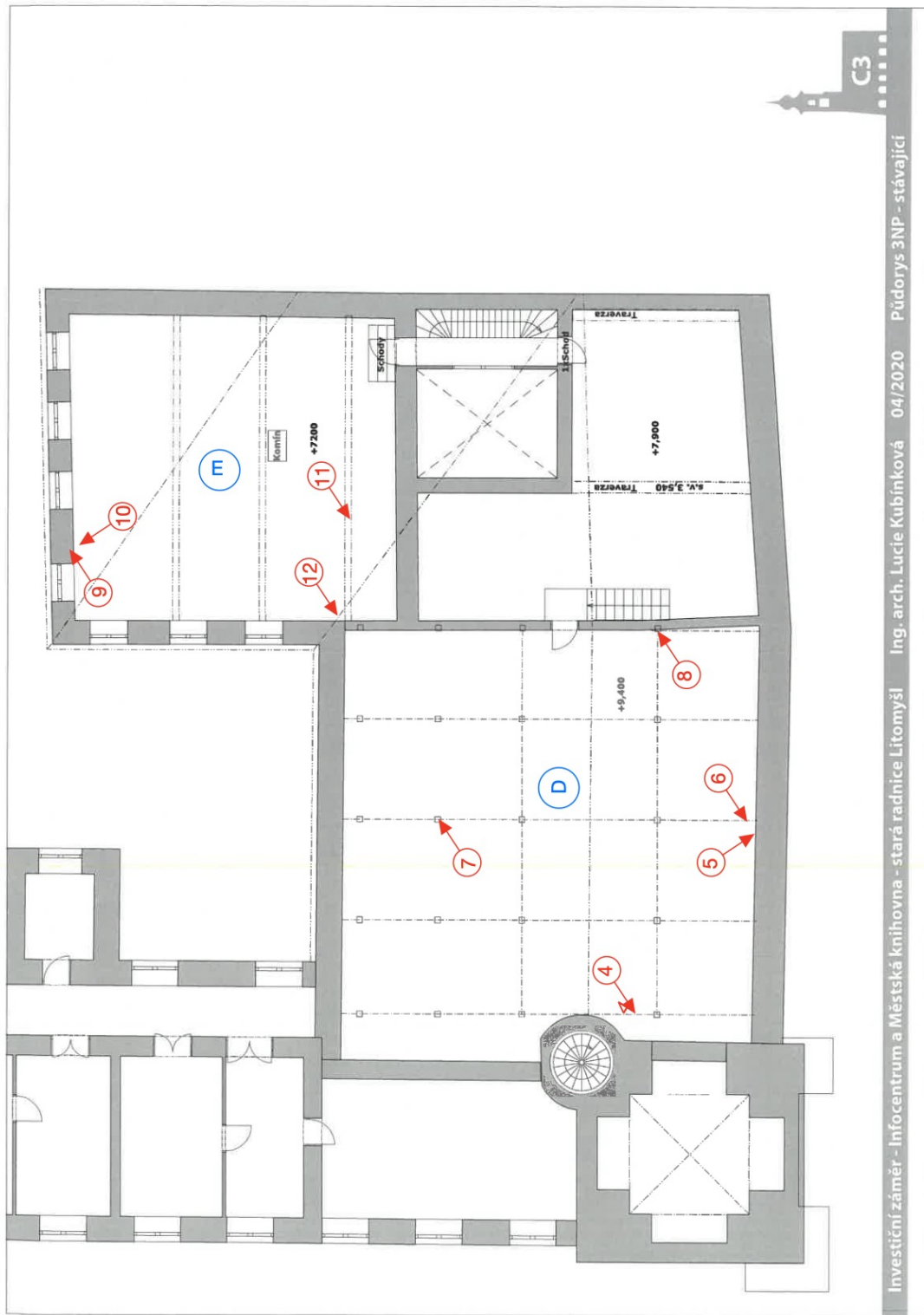
Obrázek 26 - řez sondou S4.....	50
Obrázek 27 - Podélný řez sondou S4.....	51
Obrázek 28 - Sonda S5 .....	51
Obrázek 29 - příčný řez sondou S5 .....	52
Obrázek 30 – Průvlak sonda D1 .....	53
Obrázek 31 – Trám Sonda D2.....	53
Obrázek 32 – Trám sonda D3 .....	54
Obrázek 33 – Pozednice sonda D9 a D10.....	54
Obrázek 34 – Sloupek sonda D11 .....	55
Obrázek 35 – Poloha sondy D12 .....	56
Obrázek 36 – Zkušební tělesa z vývrtu V1 pro stanovení pevnosti v tlaku malty.....	58
Obrázek 37 – Zkušební tělesa z vývrtu V1 a V3 pro stanovení pevnosti v tlaku malty .....	58
Obrázek 38 - Jádrový vývrt V1 .....	59
Obrázek 39 - Tělesa vyhotovená z vývrtů V1 a V3.....	60
Obrázek 40 - Zkouška pevnosti v tlaku cihelného zdiva.....	61
Obrázek 41 - jádrový vývrt V3.....	61
Obrázek 42 - zkouška pevnosti malt v tlaku z vývrtu V2 .....	65
Obrázek 43 - Zkušební tělesa pro zkoušení pevnosti v tlaku malty z kamenného zdiva .....	65
Obrázek 44 - Jádrový vývrt V2.....	67
Obrázek 45 - Válcová tělesa.....	67
Obrázek 46 - Krychlová tělesa .....	67
Obrázek 47 - Výsledek zkoušky pevnosti v tlaku válcového tělesa V2-K2.....	68
Obrázek 48 - Jádrový vývrt V4.....	69
Obrázek 49 - Zkušební krychle z kamenného zdiva .....	70
Obrázek 50 - Dendogram sondy D1.....	74
Obrázek 51 - Dendogram sondy D2.....	75
Obrázek 52 - Dendogram sondy D3.....	76
Obrázek 53 - Dendogram sondy D9.....	77

Obrázek 54 - Dendogram sondy D10 .....	78
Obrázek 55 - Dendogram sondy D11 .....	79
Obrázek 56 - Dendogram sondy D12 .....	80

## 8 Přílohy

Příloha 1. Umístění sond nedestruktivních zkoušek dřevěných konstrukcí





Investiční záměr - Infocentrum a Městská knihovna - stará radnice Litomyšl Ing. arch. Lucie Kubínková 04/2020 Půdbrys 3NP - stávající

Příloha 2. Místa jádrových vývrtů zdiva a sond stropních konstrukcí

