

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



Diagnostika historické dřevěné konstrukce

Bakalářská práce

Autor: Barbora Samuelová

Vedoucí práce: Ing. Michal Kloiber, Ph.D.

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Barbora Samuelová

Dřevařství
Dřevařství

Název práce

Diagnostika historické dřevěné konstrukce

Název anglicky

Diagnostic of historic timber structures

Cíle práce

Cílem práce bude diagnostika dřevěné konstrukce pomocí částečně invazivních přístrojů. Na vybrané konstrukci provést stavebně technické hodnocení podpořené měření pomocí odporové mikrovrtáčky a endoskopu. Na základě rozsahu poškození navrhnout sanační opatření.

Metodika

Vyhledat archivní a literární zdroje týkající se tématu práce. Typologicky popsat dřevěnou konstrukci, doplnit o vlastní fotodokumentaci. Na základě dostupné archivní dokumentace provést stavebně historické hodnocení konstrukce. Pomocí odporové mikrovrtáčky a endoskopu identifikovat a popsat rozsah poškození, které budou následně navrženy k sanaci s ohledem na historickou hodnotu dřevěné konstrukce.

Harmonogram práce:

červenec – srpen 2020, literární rešerše

září – listopad 2020, měření v terénu

prosinec 2020 – leden 2021, vyhodnocení naměřených dat

únor – březen 2021, psaní závěrečné práce

duben 2021, odevzdání závěrečné práce

Doporučený rozsah práce

40 str

Klíčová slova

dřevěná konstrukce, diagnostika, poškození dřeva, sanace

Doporučené zdroje informací

Bláha, J., Jesenský, V., Macek, P., Razím, V., Sommer, J., Veselý, J.: Operativní průzkum a dokumentace historických staveb. Národní památkový ústav, Praha: 2005. 112 s. ISBN 80-86516-18-0.

Gerner, M. a kol.: Tesařské spoje. 1. vyd. Praha: Grada, 2003. 220 s. ISBN 80-247-0076-X.

Kloiber, M., Drdácký, M.: Diagnostika dřevěných konstrukcí. IC ČKAIT, Praha, 2015. 168 s. ISBN 978-80-87438-64-0.

Kunecký, J., Fajman, P., Hasníková, H., Kuklík, P., Kloiber, M., Sebera, V., Tippner, J.: Celodřevěné plátové spoje pro opravy historických konstrukcí. Metodika pro návrh a výrobu celodřevěných tesařských spojů. Certifikovaná metodika č. 113, Ministerstva kultury ČR, ze dne 24. 3. 2016. 63 s.

Reinprecht, L.: Dřevěné stropy a krovky: Typy, poruchy, průzkumy a rekonstrukce. 1. vyd. Praha: ABF, 2000. 242 s. ISBN 80-86165-29-9.

Reinprecht, L.: Ochrana dřeva. Zvolen: Technická univerzita, 2008. 453 s. ISBN 978-80-228-1863-6.

Schmidt, O.: Wood and Tree Fungi: biology, damage, protection, and use. Springer, 2010, 334 s. ISBN 978-3-540-32138-5.

Ševců, O., Vinař, J., Pacáková, M.: Metodika ochrany dřeva. Praha: 2000. 67 s. ISBN 80-86234-14-2.

Škabrada, J. Konstrukce historických staveb. 1. vyd. Praha: Argo, 2003. 395 s. ISBN 80-7203-548-7.

Vinař, J. a kol. Historické krovky: typologie, průzkum, opravy. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. 448 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3038-7.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Michal Kloiber, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 14. 7. 2020

Ing. Radek Rinn

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 21. 10. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 09. 04. 2021

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Diagnostika historické dřevěné konstrukce vypracovala samostatně pod vedením Ing. Michala Kloibera, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Ve Svitavách dne 20.4.2021

Podpis autora

Poděkování

Chtěla bych poděkovat především Ing. Michalu Kloiberovi, Ph. D. za vedení práce. Dále Ing. Milanu Obloukovi a městu Svitavy za možnost provedení výzkumu v prostorách budovy na náměstí Míru 80/3, Mgr. Radoslavu Fikejzovi za pomoc při bádání po historii zmíněné budovy. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat také své rodině a přátelům za podporu v průběhu celého studia.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá posouzením stavu dřevěné konstrukce krovu z přelomu 19. a 20. století a následně návrhem vhodné sanace. Zkoumaná budova se nachází na náměstí Míru 80/3 ve Svitavách. Součástí práce je také zjištění zatím neprobádané historie budovy.

Základem hodnocení je provedené zaměření a stavební popis konstrukce krovu. Rozsah poškození byl identifikován na základě provedeného průzkumu jak smyslovými, tak především přístrojovými metodami – Resistografem a endoskopem.

Zjištěný rozsah poškození konstrukce posloužil jako základ k následnému návrhu sanačních opatření, který bude sloužit také jako podklad pro projektovou přípravu rekonstrukce objektu.

Klíčová slova: dřevěná konstrukce, diagnostika, poškození dřeva, sanace

Abstract

This thesis investigates the state of wooden construction of a historic roof truss which comes from the turn of the 20th century and proposes an appropriate renovation procedure. The building is located at Náměstí Míru 80/3 in Svitavy. Part of this thesis is also a description of the (yet unexplored) history of the building in question.

We base our evaluation on the construction description of the roof and on detailed on-site measurement. Identification of construction damage was conducted by subjective sensory means, as well as by precise in-situ instruments – by Resistograph and endoscope.

The identified scope of the construction damage leads to the final proposal of a suitable renovation procedure, which will serve as the foundation for a future reconstruction project of the building.

Key words: wooden construction, diagnostics, wood damage, renovation

Obsah

Seznam obrázků, tabulek a grafů	9
Seznam použitých zkratk	14
1. Úvod	15
2. Cíl práce.....	16
3. Literární rešerše.....	17
3.1. Dřevěné konstrukce krovů	17
3.1.1. Krokevní soustava	17
3.1.2. Vaznicová soustava	17
3.1.2.1. Vaznicová soustava s ležatou stolicí.....	17
3.1.2.2. Vaznicová soustava se stojatou stolicí.....	18
3.1.3. Tesařské spoje	18
3.1.3.1. Na sraz.....	18
3.1.3.2. Čepový spoj.....	18
3.1.3.3. Lípnutí.....	19
3.1.3.4. Plátování.....	19
3.1.3.5. Přeplátování	20
3.1.3.6. Kampování	20
3.1.3.7. Zapuštění.....	20
3.2. Historické opracování	21
3.3. Poškození dřevěných konstrukcí.....	21
3.3.1. Vlhkost	21
3.3.2. Houby	22
3.3.2.1. Dřevomorka domácí – <i>Serpula lacrymans</i>	22
3.3.2.2. Koniofora sklepní – <i>Coniophora puteana</i>	23
3.3.2.3. Trámovka trámová – <i>Gleophyllum trabeum</i>	24
3.3.3. Měkká hniloba	24
3.3.4. Hmyz	24
3.3.4.1. Tesařík krovový – <i>Hylotrupes bajalus</i>	25
3.3.4.2. Červotoč proužkovaný – <i>Anobium punctatum</i>	25
3.3.4.3. Červotoč umrlčí – <i>Anobium pertinax</i>	26
3.3.5. Vady dřeva.....	26
3.3.5.1. Suky	26
3.3.5.2. Trhliny.....	26

3.3.5.3 Točivost.....	27
3.4. Ochrana dřeva	27
3.4.1. Konstrukční a fyzikální ochrana.....	27
3.4.2. Chemická ochrana	27
3.5. Diagnostika dřevěných konstrukcí.....	28
3.5.1. Smyslové metody	29
3.5.2. Přístrojové metody.....	29
3.5.2.1. Odporový vlhkoměr	29
3.5.2.2. Odporové vrtání Resistograph	29
3.5.2.3. Šíření elastických vln	30
3.5.2.4. Endoskopie.....	30
3.5.2.5. Další	31
3.6. Sanace dřeva.....	31
3.6.1. Houby	32
3.6.2. Hmyz	32
3.6.3. Konstrukční opravy	32
4. Metodika	34
4.1. Historie a budoucnost budovy náměstí Míru 80/3	34
4.1.1. Svitavy a betlémy	37
4.2. Základní průzkum	38
4.3. Měření vlhkosti	38
4.4. Odporové vrtání	39
4.5. Endoskopie.....	39
4.6. Šíření elastických vln	40
5. Výsledky:	42
5.1. Popis konstrukce krovu	42
5.2. Výsledky zhodnocení stavu vazeb	46
5.3. Resistograph.....	57
5.4. Endoskopie.....	64
5.5. Šíření elastických vln	67
6. Diskuze.....	68
7. Závěr	70
8. Seznam literatury a použitých zdrojů	70

Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázek 1: Ležatá stolice; ležatá stolice pro rozpon 7-12 m (1 - bačkora, 2 - ocelová kotva) (Reinprecht, 2000)

Obrázek 2: Stojatá stolice s rozponem 6-8 m (1 - vazný trám, 2 - vaznice, 3 – pozednice, 4 - krokev, 5 - sloupek, 6 - kleština, 7 - pásek); Stojatá stolice s rozponem 12-16 m (1 – vazný trám, 2 - střední vaznice, 3 – vrcholová vaznice, 4 - pozednice, 5 - krokev, 6 - sloupek, 7- kleština, 8 - pásek, 9 - vzpěra) (Reinprecht, 2000)

Obrázek 3: Tupý sraz, šikmý sraz, klínočelý sraz a kosý sraz (Reinprecht, 2000)

Obrázek 4: Šikmý čep, čtvercový čep, kolmý rohový čep, trojúhelníkový čep na pokos (Reinprecht, 2000)

Obrázek 5: Kolmé lípnutí, šikmé lípnutí (Reinprecht, 2000)

Obrázek 6: Rovné plátování, šikmé plátování, šikmé stoupající plátování (Reinprecht, 2000)

Obrázek 7: Úplné rovné, částečně rovné a jednostranné rybinové přeplátování (Reinprecht, 2000)

Obrázek 8: Oboustranné, rybinové oboustranné, křížové kampování (Reinprecht, 2000)

Obrázek 9: Šikmočelé a šikmé jednoduché zapuštění (Reinprecht, 2000)

Obrázek 10: *Serpula lacrymans* (Foto: Štefko, 2009)

Obrázek 11: *Serpula lacrymans* – plodnice (Foto: Ptáček, 2009)

Obrázek 12: *Coniophora puteana* – plodnice (Foto: Ptáček, 2009)

Obrázek 13: *Hylotrupec bajalus* – samička (Foto: Štefko, 2009)

Obrázek 14: *Hylotrupec bajalus* – larva (Foto: Štefko, 2009)

Obrázek 15: *Anobium punctatum* (Foto: Klober, 2015)

Obrázek 16: Mapa Svitav z roku 1848, budova se nachází uprostřed (foto: archiv Městského muzea a galerie ve Svitavách)

Obrázek 17: Budova náměstí Míru 80/3, vlevo Ottendorferova knihovna

Obrázek 18: Zadní část budovy, vpravo Ottendorferova knihovna

Obrázek 19: Vizualizace projektu Muzeum Betlémů (zdroj: město Svitavy)

Obrázek 20: Část zrestaurovaného Svitavského betléma (foto: MMG ve Svitavách)

Obrázek 21: Měření vlhkosti

Obrázek 22: Odporové vrtání Resistografem

Obrázek 23: Příprava vrtu pro umístění kamery endoskopu

Obrázek 24: Průzkum endoskopem

Obrázek 25: Přístroj ArborSonic 1D

Obrázek 26: Průběh měření šíření elastických vln

Obrázek 27: Pohled na severní stranu konstrukce

Obrázek 28: Pohled na jižní stranu konstrukce

Obrázek 29: Kotvení konstrukce pomocí ocelové skoby do zdiva

Obrázek 30: Tesařské značení

Obrázek 31: Původní krokve spojené na čep a rozpor

Obrázek 32: Nové krokve spojené přeplátováním

Obrázek 33: Plná vazba (1 - vazný trám; 2 - krokev; 3 - vzpěra; 4 - sloupek; 5 - rozpěra; 6 - vaznice)

Obrázek 34: Půdorys střešní konstrukce a číslování vazeb

Obrázek 25: Západní část vazby; podložení točivého vazného trámu

Obrázek 36: Výhodní část vazby; nefunkční kramle v trhlíně

Obrázek 37: Západní část vazby; mycelium trámovky na krokvi

Obrázek 38: Zatékání do konstrukce

Obrázek 39: Poškození východní krokve požerky tesaříka

Obrázek 40: Západní část vazby procházející komínem

Obrázek 41: Dotyk vazby s komínem a příložka

Obrázek 42: Západní část vazby č.13

Obrázek 43: Vyměněný prvek krokve ve vazbě

Obrázek 44: Snímek pořízený endoskopem – vazný trám, vazba č.10

Obrázek 45: Snímek pořízený endoskopem – čelo, vazný trám, vazba č.10

Obrázek 46: Snímek pořízený endoskopem – vazný trám, vazba č.13

Obrázek 47: Snímek pořízený endoskopem – čelo, vazný trám, vazba č.13

Obrázek 48: Snímek pořízený endoskopem – vazný trám, vazba č.16

Obrázek 49: Snímek pořízený endoskopem – čelo, vazný trám, vazba č.16

Tabulka 1: Odhad stupně poškození dřeva na základě rychlosti šíření elastických vln kolmo k vláknům při vlhkosti 12 – 16 % podle Kloiber (2015)

Tabulka 2: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.1

Tabulka 3: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.2

Tabulka 4: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.3

Tabulka 5: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.4

Tabulka 6: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.5

Tabulka 7: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.6

Tabulka 8: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.7

Tabulka 9: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.8

Tabulka 10: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.9

Tabulka 11: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.10

Tabulka 12: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.11

Tabulka 13: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.12

Tabulka 14: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.13

Tabulka 15: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.14

Tabulka 16: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.15

Tabulka 17: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.16

Tabulka 18: Vyhodnocení stavu podélných vazeb

Tabulka 19: Hodnoty měření šíření elastických vln

Graf 1: č. 4940 - vazba č.1 – východ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

Graf 2: č. 4941 - vazba č.1 – západ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

Graf 3: č. 4942 - vazba č.4 – východ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

Graf 4: č. 4943 - vazba č.4 – západ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

Graf 5: č. 4945 - vazba č.7 – východ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

Graf 6: č. 4946 - vazba č.7 – západ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

Graf 7: č. 3947 - vazba č.10 – východ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

Graf 8: č. 3949 - vazba č.4 – západ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

Graf 9: č. 4950 - vazba č.13 – východ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

Graf 10: č. 4952 - vazba č.13 – západ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

Graf 11: č. 4953 - vazba č.16 – východ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

Graf 12: č. 4954 - vazba č.16 – západ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

Graf 13: č. 3955 - vazba č.4 – západ; krokev; měřeno 20 cm od horního konce prvku

Graf 14: č. 3956 - vazba č.5 – východ; krokev; měřeno 20 cm od horního konce prvku

- Graf 15: č. 3957 - vazba č.6 – západ; krokev; měřeno 20 cm od stěny komínu
- Graf 16: č. 3958 - vazba č.6 – východ; krokev; měřeno 20 cm od stěny komínu
- Graf 17: č. 3960 - vazba č.9 – západ; krokev; měřeno 20 cm od stěny komínu
- Graf 18: č. 3962 - vazba č.13 – západ; krokev; měřeno 20 cm nad kramlí (nový prvek)
- Graf 19: č. 3963 - vazba č.11 – západ; krokev; měřeno 20 cm nad kramlí (nový prvek)
- Graf 20: č. 3963 - vazba č.14 – západ; krokev; měřeno 20 cm nad kramlí (nový prvek)
- Graf 21: č. 3966 - vazba č.12 – západ; krokev; měřeno 20 cm od horního konce prvku
- Graf 22: č. 3967 - vazba č.18 – západ; krokev; měřeno 20 cm od horního konce prvku
- Graf 23: č. 3968 - vazba č.2 – východ; krokev; měřeno 20 cm na kramlí

Seznam použitých zkratk

č.	-	číslo
Č	-	červotoč
ČÚZK	-	Český úřad zeměměřický a katastrální
h	-	hloubka
KR	-	krokev
MMG	-	Městské muzeum a galerie
PA	-	pásek
SL	-	sloupek
š	-	šířka
RO	-	rozpěra
T	-	tesařík
Tzv.	-	takzvaně
V	-	východ
VT	-	vazný trám
VZ	-	vzpěra
VA	-	vaznice
Z	-	západ

1. Úvod

Dřevo je nejčastěji používaným materiálem u řešení stavby střech, konkrétně krovů. Zároveň se jedná o staletými ověřený materiál.

Protože je dřevo přírodní materiál a je potřeba se o něj správně starat a poskytnout mu vhodné podmínky a případně provést i další preventivní opatření, aby nedošlo k jeho poškození například v podobě napadení dřevokazným hmyzem, houbami, plísní, hnilobou nebo vzniku trhlin a následnému prasknutí způsobeným třeba jeho přílišným zatížením. Pokud již ale k nějakému poškození dřeva dochází, je potřeba ho co nejdříve identifikovat a uskutečnit vhodná opatření k zabránění jeho dalšímu šíření a odstranění již vzniklých vad.

Práce se zabývá diagnostikou konstrukce krovu historické budovy, kterou čeká v budoucnosti rozsáhlá rekonstrukce. Je proto třeba zjistit její aktuální stav, aby se v projektu rekonstrukce mohlo pracovat s aktuálními poškozeními a nebyli zjištěny až při samotné rekonstrukci nebo hůře až po ní. Pokud by se aktuální stav stavby při rekonstrukci zanedbal, mohlo by dojít nejen k časově a finančně náročnějším opravám, ale i k rozšíření poškození a možná až znehodnocení samotné budovy.

2. Cíl práce

Cílem práce je vyhodnocení stavu dřevěné konstrukce krovu historické budovy na náměstí Míru ve Svitavách, kterou čeká restaurace a v budoucnu má sloužit pro nově vznikající Muzeum Betlémů. Pro zjištění aktuálního stavu konstrukce jsou využity smyslové, a především částečně invazivní metody. Používanými částečně invazivními přístroji je Resistograph a endoskop. V rámci práce je provedeno také srovnání naměřených hodnot Resistographem a přístrojem měřícím šíření elastických vln.

Součástí práce je také provedení bádání po historii budovy náměstí Míru 80/3 na základě dochovaných historických dokumentů.

Výsledkem práce je vyhodnocení současného stavu konstrukce a návrh sanačních opatření, které by mohli být během rekonstrukce budovy využity.

3. Literární řešerše

3.1. Dřevěné konstrukce krovů

3.1.1. Krokevní soustava

Základním nosným prvkem jsou krokve uložené většinou ve směru sklonu střechy. Nejjednodušší krokevní soustavy mohou být tvořeny pouze krovkami. Většinou se setkáme s krovkami podepřenými vzpěrami.

Především u starších staveb se setkáme se soustavou s vrcholovou vaznicí, která je podepřena sloupkem s pásky nebo vzpěrami.

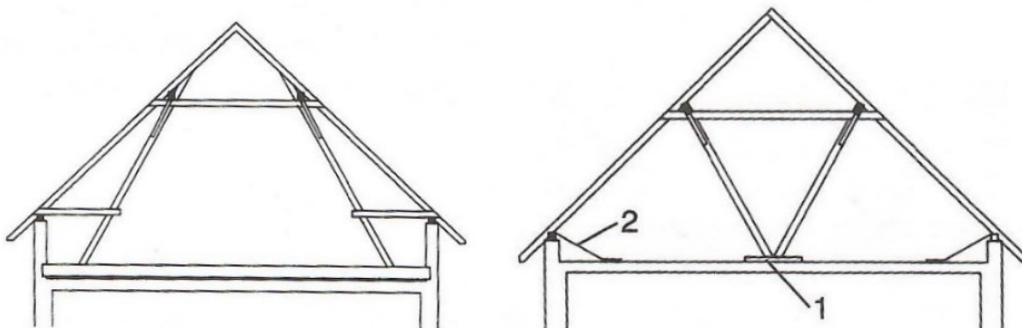
Pokud má střecha malý sklon, využívá se soustava s více vaznicemi. Vaznice v tomto případě nebývají s krovkami spojeny a konstrukce střechy je na stavbu pouze položená (Vinař, 2004).

3.1.2. Vaznicová soustava

Základním nosným prvkem vaznicové soustavy je vaznice. Pokud je vaznice uložena na obvodovou stěnu, nazývá se pozednice. Vaznice je podepřena sloupky (svislými nebo šikmými) kotvenými do vazního trámu nebo různými typy vzpěradel. Do vaznic se přenáší zatížení pomocí krovků, které se kladou ve směru největšího spádu nebo hambalků.

3.1.2.1. Vaznicová soustava s ležatou stolicí

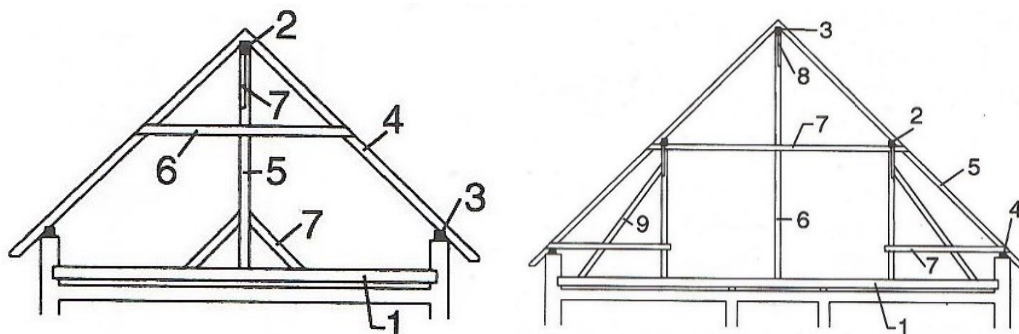
Ležatá stolice (vzpěradlo) podpírá nejvíce zatíženou vaznici a snižuje tak namáhání vazního trámu na ohyb. Nejlepší parametry má stolice se sklonem 50° až 60° , která má výhodnější namáhání tlakem. Proto se u střech s menším sklonem vzpěra ležaté stolice posunuje dovnitř (Vinař, 2004).



Obrázek 3: Ležatá stolice; ležatá stolice pro rozpon 7-12 m (1 - bačkora, 2 - ocelová kotva) (Reinprecht, 2000)

3.1.2.2. Vaznicová soustava se stojatou stolicí

Vaznice jsou u stojatých vaznic v plných vazbách podepřeny sloupky s pásky nebo sedly. Sloupky jsou svislé nebo šikmé a bývají doplněny šikmými vzpěrami přenášejících zatížení do vazných trámů. U starších krovů jsou krokve podepřeny hambálky. Stojatá stolice je namáhána pouze tlakem (Vinař, 2004).

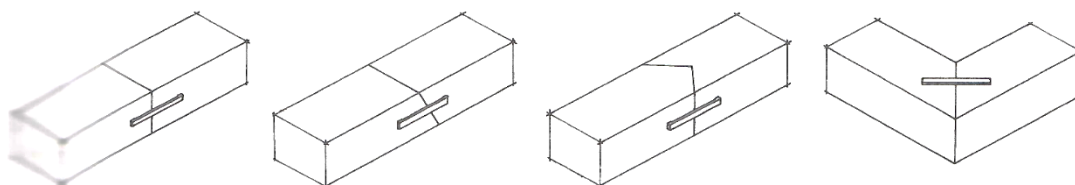


Obrázek 2: Stojatá stolice s rozponem 6-8 m (1 - vazný trám, 2 - vaznice, 3 – pozednice, 4 - krokev, 5 - sloupek, 6 - kleština, 7 - pásek); Stojatá stolice s rozponem 12-16 m (1 – vazný trám, 2 - střední vaznice, 3 – vrcholová vaznice, 4 - pozednice, 5 - krokev, 6 - sloupek, 7- kleština, 8 - pásek, 9 - vzpěra) (Reinprecht, 2000)

3.1.3. Tesařské spoje

3.1.3.1. Na sraz

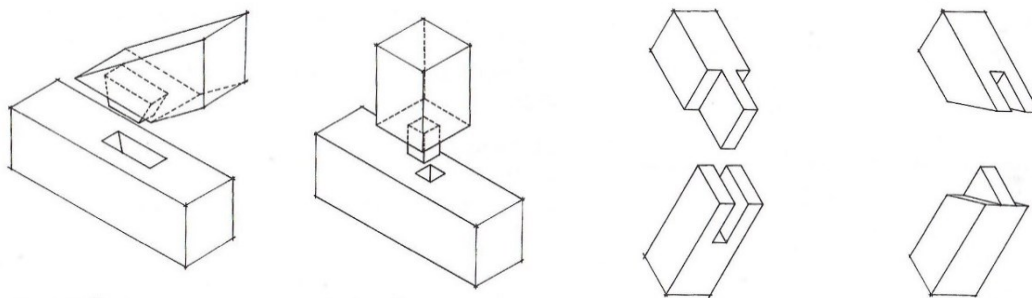
Sraz je nejjednodušší prodlužovací spoj podélný nebo rohový. Spoj lze použít pouze, pokud je dřevěný prvek podepřený částečně nebo po celé délce (Reinprecht, 2000).



Obrázek 3: Tupý sraz, šikmý sraz, klínočelý sraz a kosý sraz (Reinprecht, 2000)

3.1.3.2. Čepový spoj

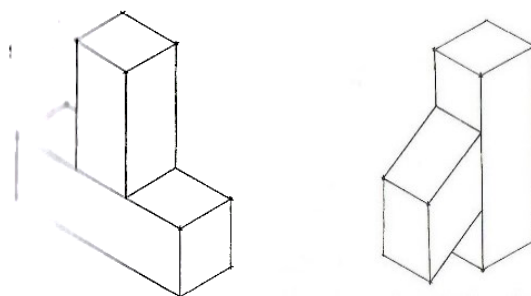
Čep patří k nejstarším a zároveň nejpoužívanějším spojům a existuje v mnoha variantách (Gerner, 2003). Spoj se skládá ze dvou navzájem kolmých nebo šikmých prvků, kdy na jednom nalezneme čep a na druhém otvor nazývaný dlab (Reinprecht, 2000).



Obrázek 4: Šikmý čep, čtvercový čep, kolmý rohový čep, trojúhelníkový čep na pokos (Reinprecht, 2000)

3.1.3.3. Lípnutí

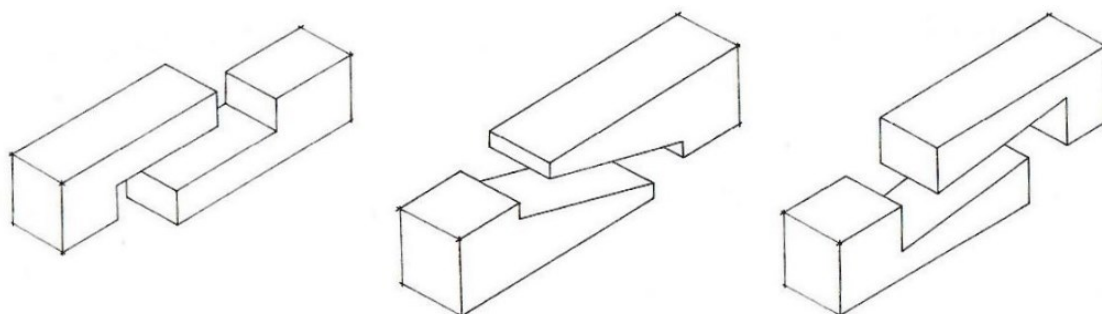
Jedná se o nejjednodušší typ spoje, kdy jsou navzájem kolmé nebo šikmé plochy pouze přiloženy k sobě a následně zabezpečeny skobami, příložkami, případně objímkou z pásové oceli (Reinprecht, 2000).



Obrázek 5: Kolmé lípnutí, šikmé lípnutí (Reinprecht, 2000)

3.1.3.4. Plátování

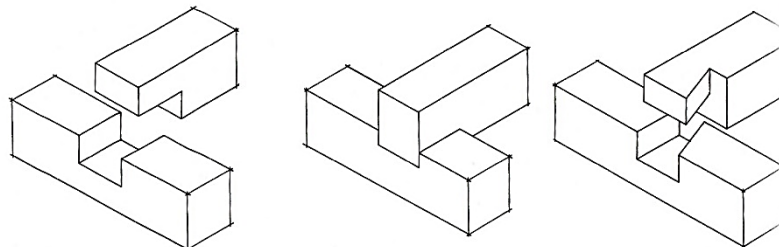
V tomto spoji jsou prvky podélně nastaveny tak, že se stýkají části čel i podélných ploch (Reinprecht, 2000).



Obrázek 6: Rovné plátování, šikmé plátování, šikmé stoupající plátování (Reinprecht, 2000)

3.1.3.5. Překlátování

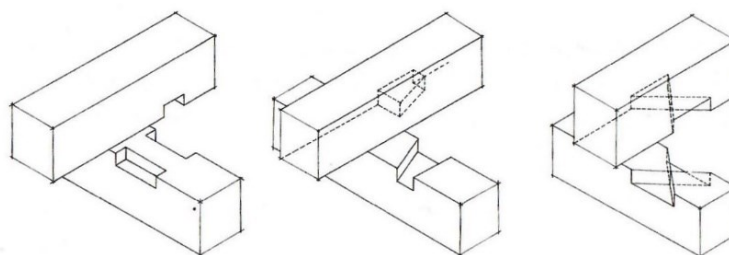
U překlátovaného spoje leží dřevěné prvky přes sebe a jsou spojeny protilehlým zářezem. Toto spojení může být rohové, příčné, křížové i šikmé, ale ne podélné (Gerner, 2003). Podle hloubky zářezu rozlišujeme překlátování úplné a částečné, podle tvaru rovné a rybinové (Reinprecht, 2000).



Obrázek 7: Úplné rovné, částečně rovné a jednostranné rybinové překlátování (Reinprecht, 2000)

3.1.3.6. Kampování

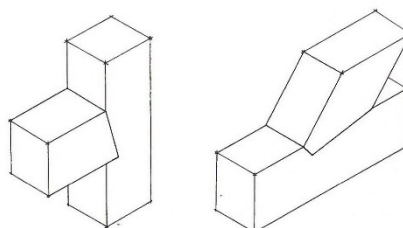
Kampovaný spoj je tvořený dvěma na sebe kolmo nebo šikmo položenými prvky, které si vzájemně odpovídají zářezy pro vzájemné osazení (Reinprecht, 2000). Historicky tento spoj vychází z plátování (Gerner, 2003).



Obrázek 8: Oboustranné, rybinové oboustranné, křížové kampování (Reinprecht, 2000)

3.1.3.7. Zapuštění

V případě tohoto spoje, jsou dva kolmé nebo šikmé prvky spojené celou plochou pomocí odpovídajícího výřezu. Spoj se používá ke kotvení vzpěr nebo pásků (Reinprecht, 2000).



Obrázek 9: Šikmočelé a šikmé jednoduché zapuštění (Reinprecht, 2000)

3.2. Historické opracování

V minulosti bylo nejrozšířenějším způsobem opracování dřeva tesání. Opracování kulatiny probíhalo na zemi, přičemž tesař couval. Od 14. století pak na dřevěných kozách, kdy tesař postupuje dopředu. Jak bylo dřevo opracováno, lze identifikovat podle rýh vzniklých při opracování. Kromě způsobu opracování lze také zjistit, zda byl tesař levák či pravák, jaký byl použit nástroj anebo technologický postup.

Prvním krokem při opracování vysokou prací na kozách je vrubování, při kterém je svislými záseky kulatina rozdělena na kratší úseky, aby šla snadno nahrubo opracovat. Vrubování je potřeba provádět ze dvou stran současně, aby nedošlo vlivem vysychání ke zkroucení materiálu.

Dalším krokem je hrubování, kdy je postupně odsekávána krajina. Hrubování by mělo být provedeno tak, aby bylo následné lícování (povrchové začištění) co nejjednodušší.

K práci na zemi byla používána sekera s dlouhým nebo krátkým topůrkem. Sekera s dlouhým topůrkem slouží také k základnímu opracování, tedy kácení, odvětvování a štípání. Při práci na kozách se používají specializované tesařské sekery, a to hlavatka nebo širočina. Hlavatka se používá na vrubování a hrubování, širočina k lícování (Koudelová, 2020).

3.3. Poškození dřevěných konstrukcí

3.3.1. Vlhkost

Zvýšená vlhkost bývá často hlavní příčinou napadení dřeva dřevokazným hmyzem a houbami. Se sníženou vlhkostí nebo zamrznutím vody volně dochází ke vzniku trhlin. Voda také může způsobit poškození nátěrů a lepených spojů.

Do dřeva se dostává jako srážková voda, vzlínáním nebo kondenzací. Srážková voda se dostává do stavby nejčastěji přes poškozený střešní plášť, komíny obvodové stěny nebo okna. Kapilární voda se do objektu dostává vzlínáním např. díky špatné nebo poškozené hydroizolaci. Příčinou přítomnosti kondenzační vody bývá špatné odvětrání objektu. Hlavní příčinou je tedy špatně řešená konstrukční ochrana prvků (Reinprecht, 2000).

3.3.2. Houby

Houby jsou organismy, u kterých neprobíhá fotosyntéza, a tak musí živiny získávat z jiných z organických substrátů. Narušují tak stavební složky dřeva (celulózu, hemicelulózu, lignin), čímž zhoršují mechanické vlastnosti, které vedou až k rozpadu dřevní hmoty a hnilobě (Reinprecht, 2008).

Dřevokazné houby mohou být hnědého nebo bílého tlení. Houby hnědého tlení rozkládají celulózu a hemicelulózy. Poznajjí se podle hnědého zbarvení a kostkovitě rozpadavé struktury dřeva. Dřevokazné houby bílého tlení rozkládají lignin a rozpoznají se podle bílé vláknité struktury. Ve velmi vlhkém dřevě se můžeme setkat i s houbami způsobujícími měkkou hnilobu, která rozkládá celulózu, hemicelulózy a lignin (Ptáček, 2009).

3.3.2.1. Dřevomorka domácí – *Serpula lacrymans*

Houba hnědého tlení napadající dřevo jehličnanů a méně trvanlivých listnáčů. Kromě dřevěných výrobků rozkládá i jiné materiály z polysacharidů, jako je papír, lepenka, textil apod. V budovách dokáže pomocí mycelií, Rhizomorf, prorůstá několik metrů i přes anorganické materiály (zdivo, omítku apod.). Mycelia přežijí v nevhodných podmínkách i několik let a při obnovení vhodných podmínek se znovu aktivují.

Serpula l. dokáže růst již při vlhkosti 18-20 %. Již při počáteční fázi hniloby rozkládá dřevní polysacharidy na molekuly dřeva a tím si zvyšuje vlhkost na optimálních 30-60 %. Vlhkost dokáže získat také z pomoci Rhizomorf a to i z velkých vzdáleností nebo tvorbou kapek vody, kterými zvlhčuje okolní zdravé dřevo, které pak napadá. Optimálními podmínkami je vlhkost 18-22 °C.



Obrázek 10: *Serpula lacrymans* (Foto: Štefko, 2009)

Obrázek 11: *Serpula lacrymans* – plodnice (Foto: Ptáček, 2009)

Plodnice má 5-30 cm, je hrubá, rozlitá a často splývající do pásů dlouhých až 1 m. Povrch je nejdříve měkký a bílý, později až tmavě hnědý a bradavičnatý. Mycelium je bílé a vatovité, ve větších vzdálenostech prorůstá pomocí Rhizomorf.

Napadené dřevo i zdravé dřevo v okolí je nutné odstranit a spálit, a to kvůli schopnosti dřevomorky přežít v nepříznivých podmínkách až 10 let. (Reinprecht, 2008).

3.3.2.2. Koniofora sklepní – *Coniophora puteana*

Jedná se o houbu hnědého tlení napadající zdravé dřevo jehličnanů i listnáčů. Pro svůj vývoj potřebuje vyšší vlhkost než dřevomorka, a to 40-90 %, nejčastěji tedy na místech, kde zatéká nebo se tvoří kondenzace vody. Mycelium roste při teplotě 3-35 °C (Reinprecht, 2009).

Při počátečním vývoji zvyšuje kyselost substrátu a vylučuje organické kyseliny, které vytvářejí vhodné podmínky pro klíčení Dřevomorky, která si dokáže vytvořit vhodné podmínky i v případě poklesu vlhkosti, které Koniofoře škodí (Ptáček, 2009).

Plodnice je plochá, rozlitá, kůrovitá roztáhlého nepravidelného tvaru s bradavičnatými výrůstky. Je velká 5-50 cm o tloušťce 0,3-0,8 mm. Barva je žlutookrová až olivovohnědá, okraje zůstávají bílé nebo nažloutlé. Rhizomorfy jsou tvořené bílými tenkostěnnými a později i tlustými nahnědlými hyfami, ale nikdy nevytvoří tlustostěnné hyfy (Reinprecht, 2009).



Obrázek 12: *Coniophora puteana* – plodnice (Foto: Ptáček, 2009)

3.3.2.3. Trámovka trámová – *Gloeophyllum trabeum*

Houba hnědého tlení. Nejčastěji napadá dřevo krovů z jehličnatého dřeva, do kterých zatéká. Její vývoj probíhá uvnitř konstrukce, takže jí nelze odhalit a projeví se až destrukcí dřeva. Vhodnými podmínkami je vlhkost 20-130 % a teplota 5-46 °C. Vydrží i několik vyschnutí a běžné fungicidní prostředky jí nevadí, takže je obtížné se jí zbavit.

Plodnice je světlohnědá až tmavohnědá půlkruhová, vyráží z trhlin, ale nemusí se objevit vůbec (Baier, 2004).

3.3.3. Měkká hniloba

Vyskytuje se většinou na místech kontaktu se zemí nebo stěnou, kde je velmi vysoká vlhkost. Její vznik je zapříčiněn houbami Askomycota a Deuteromycota, které rozkládají všechny dřevní složky. Většinou se jednom prvku vyskytuje více druhů těchto hub. Napadené dřevo hnědne, je křehké, měkké a málo pevné (Holan, 2006). Proti měkké hnilobě je sice možné dřevo ochránit i chemickými prostředky, ale je to poměrně náročné (Reinprecht, 2008).

3.3.4. Hmyz

Hmyz patří, kromě hub, k největším škůdcům napadajícím dřevo jak opracované, tak neopracované. Hmyz využívá dřevo jako zdroj potravy, úkryt nebo místo k rozmnožování. Největší škody způsobují larvy, které ve dřevě žijí a vyhlodávají si chodbičky (především v jarních letokruzích). Mohou tak způsobit rozpad dřevní hmoty (Holan, 2006). Dřevo ale poškozují i nepřímo, zanesením plísní (Baier, 2004).

Dřevokazný hmyz se rozmnožuje vajíčky. Počet nakladených vajíček samičkou se liší, může být nakladeno jedno až desítky. Vývin zárodku ve vajíčku pak trvá několik dní až měsíců. Záleží na druhu hmyzu, teplotě a vlhkosti prostředí. Z vajíček se následně vyvine larva, u které probíhá růstové stádium. Poté následuje nepohyblivé stádium v podobě kukly, ve které probíhá vývin dospělého hmyzu – imága (Reinprecht, 2008).

Hmyz způsobující na opracovaném dřevě největší škody je řádu Coleoptera (brouci), nejčastěji v čeledi Carambicidae (tesaříkovití), Anobiidae (červočovití) a Lystidae (hrbohlavovití) (Holan, 2006).

3.3.4.1. Tesařík krovový – *Hylotrupes bajalus*

Napadá pouze odkorněné dřevo jehličnatých stromů, nejčastěji v krovech, ale lze ho nalézt i v exteriéru (Reinprecht, 2009). Jeho výskyt je naopak malý ve sklepích, kde je pro jeho přežití příliš velká vlhkost. Larvy žijí pod povrchem a vyhlodávají chodby, později se prohlodávají i hlouběji. Požírání je možné odhalit i sluchem. Oválné výletové otvory tesaříka jsou široké až 10 mm (Baier, 2004).

Samička klade přibližně 180 vajíček, dlouhých až 2 mm. Larva se vyvíjí 3-10 let při optimální teplotě 29 °C a vlhkosti 30-35 %, její délka dosahuje až délky 22 mm. Dospělí brouk je 10-20 mm velký, hnědý s dvěma nezřetelnými příčnými pruhy na krovkách, žije maximálně 1 měsíc (Baier, 2004; Holan, 2006; Reinprecht, 2008).



Obrázek 13: *Hylotrupec bajalus* – samička (Foto: Štefko, 2009)



Obrázek 14: *Hylotrupec bajalus* – larva (Foto: Štefko, 2009)

3.3.4.2. Červotoč proužkovaný – *Anobium punctatum*

Napadá téměř všechny evropské významné druhy listnatých i jehličnatých dřevin. Napadají především dřevo v interiéru, ale i konstrukce. Larvy požirají dřevo v celém průřezu, chodbičky jsou nepravidelné, zaplněné výtrusy. Výletové otvory měří 1-2 mm. Červotoč často zůstává na jednom místě a klade vajíčka na stejná místa.



Obrázek 15: *Anobium punctatum* (Foto: Kloiber, 2015)

Vajíček samička klade 20-40, jsou bílá a dlouhá 0,3 mm. Larvy se vyrobí po 2-4 týdnech. Jsou dlouhé až 6 mm, mají širokou hrud', zúžený zadeček a 3 páry noh. Po 2-8 letech se larva zakuklí blízko povrchu, aby se po 4-6 týdnech mohla snadno prokousat na povrh. Dospělí jedinci jsou dlouzí 3-5 mm, mají temně hnědou barvu a na křídlech řady teček. Optimální podmínky pro vývoj larvy je teplota 21-24 °C a vlhkost 28-30 % (Holan, 2006; Reinprecht, 2008).

3.3.4.3. Červotoč umrlčí – *Anobium pertinax*

Napadá především vlhké dřevo jehličnanů v pokročilém stadiu hnědé hniloby, ale zřídka i dřevo listnáčů (Reinprecht, 2008). *Anobium p.* slouží jako identifikátor hniloby, a proto díky ní můžeme zjistit výskyt houby hnědého tlení (Kloiber, 2015).

Ve dřevě s vlhkostí pod 19 % již není aktivní. Optimální teplota je 25-26 °C, ale v zimně potřebuje snížení teploty pod 0 °C. Nejlepší podmínky tedy nachází například v krovech. Výletové otvory měří 2-3 mm.

Oválná vajíčka, kterých samička naklade asi 30, měří 0,5 x 0,3 mm. Larvy, dlouhé 10 mm, se líhnou po 3-4 týdnech a mají na zadečku trnové výběžky. Žijí 2-3 roky. Dospělý brouk je tmavě hnědý až černý a měří 4-6 mm. Má jemně rýhované krovky a 11članková nitková tykadla (Reinprecht, 2008).

3.3.5. Vady dřeva

3.3.5.1. Suky

Jedná se o zarostlé větve, které díky odklonu od podélné osy kmene porušují strukturu průběhu letokruhů. Jedná se o vadu, která se nachází u všech dřevin. Můžeme se setkat se suký srostlými, které vznikly, když větev rostla. Takové suký se nachází především ve spodní části kmene. Pokud již větev v době vzniku soku nerostla, je suk částečně srostlý, nesrostlý nebo vypadavý. Tyto suký se naopak nachází častěji v horní části kmene. Všeobecně platí, že ve spodní částí se nachází méně suků a s výškou kmene je jich více a více. Proto je oddenková část nejkvalitnější (Hrádek, 1966).

3.3.5.2. Trhliny

Trhlina je roztržení cévních svazků ve směru vláken. Vzniká již během růstu stromu, a to z důvodu mrazu, zásahu bleskem, vnitřním pnutím či odlupováním letokruhů. Dále může vzniknout během zpracování dřeva nebo vysycháním.

Trhliny ve dřevě rozlišujeme především podle jejich umístění jako jednostranné nebo průběžné, povrchové nebo vnitřní (Hrádek, 1966).

3.3.5.3 Točivost

Točivost vzniká z důvodu závitového odklonu vláken od podélné osy kmene. Nachází se u všech druhů dřevin, nejčastěji ale u borovice, smrku a habru. Především v případě přítomnosti trhlin ve dřevě je velmi snadno rozpoznatelná.

Dřeviny s točivými kmeny se nachází nejčastěji v řídkých porostech a v místech, kde je slunečním zářením osvětlena větší část kmene například na stráních nebo okrajích porostu. V příčném průřezu kmenem se točivost zvětšuje směrem od dřeně ke kůře.

Točivost rozlišujeme podle směru odklonu vláken na levotočivou a pravotočivou. Točivost je možné změřit, konkrétně o kolik centimetrů se vlákna odchýlila na jednom metru délky kmene (Hrádek, 1966).

3.4. Ochrana dřeva

3.4.1. Konstrukční a fyzikální ochrana

Podstatou fyzikální ochrany je úprava expozičních podmínek tak, aby byly nepříznivé pro škůdce i abiotické činitele a případně je i zahubila. Spadá sem například úprava teploty a vlhkosti (Reinprecht, 2008).

Konstrukční ochrana zamezuje přístupu škůdců vhodným umístěním prvků a bariérovými úpravami. Může se tak zamezit styku dřeva s vodou i vzdušnou vlhkostí. Také je potřeba zajistit odvětrávání, aby dřevo mohlo v případě zvýšení vlhkosti vysychat. Do konstrukční ochrany patří i zvolení správného materiálu (druhu dřeva).

3.4.2. Chemická ochrana

Chemická ochrana se používá preventivně ke snížení rizika napadení dřeva škůdci v budoucnosti nebo k zastavení biodegradačních procesů a vyhubení škůdců v již napadeném dřevě (Reinprecht, 2008). Nejdříve by se ale měla co nejvíce využít konstrukční ochrana. K chemické ochraně by se mělo přistoupit jen v případě možného ohrožení dřevěných prvků (Reinprecht, 2000).

Dle účinku dělíme ochranné prostředky na fungicid (hubení hmyzu), insekticidy (likvidace hub a plísní), retardéry hoření a inhibitory povětrnostní (vlhkost, UV záření) nebo chemické koroze (Reinprecht, 2008). Při ošetřování nejen historického či povrchově

upraveného povrchu je žádoucí ochranné prostředky nejdříve vyzkoušet na vzorku, aby se odhalily možné nežádoucí účinky (změna barvy dřeva, poškození polychromie, ...). Je potřeba si také pohlídat životnost ochrany a v budoucnu ji obnovit.

3.5. Diagnostika dřevěných konstrukcí

Průzkum dřevěné konstrukce se provádí z důvodu zjištění stavu objektu. Podle výsledků tohoto průzkumu se následně vytvoří návrh sanace. Průzkum se nejdříve provádí smyslovými metodami pro zjištění zjevných poruch a vytipování prvků, na kterých se následně bude provádět průzkum přístrojovými metodami.

Na základě provedeného průzkumu je dřevo hodnoceno podle čtyřbodové stupnice určující kvalitu dřevěných prvků.

Stupeň 1 – prvky bez znatelného poškození

Dřevo bez barevných změn a stop biotického poškození. Spoje jsou zachovalé a deformace zanedbatelné. Musí být zajištěna fyzikální ochrana.

Stupeň 2 – prvky s drobným poškozením dřeva

Lokálně se mohou vyskytovat známky biotického poškození v malém rozsahu a přirozené vazby jsou v mezích normy. Spoje jsou zachovalé a deformace zanedbatelné. Riziková místa se doporučuje ošetřit proti houbám a hmyzu

Stupeň 3 – prvky s poškozením dřeva

Vyskytuje se biotické poškození, ale nepřesahuje polovinu průřezu prvku. Přirozené vady nejsou v mezích normy. Konstrukční spoje jsou rozvolněné a objevují se deformace prvku. Musí být obnovena fyzikální ochrana a provedena konstrukční sanace. Je třeba dbát také na provedení chemické sanace.

Stupeň 4 – prvky s rozsáhlým poškozením dřeva

Rozsáhlé poškození přesahující polovinu průřezu prvku. Vyskytují se plodnice hub a hmyz ve všech stádiích vývoje. Konstrukční spoje jsou rozvolněné a deformace prvku jsou značné. Musí být provedena obnova fyzikální ochrany a vyžaduje se provedení chemické sanace. Konstrukční sanace je nutná, někdy i v podobě výměny celého prvku (Kloiber, 2015).

3.5.1. Smyslové metody

Zrakovou metodou se zjišťuje přítomnost dřevokazných hub, poškození hmyzem v podobě výletových otvorů či požerků, poškození požárem, trhliny, deformace, poškození konstrukčních spojů a jiná další poškození. Lze takto také nalézt například původní tesařské značení nebo určit jaké prvky jsou původní a jaké opravované či vyměněné.

Čichovou metodou je možné zjistit přítomnost hub, požáru či zvýšené vlhkosti.

Hmatovou metodou je zjišťováno povrchové poškození a změna struktury a tvrdosti dřeva. Je takto možné odhalit hnilobu či požerky hmyzu. K metodě se využívá truhlářské šídlo nebo dláto.

Sluchovou metodou lze odhalit přítomnost larev dřevokazného hmyzu. Díky odezvě na poklep (např. kladivem) lze zjistit přítomnost hniloby či vyšší rozsah poškození hmyzem (Reinprecht, 2000).

3.5.2. Přístrojové metody

3.5.2.1. Odporový vlhkoměr

Odporový vlhkoměr měří vlhkost pomocí nepřímé metody tak, že dvě elektrody v podobě kolíků zjišťují vztah mezi elektrickým odporem a vlhkostí materiálu. Odpor se zvyšuje s poklesem vlhkosti, ale je také ovlivněn druhem dřeva, teplotou, směrem vláken i stupněm poškození, je proto žádoucí, aby se po měření provedla korekce podle druhu dřeva. Bez provedené korekce je výsledek měření jen orientační. Odporové měření vlhkosti je vhodné pro lokální odhad, a to u dřeva s vlhkostí v rozmezí 6-25 %. Aby byli naměřené hodnoty přesné, teploty se musí pohybovat mezi 5 až 60 °C (Kloiber, 2015).

3.5.2.2. Odporové vrtání – Resistograph

Principem je měření mechanického odporu materiálu při vrtání a tím získání přehledu o vnitřním poškození prvku (např. hnilobou, hmyzem). Pro vrtání se používá ostrý wolframový vrták s průměrem 1,5-3 mm a úhlovou geometrií, která soustředí odpor v ocelové špičce a eliminuje tak tření vřetene. Vrtání by mělo probíhat v radiálním směru v místech bez vad (suků a trhlín).

Výstupem měření je grafický záznam, na kterém vrcholy odpovídají vyšším odporům, a tedy i hustotě materiálu. Může být ovlivněn druhem, jakostí, hustotou nebo vlhkostí dřeva a při vyhodnocení výsledků je třeba to zvážit (Kloiber, 2015).

3.5.2.3. Šíření elastických vln

Touto metodou je možné odhalit vnitřní poškození a určit dynamický modul pružnosti. Principem je měření času průchodu impulzivní vlny generované budičem (kladívkem) na diodě, která je umístěna na jedné straně prvku a dioda na druhé straně ji snímá detektorem. Pro vyhodnocení výsledku měření touto metodou je třeba zohlednit druh dřeva, orientaci letokruhů, vlhkost, teplotu a konzervační opatření. Pokud je rychlost šíření vlny nižší o 25 % než je referenční hodnota, je velká pravděpodobnost, že dřevo obsahuje vnitřní hnilobu (Kloiber, 2015).

3.5.2.4. Endoskopie

Díky endoskopu je možné vizuální metodou, pomocí mikrokamery, zjistit rozsah poškození hnilobou či požerky u těžko přístupných míst. Využívá se především v místech zjevného vnějšího poškození prvku. Výsledkem je fotografický nebo video záznam.

Tato metoda umožňuje vizuálně pomocí mikrokamery odhalit rozsah poškození u prvků, které nejsou přístupné a nejde u nich tedy použít jiné metody. Je možné odhalit hnilobu díky změně barvy, hmyz podle požerků larev a trusu. Také lze odhadnout vývojové stadium hub, změny barvy, borcení, povrchový nebo kostkovitý rozklad a viditelné mechanické poškození.

Aby mohl být průzkum endoskopem proveden, je většinou potřeba předem vyvrtat otvor 8-12 mm, který by se měl provádět v místech s největší pravděpodobností poškození (např. místo s vysokou vlhkostí nebo viditelným vnější degradací) a nejlépe kolmo k letokruhů.

Hodnocení získaného obrazu je rozděleno do čtyř skupin:

1 – prvky bez znatelného poškození mají čitelnou kresbu a jsou beze stop napadení

2 – prvky s drobným poškozením mohou obsahovat lokální napadení

3 – prvky s poškozením mají špatně čitelnou kresbu dřeva. Poškození nepřesahuje polovinu průřezu prvku.

4 – prvky s rozsáhlým poškozením. Stěny vrtu se rozpadají a poškození přesahuje polovinu průřezu prvku (Kloiber, 2015).

3.5.3.5. Další

- Akustická tomografie
- Radiografie
- Georadar
- Zarážení trnu
- Zatláčování trnu
- Vytahování trnu
- Roztláčování čelisti ve vrtu
- Mikroskopie
- Rentgen
- IČ-spektroskopie
- Tenzometrie
- ...

3.6. Sanace dřeva

Úkolem sanace je odstranění a následné opravy poškozeného dřeva. Nejdříve se provádí diagnostika stavu konstrukce, která odhalí skutečný rozsah poškození. Poté se přistupuje k likvidaci poškozených prvků a případně sterilizaci a konzervaci. Sterilizace se může provádět podle napadení, které potřebujeme odstranit – zvýšením nebo snížením teploty, ozářením dřeva, působením ultrazvuku, toxických nebo netoxických plynů. Konzervační obnova, kdy se dřevo impregnuje, je technologicky i cenově náročná. Je vhodná ke zlepšení tvrdosti a tlakové pevnosti, ale konstrukční pevnost neobnoví. Následné opravy poškozených prvků se nejčastěji řeší zpevnováním nebo výměnou. Z technologického hlediska je výměna náročnější než zpevnování. Pokud se provádí výměna více nosných prvků, je vhodné vyměnit i nenosné prvky.

Sanace dřevěných stropů a krovů je připravována na základě předprojektových příprav a hotových projektů, u kterých je nutné podle potřeby zvážit i požadavky památkářů a zakomponovat statické posudky (Reinprecht, 2000). Dočasné opravy a běžné opravy lze provést bez projektové dokumentace. Zároveň je důležité zahájit sanaci co nejdříve, aby nedocházelo k dalšímu znehodnocování konstrukce.

3.6.1. Houby

Vyskytují se tam, kde je zvýšená vlhkost a vhodná teplota. Pokud jsou vhodné podmínky dlouhodobé, k znehodnocení dřeva dojde velmi rychle. Pokud poškození není viditelné, je k jejich odhalení potřeba prvek navrtat – poškození se pak projeví změnou odporu při vrtání nebo barvy pilin. V případě nepřístupných míst se provádí vrt s použitím endoskopu.

Při likvidaci částí napadených prvků se odstraňuje 0,5-1 m zdánlivě zdravého dřeva, protože se v něm může nacházet okem neviditelné mycelium. V případě hub, jejichž rhizomorfy prorůstají i omítkou apod. (např. *Serpula lacrymans*), je potřeba, aby byl řádně odstraněn materiál v okolí několika metrů a ošetřen fungicidním prostředkem. Napadené dřevo by se z objektu mělo vynášet v pytlích, aby se houby neroznesly ke zdravému dřevu, a co nejdříve spálit.

Nejjednodušší prevencí před dalším šířením je trvalé snížení vlhkosti a správně provedená konstrukční ochrana.

3.6.2. Hmyz

Hmyz se vyskytuje ve dřevě s vlhkostí vyšší než 10 %. Může se do dřeva dostat jak před pokácením stromu a zpracováním dřeva, tak do již zabudované konstrukce. Jejich přítomnost odhalíme pomocí přítomnosti výletových otvorů na povrchu a chodbiček uvnitř prvku.

Sterilizace se provádí sušením nebo pařením při teplotě 80-90 °C nebo insekticidními prostředky. Pokud je výskyt hmyzu velmi vysoký, využívá se fumigace (zaplynování např. kyanovodíkem, methylbromitem, ...), při kterém je potřeba objekt řádně utěsnit. Jinou, méně časově náročnou možností pro likvidaci hmyzu ve velkém rozsahu, je postřik aerosolem (např. argofosfáty).

Pokud jsou napadené prvky součástí památky, využívá se k sanaci především konzervačních prostředků. Jinak je vhodné při vysokém stupni poškození přistoupit k výměně nebo zpevnění prvku. Dalšímu napadení lze zabránit chemickou ochranou.

3.6.3. Konstrukční opravy

Opravy dřevěných prvků se provádí, pokud dojde k jejich vnitřnímu oslabení nebo při zvýšeném zatížení (Reinprecht, 2000). Měli by probíhat co nejvhodnějším způsobem

s důrazem na obnovu mechanických vlastností a estetickou stránku. Zpevnění dřevěných prvků krovů se nejčastěji provádí příložkováním nebo protézováním (Reinprecht, 2008).

Příložkování se používá k zesílení poškozených prvků a prvků, které nemají dostatečnou nosnost. K příložkování se používají vnější příložky především ze dřeva, a oceli, které se umístí z jedné nebo obou stran, a to po celé délce nebo lokálně v části poškození. Pokud tato oprava probíhá z důvodu namáhání na ohyb, doporučuje se příložky umístit ze spodní, případně horní strany prvku.

Při protézování je nahrazena nebo doplněna část prvku novou částí. Protéza tvarem odpovídá průřezu původní části prvku a měl by být shodný i použitý druh dřeva.

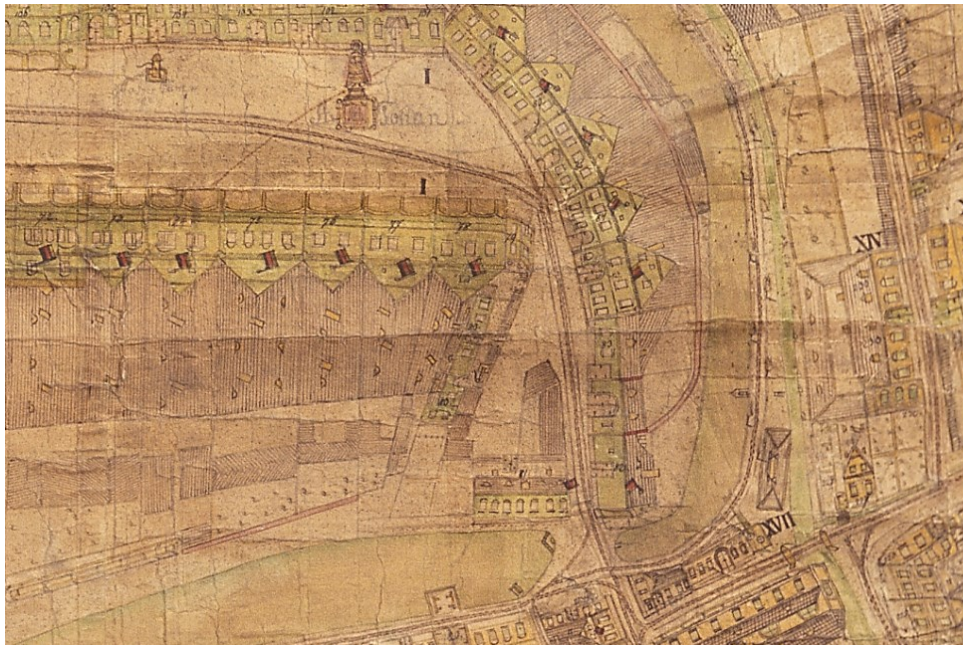
Ke spojení zbývajících částí prvku s protézou se využívá nejčastěji plátových spojů. Pro prvky namáhané na tlak je nejvhodnější plátový spoj zajištěný svorníky. Při namáhání na kroucení a vzpěr je vhodný nůžkový spoj. Pro prvky namáhané na ohyb se používá šikmí spoj a je vhodné ho ještě zajistit hmoždíky. Při průřezu 180 x 180 mm by protéza neměla být kratší než 600 mm (Reinprecht, 2000).

4. Metodika

4.1. Historie a budoucnost budovy náměstí Míru 80/3

Nejstarší písemná zmínka o budově pochází z 20. února 1874, kdy byl v pozemkové knize proveden první zápis. Díky tomuto záznamu také víme, že vlastníkem byl tenkrát Josef Fiala, který dům získal po smrti manželky Franzisky Fiala. (zdroj: Archiv ČÚZK)

Budovu je ale možné nalézt již na katastrální mapě z roku 1835 umístěnou na webu ČÚZK a také na mapě z roku 1848 (viz. obrázek č.17). Ačkoliv její vyobrazení není moc čitelné, lze si všimnout, že byla pouze jednopodlažní. To potvrzuje také fotografie rodného domu V. O. Ottendorfera z roku 1890, kde je budova 80/3 vidět v pozadí.



Obrázek 46: Mapa Svitav z roku 1848, budova se nachází uprostřed (foto: archiv Městského muzea a galerie ve Svitavách)

Přístavbu druhého patra postavili pravděpodobně manželé Schmidovi, kteří budovu vlastnili od 11.8.1889. Vzhledem k řešení stavby, mohlo být druhé patro přistavěno po postavení Ottendorferovy knihovny (viz níže), která s budovou sousedí.

Podle dohledaných dokumentů v archivu stavebního úřadu plánovali manželé Schmidovi v roce 1912 provést v části půdních prostor obytnou vestavbu s malým vikýřovým oknem, která ale pravděpodobně provedena nebyla. Díky dochované výkresové dokumentaci k tomuto projektu ale víme, že se krokevní soustava shoduje s tou současnou.

K jakým účelům budova dříve sloužila nevíme. Podle historika města Mgr. Radoslava Fikejze víme jen, že rodina Schmidova vlastnila na náměstí prodejnu se smíšeným zbožím. Prodávali také benzín a motorové oleje.

Po druhé světové válce byla budova zkonfiskována Československým státem a 5.3.1959 pak vrácena městu Svitavy. V 60. letech se zde nacházely kanceláře uhelného skladu a poté objekt sloužil pro bytové účely.



Obrázek 17: Budova náměstí Míru 80/3, vlevo Ottendorferova knihovna



Obrázek 18: Zadní část budovy, vpravo Ottendorferova knihovna

Tzv. Ottendorferova knihovna byla postavena v letech 1891-1892 svitavským rodákem a mecenášem V. O. Ottendorferem. Vznikla jako knihovna a čítárna s přednáškovým sálem a se sbírkou až 23 574 svazků knih (Fikejz, 2006) se stala největší německou veřejnou knihovnou na Moravě. Dnes se v budově nachází Muzeum Esperanta se sbírkou téměř 20 000 knih (MMG ve Svitavách, 2010), čajovna a stále funguje dochovaný přednáškový sál.

Do budoucna se plánuje zmíněné dvě budovy propojit prosklenou přístavbou. Umožní se tak bezbariérový přístup i do vyšších pater budov a především vzniknou prostory pro muzeum betlémů, které se má nacházet právě v budově náměstí Míru 80/3.

Ve velké přízemní místnosti vznikne výstavní prostor pro 15 m dlouhý mechanický betlém. Prostory v prvním podlaží budou sloužit pro interaktivní expozici a v podkroví by měla vzniknout herna. Vedle budovy vyroste také vyhlídková věž připomínající jednu ze vstupních bran do města, která se do roku 1823 nacházela právě v těchto místech.

Autorem projektu je Ing. arch. Marek Štěpán. Podle místostarosty města Svitavy Pavla Čížka by první etapa výstavby mohla začít v roce 2024 a předpokládané náklady se odhadují na 120 milionů korun.



Obrázek 19: Vizualizace projektu Muzeum Betlémů (zdroj: město Svitavy)

4.1.1. Svitavy a betlémy

První betlém se ve Svitavách objevil pravděpodobně již v roce 1612 a první zmínka o svitavských betlémech pochází z roku 1680. V 18. století se v okolí města nacházelo mnoho amatérských betlémářů a například dochovaný betlém barokního sochaře G. A. Heintze (1698-1759), pocházejícího ze Svitav, se dnes nachází ve sbírkách vídeňského muzea. Koncem 19. století se objevila druhá generace betlémářů a část z nich se začala tvořit orientální betlémy zasazené do barokní krajiny.

V roce 1923 vznikl Spolek přátel betlémů, který se scházel vždy v neděli. Předsedou spolku byl farář Karl Bilek a řezbářským učitelem Andreas Stiepak. V roce 1922 se ve Svitavách nacházelo 49 velkých a nespočet malých betlémů (Fikejz, 2014) a v roce 1945 bylo ve Svitavách napočítáno dokonce 400 jesliček, z toho asi 40 mechanických betlémů. Po tom samém roce bylo ale velká část zničena. Zbylé figurky nadále sloužily jako dekorace nebo hračky. Některé betlémy se dochovaly ve svitavském muzeu, které z nich sestavilo jeden velký betlém. Koncem 60. let se betlém ve špatném stavu dostal do sbírky pardubického muzea a zpět do Svitav se vrátil až v roce 2012.

V tom samém roce se začalo s restaurováním betlémových figurek a roce 2019 začal betlémář Kamil Andres betlém sestavovat. Betlém vysoký 2,5 m a dlouhý 15 m se 400 figurkami a 180 stavbami by měl být dokončen v roce 2022.



Obrázek 20: Část zrestaurovaného Svitavského betléma (foto: MMG ve Svitavách)

4.2. Základní průzkum

Nejdříve byl proveden smyslový průzkum stavu konstrukce. Na základě především vizuální prohlídky konstrukce byly vybrány prvky k následnému podrobnému průzkumu za použití přístrojových metod.

Zrakovou metodou byla zjišťována přítomnost trhlin, dřevokazných hub v podobě barevných změn na povrchu prvků, poškození hmyzem v podobě výletových otvorů či požerků, a jiná další poškození. Tímto způsobem bylo také možné nalézt původní tesařské značení nebo určit jaké prvky jsou původní a jaké opravované či vyměněné.

Hmatovou metodou bylo zjišťováno povrchové poškození, změna struktury a tvrdosti dřeva. Bylo takto možné odhalit hnilobu či požerky hmyzu. K metodě bylo využito truhlářské šídlo a dláto.

Pomocí sluchu byla zjišťována odezva na poklep kladivem, kterým lze odhalit sníženou hustotu dřeva zapříčiněnou působením hniloby či hmyzem.

Součástí základního průzkumu bylo také zaměření konstrukce pomocí laserového dálkoměru a svinovacího metru.

4.3. Měření vlhkosti

Měření vlhkosti proběhlo pomocí odporového vlhkoměru Elbez WHT-860, který pracuje na principu měření elektrického odporu mezi elektrodami. Vlhkoměr má dva hroty, které se zarazí do dřeva a naměřená vlhkost se ukáže na displeji. Pokud by



Obrázek 21: Měření vlhkosti

probíhalo měření na jiné dřevině než smrk, bylo by potřeba naměřené hodnoty následně přepočítat. Měření proběhlo na více místech z důvodu různé vlhkosti v závislosti na umístění prvku.

4.4. Odporové vrtání

K měření byl použit přístroj Resistograph 4453-P. Měření proběhlo na vybraných vazných trámech a krokvích, které jevíly známky poškození. Pro porovnání byly měřeny i ty prvky, které zjevně poškozené nebyly. Vrtání probíhalo celým průřezem v radiálním směru, přibližně 50 cm od okraje prvku tak, abychom se, pokud to bylo možné, vyhýbali trhlinám a sukům a konstrukčním spojům. Výstupem měření jsou grafy znázorňující odpor, které dřevo ve svém průřezu klade postupujícímu vrtáku.



Obrázek 22: Odporové vrtání Resistografem

4.5. Endoskopie

Endoskop byl použit při zjišťování stavu zazděných zhlaví vazných trámů umístěných nad schodištěm, které byly, na rozdíl od ostatních, zabudované do stěny, a tedy nedostupné pro použití jiné metody.

Nejdříve byl vrtákem o průměru 12 mm navrtán do dřeva otvor, do kterého se následně zasunula mikrokamera endoskopu, díky které bylo možné pozorovat rozsah poškození v jinak nedostupné části konstrukce.



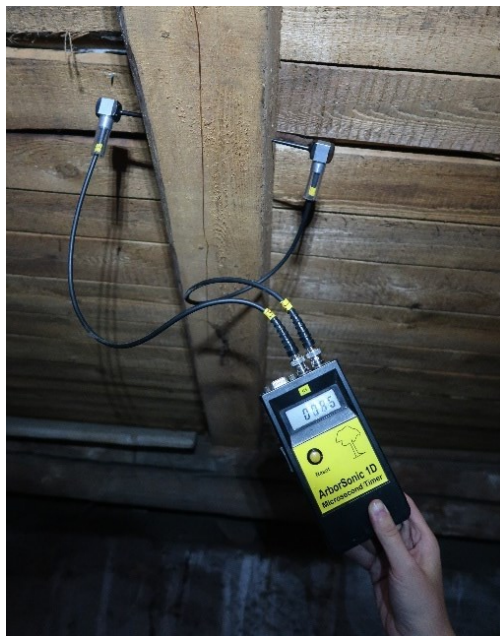
Obrázek 23: Příprava vrtu pro umístění kamery endoskopu



Obrázek 24: Průzkum endoskopem

4.6. Šíření elastických vln

Pro toto měření byli vybráni pouze prvky, u kterých již bylo provedeno měření Resistografem, abychom výsledné hodnoty měření těchto dvou přístrojů mohli následně porovnat. Měření probíhalo pomocí přístroje Fakopp ArborSonic 1D. Senzory přístroje jsme umístili co nejpřesněji proti sobě a poté úderem kladívka do jednoho ze senzorů



Obrázek 25: Přístroj ArborSonic 1D



Obrázek 26: Průběh měření šíření elastických vln

změřili čas šíření akustického vlnění mezi oběma senzory. Měření (úder kladívkem) bylo u každého prvku provedeno opakovaně a následně byla zaznamenána nejčastější nebo průměrná hodnota. Z času šíření vln jsme nakonec vypočítali rychlost šíření vln podle následujícího vztahu.

$$v = \frac{l}{t}$$

kde: v – rychlost šíření [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

l – vzdálenost mezi body, kterými vlna prochází [m]

t – čas šíření [s]

Odhad stupně poškození je vyhodnocen podle následující tabulky:

Tabulka 1: Odhad stupně poškození dřeva na základě rychlosti šíření elastických vln kolmo k vláknům při vlhkosti 12 – 16 % podle Kloiber (2015)

Průměrná rychlost kolmo na vlákna [m/s]			
Stupeň poškození	Druh dřeva		
	SM, JD	BO	DB
1	1260 <	1160 <	1640 <
2	920 - 1260	840 - 1160	1180 - 1640
3	750 - 920	680 - 840	850 - 1180
4	< 750	< 680	<850

5. Výsledky:

5.1. Popis konstrukce krovu

Konstrukce krovu, pocházející pravděpodobně z přelomu 19. a 20. století, je řešena vaznicovou soustavou ze smrkového a jedlového dřeva. Celková šířka konstrukce je 7 m a délka 19,6 m na západní straně a 19,3 m na východní straně, protože půdorys budovy netvoří pravidelná obdélník (viz obrázek č. 34). Sklon střechy je pod úhlem 25°.

Střešní prostor můžeme rozčlenit na tři části. První částí je prostor mezi vazbami číslo 13-16, kde se nachází vstup na západní straně a ohraničená zamykatelná kóje na východní straně. Kóje kopíruje plán výstavby podkrovní místnosti, o které se zmiňují výše, v kapitole 4.1. Před příčnou vazbou číslo 13 se nachází 3 schody, které vedou dále do zbytku střešních prostor. V místě vazby číslo 7 je pak oddělena dřevěnou příčkou zadní část střešních prostor. Prostor je osvětlen šesti střešními okny a čtyřmi okny umístěnými na průčelí. Podlaha je pokryta pálenými cihlami.

Krov je tvořen šestnácti příčnými vazbami s podélným vázáním, přičemž šest příčných vazeb je plných. Plnou vazbu tvoří vazný trám, krokve, vzpěry, sloupky a rozpěry. Neúplná (mezilehlé) příčné vazby je tvořeny pouze krokve. Podélné vázání je tvořeno vaznicemi a pásky.

Většina konstrukčních spojů je řešena na čep a dlab. Tahové síly ve spoji rozpěry a krokve zajišťují navíc kramle. Spojení krokví v hřebeni je řešeno pomocí spoje na čep a rozpor a zajištěno kolmo průběžným dřevěným kolíkem průměru 2 cm. Napojení nově vkládaných částí krokví je řešeno pomocí přeplátování. Krokve jsou na vaznice osedlány.

Střešní konstrukce je s budovou spojena uložením vazných trámů v obvodovém zdivu. Napojení konstrukce krovu na korunu zdiva je pomocí námětků lípnutých na krokve z vrchní strany. Původní prvky jsou opracovány tradičními nástroji a pomocí tesařského značení je na nich římskými číslicemi zobrazeno číslo vazby. Tesařské značení složilo pro značení jednotlivých prvků při výrobě konstrukce krovu. V případě použití prvku na západní straně krovu je zobrazena navíc šikmá čárka. Nové prvky jsou opracovány strojně a tesařské značky na nich nenajdeme.



Obrázek 27: Pohled na severní stranu konstrukce



Obrázek 28: Pohled na jižní stranu konstrukce



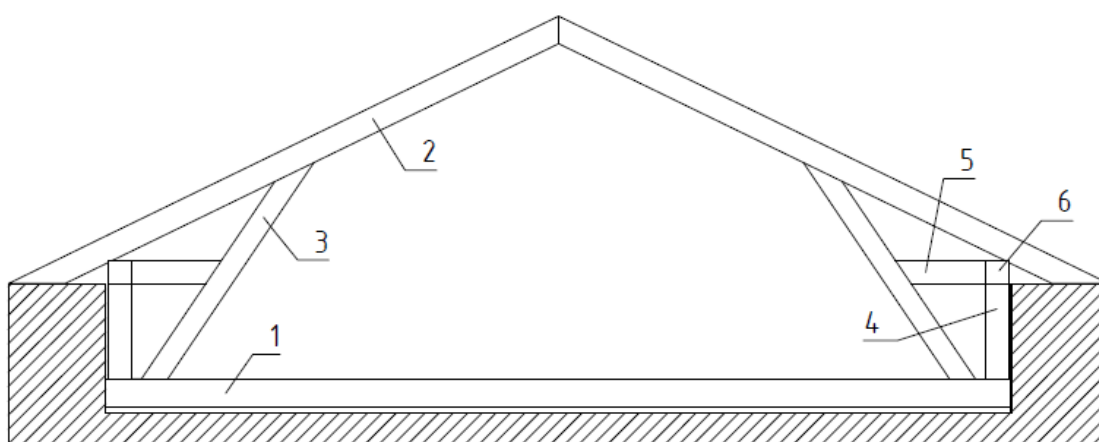
Obrázek 29: Kotvení konstrukce pomocí ocelové skoby do zdiva

Obrázek 30: Tesařské značení

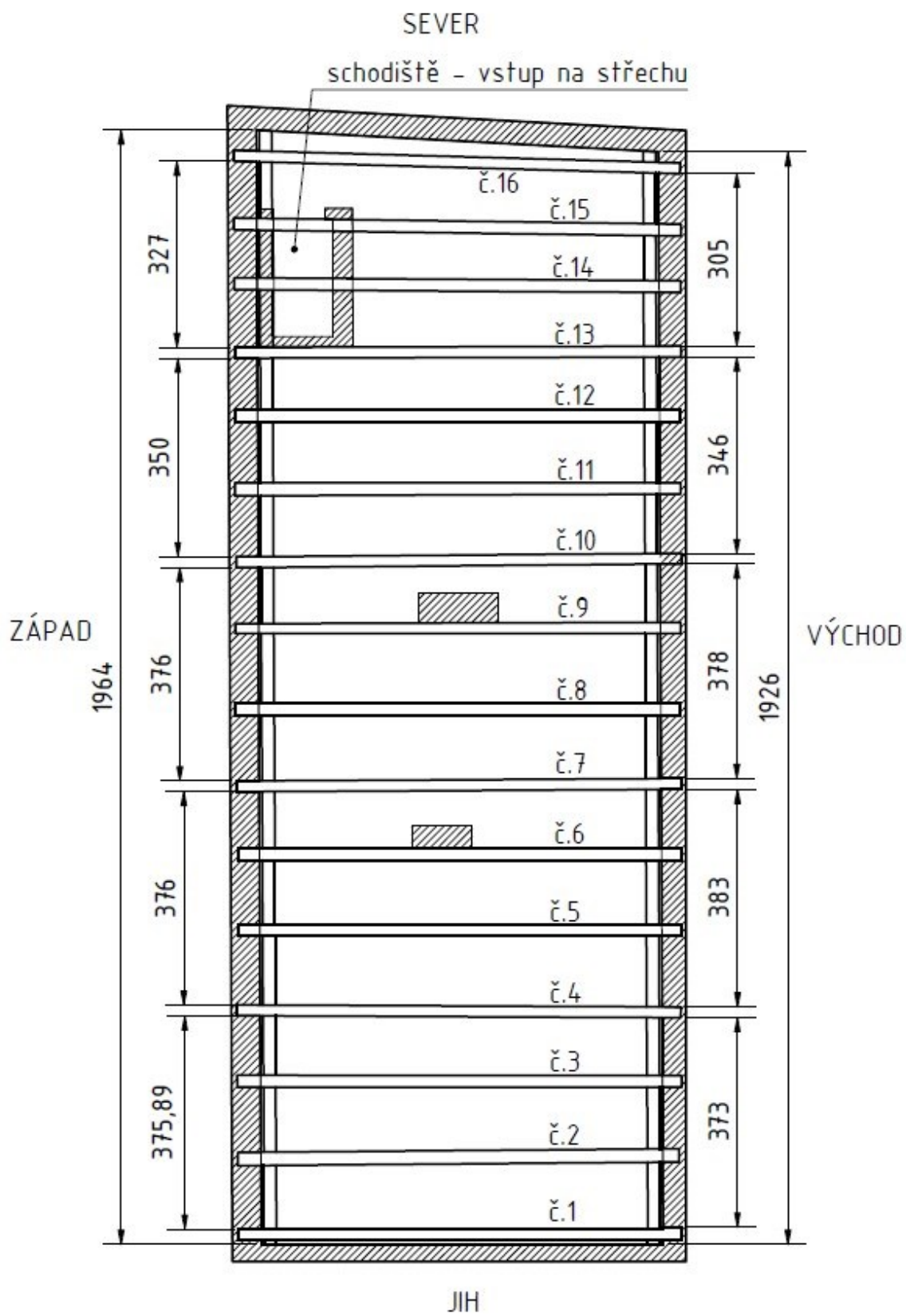


Obrázek 31: Původní krokve spojené na čep a rozpor

Obrázek 32: Nové krokve spojené přeplátováním



Obrázek 33: Plná vazba (1 - vazný trám; 2 - krokve; 3 - vzpěra; 4 - sloupek; 5 - rozpěra; 6 - vaznice)



Obrázek 34: Půdorys střešní konstrukce a číslování vazeb

5.2. Výsledky zhodnocení stavu vazeb

Příčná vazba č.1

Tabulka 2: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.1

prvek	rozměr ŠxH (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop	
				číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)		
východ	VT	17x20	-	1-2	3940	196,56	-	-	-
	VZ	17x14	Č	1-2	-	-	-	-	-
	KR	13x16	-	1	-	-	-	-	-
	SL	15x18	-	1	-	-	-	-	-
	RO	14x18	-	1	-	-	-	-	-
západ	VT	19x20	-	2-3	3941	204,58	-	-	-
	VZ	17x15	Č+T	1-2	-	-	-	-	-
	KR	13x15	-	1	-	-	-	-	-
	SL	14x18	Č	1-2	-	-	-	-	-
	RO	18x16	-	1	-	-	-	-	-

Poznámky:

- západní krokev je podle kůry z jedlového dřeva
- vazný trám má výraznou levou točivost 10 cm/m

Návrh sanace:

- podložení vazného trámu na západní straně. Ačkoliv má prvek výraznou točivost, není jeho výměna díky vysoké hustotě dřeva nutná.



Obrázek 55: Západní část vazby; podložení točivého vazného trámu

Příčná vazba č.2

Tabulka 3: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.2

prvek		rozměr ŠxH (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop
					číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)	
V	KR	13x15	Č+T	1-2	3968	162,15	76	1710	-
Z	KR	13x14	-	1	-	-	-	-	-

Příčná vazba č.3

Tabulka 4: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.3

prvek		rozměr ŠxH (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop
					číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)	
V	KR	11x14	Č	1-2	-	-	-	-	-
Z	KR	13x14	Č+T	1-2	-	-	-	-	-

Příčná vazba č.4

Tabulka 5: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.4

prvek		rozměr š x h (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop
					číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)	
východ	VT	16x17	H	2	3942	190,72	-	-	-
	VZ	19x15	Č+T	1-2	-	-	-	-	-
	KR	13x14	T+H	2	-	-	-	-	-
	SL	15x18	-	1	-	-	-	-	-
	RO	17x16	-	1	-	-	-	-	-
západ	VT	16x21	-	1	3943	164,91	-	-	-
	VZ	17x16	-	1	-	-	-	-	-
	KR	12x13	T+H	2-3	3955	210,40	94	1277	-
	SL	15x18	-	1	-	-	-	-	-
	RO	17x15	-	1	-	-	-	-	-

Poznámky:

- na bednění a západní krokvi objeveno mycelium trávovky
- kramle u rozpěry na východní straně je v trhlině a tedy nefunkční
- hniloba u krokvi způsobená zatíkaním ze střechy

Návrh sanace:

- výměna východní krokve v případě, že by měla být provedena půdní vestavba
- umístění nové kramle z druhé strany východní rozpěry
- výměna západní krokve



Obrázek 36: Východní část vazby; nefunkční kramle v trhlině



Obrázek 37: Západní část vazby; mycelium trámovky na krokvi



Obrázek 38: Zatékání do konstrukce

Příčná vazba č.5

Tabulka 6: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.5

prvek		rozměr ŠxH (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop
					číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)	
V	KR	12x14	T	2-3	3956	182,66	-	-	-
Z	KR	13x15	-	1	-	-	-	-	-

Návrh sanace:

- protéza 1 m



Obrázek 39: Poškození východní krokve požerky tesařika

Příčná vazba č.6

Tabulka 7: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.6

prvek		rozměr ŠxH (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop
					číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)	
V	KR	14x15	T+H	2	3958	252,06	-	-	-
Z	KR	13x14	H	2	3957	174,86	-	-	-

Poznámky:

- vazba probíhá komínem

Návrh sanace:

- výměna západního krokve v případě, že by byla provedena půdní vestavba



Obrázek 40: Západní část vazby procházející komínem

Příčná vazba č.7

Tabulka 8: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.7

prvek	rozměr š x h (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop	
				číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)		
východ	VT	18x21	-	1	3945	123,79	-	-	-
	VZ	19x15	-	1	-	-	-	-	-
	KR	13x14	H	2	-	-	-	-	-
	SL	15x18	-	1	-	-	-	-	-
	RO	15x14	-	1	-	-	-	-	-
západ	VT	20x21	-	1	3946	157,91	-	-	-
	VZ	16x15	T	1-2	-	-	-	-	-
	KR	16x14	H	2	-	-	-	-	-
	SL	14x17	-	1	-	-	-	-	-
	RO	17x15	-	1-2	-	-	-	-	-

Návrh sanace:

- na západní straně kramle v trhlíně, je potřeba dát novou z druhé strany

Příčná vazba č.8

Tabulka 9: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.8

prvek	rozměr ŠxH (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop	
				číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)		
V	KR	13x16	T	2	-	-	-	-	-
Z	KR	13x15	-	1	3967	144,19	79	1646	-

Příčná vazba č.9

Tabulka 10: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.9

prvek	rozměr ŠxH (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop	
				číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)		
V	KR	12x14	T+H	2-3	-	-	-	-	-
Z	KR	14x14	T+H	2-3	3960	171,51	-	-	-

Poznámky:

- vazba se dotýká stěny komínu
- příložka u horní části východní krokve

Návrh sanace:

- výměna obou krokví v případě, že by byla provedena půdní vestavba



Obrázek 41: Dotyk vazby s komínem a příložka

Příčná vazba č.10

Tabulka 11: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.10

prvek	rozměr š x h (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop	
				číslo	RM	čas (μ s)	rychlost (m/s)		
východ	VT	16x20	-	1	3947	235,82	-	-	-
	VZ	19x15	-	1	-	-	-	-	-
	KR	14x14	H	2	-	-	-	-	-
	SL	17x18	-	1	-	-	-	-	-
	RO	19x15	-	1	-	-	-	-	-
západ	VT	16x15	-	1	3949	166,03	-	-	2
	VZ	19x15	-	1	-	-	-	-	-
	KR	13x16	H	2	-	-	-	-	-
	SL	16x19	T	1-2	-	-	-	-	-
	RO	17x15	-	1	-	-	-	-	-

Příčná vazba č.11

Tabulka 12: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.11

prvek		rozměr ŠxH (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop
					číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)	
V	VT	13x16	-	1	-	-	-	-	-
Z	VT	13x16	-	1	3963	152,65	84	1548	-

Poznámky:

- oba prvky jsou nové

Příčná vazba č.12

Tabulka 13: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.12

prvek		rozměr ŠxH (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop
					číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)	
V	VT	13x15	T+H	1	-	-	-	-	-
Z	VT	14x15	H	2	3966	149,47	85	1529	-

Příčná vazba č.13

Tabulka 14: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.13

prvek		rozměr š x h (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop
					číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)	
východ	VT	18x19	T	2	3952	173,70	90	2000	-
	VZ	19x14	T	1-2	-	-	-	-	-
	KR	14x16	-	1	3962	152,98	-	-	-
	SL	16x18	-	1	-	-	-	-	-
	RO	18x16	T	1-2	-	-	-	-	-
západ	VT	18x21	T	2-3	3950	150,04	-	-	1
	VZ	19x14	T	2	-	-	-	-	-
	KR	14x16	-	1	-	-	-	-	-
	SL	16x18	-	1	-	-	-	-	-
	RO	18x15	-	1	-	-	-	-	-

Poznámky:

- obě krokve jsou nové
- vazný trám se v západní části dotýká podlahy v místě, kde je vyvýšená z důvodu schodiště pod ní. V tom samém místě je 1 cm od konstrukce stěna (viz obrázek č. 42)



Obrázek 42: Západní část vazby č.13

Příčná vazba č.14

Tabulka 15: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.14

prvek		rozměr ŠxH (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop
					číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)	
V	VT	14x16	-	1	-	-	-	-	-
Z	VT	14x16	-	1	5964	150,74	79	1772	-

Poznámky:

- oba prvky jsou nové

Příčná vazba č.15

Tabulka 16: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.15

prvek		rozměr ŠxH (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop
					číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)	
V	VT	14x16	-	1	-	-	-	-	-
Z	VT	14x16	T+H	2	-	-	-	-	-

Poznámky:

- východní prvek je nový



Obrázek 43: Vyměněný prvek krokve ve vazbě

Příčná vazba č.16

Tabulka 17: Vyhodnocení stavu příčné vazby č.16

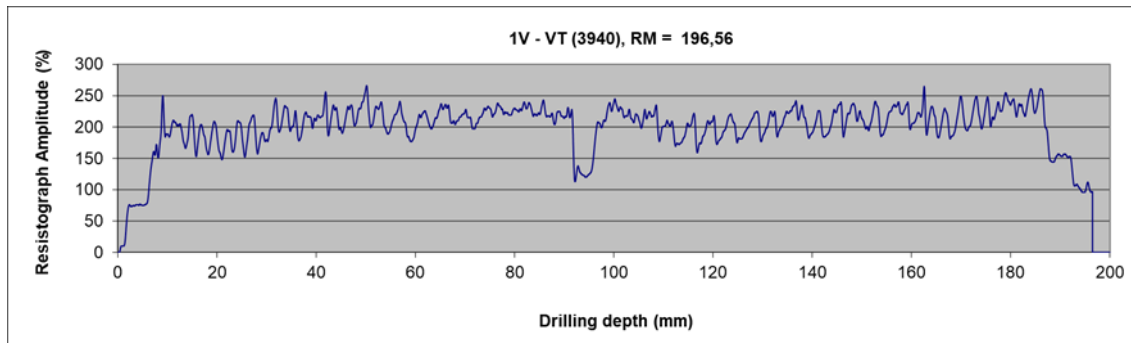
prvek	rozměr š x h (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop	
				číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)		
východ	VT	15x19	T+H	2	3953	208,36	90	-	-
	VZ	17x14	T	1-2	-	-	-	-	-
	KR	15x13	T+Č	1-2	-	-	-	-	-
	SL	15x18	T	1-2	-	-	-	-	-
	RO	17x17	-	1	-	-	-	-	-
západ	VT	15x19	T	1-2	3954	189,58	-	-	-
	VZ	18x14	T	2	-	-	-	-	1
	KR	13x18	T+Č	1	-	-	-	-	-
	SL	16x20	T	1	-	-	-	-	-
	RO	17x15	-	1	-	-	-	-	-

Podélné vazby

Tabulka 18: Vyhodnocení stavu podélných vazeb

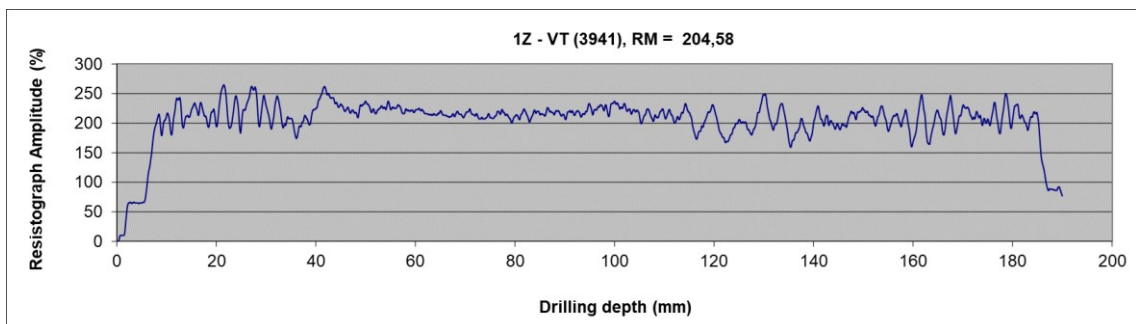
prvek		rozměr š x h (cm)	druh poškoz.	třída poškoz.	Resistograf		Fakopp		endo- skop
					číslo	RM	čas (μs)	rychlost (m/s)	
1-4V	VA	14x18	-	1	-	-	-	-	-
	PA 1-2	15x13	T	1-2	-	-	-	-	-
1-4Z	VA	16x17	T	1-2	-	-	-	-	-
	PA 1-2	13x12	Č+T	1-2	-	-	-	-	-
4-7V	VA	16X18	-	1	-	-	-	-	-
4-7Z	VA	15X18	Č+T	1-2	-	-	-	-	-
7-10V	VA	16X18	-	1	-	-	-	-	-
7-10Z	VA	15X19	-	1	-	-	-	-	-
10-13V	VA	14X18	Č	1-2	-	-	-	-	-
10-13Z	VA	15X19	-	1	-	-	-	-	-
13-16V	VA	14X18	Č+T	1-2	-	-	-	-	-
	PA 16-15	16X12	-	1	-	-	-	-	-
13-16Z	VA	15X20	H	1-2	-	-	-	-	-
	PA 16-15	15X12	-	1	-	-	-	-	-

5.3. Resistograph



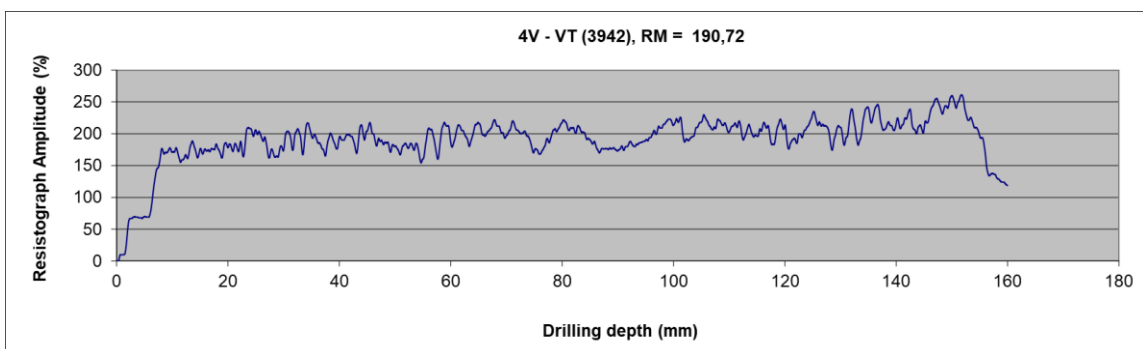
Graf 3: č. 4940 - vazba č.1 – východ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

Dřevo má vysokou hustotu RM přes 200, pokles odporu zhruba v polovině vrtu je zapříčiněn výskytem trhliny.

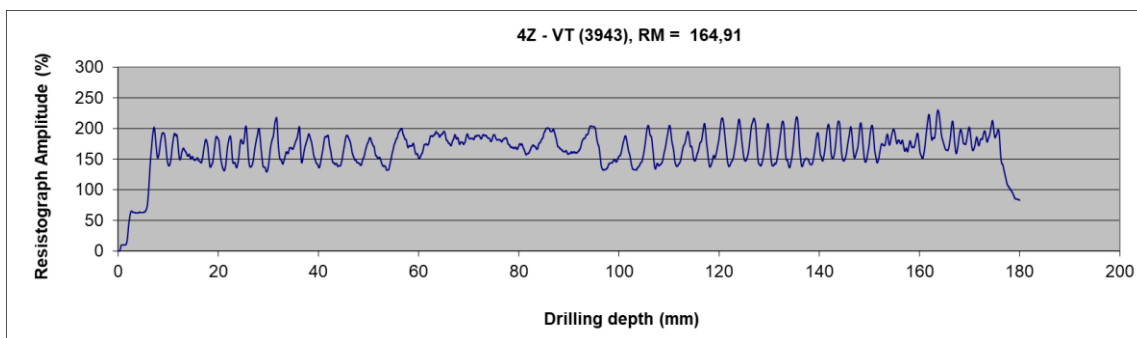


Graf 4: č. 4941 - vazba č.1 – západ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

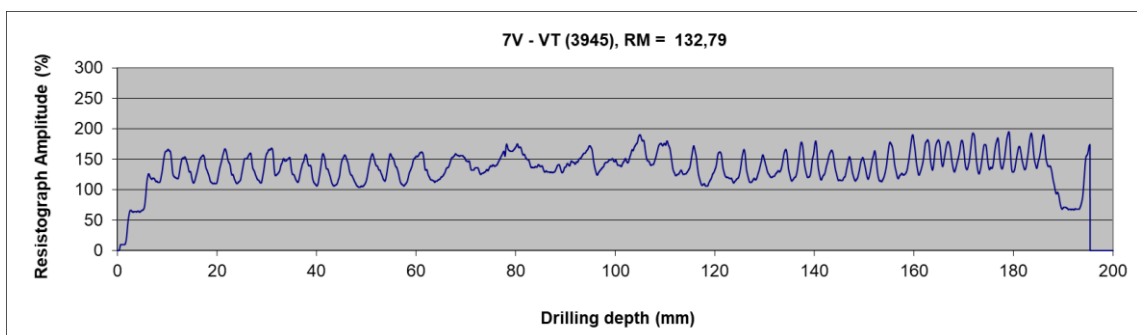
Prvek má vysokou hustotu. Menší rozsah amplitudy v hloubce prvku mezi 40 a 120 mm je z působení vrtáním v tangenciálním směru.



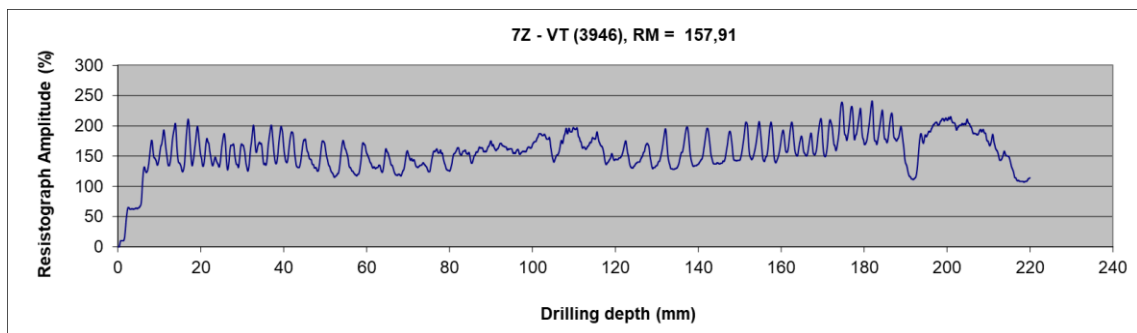
Graf 3: č. 4942 - vazba č.4 – východ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva



Graf 4: č. 4943 - vazba č.4 – západ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

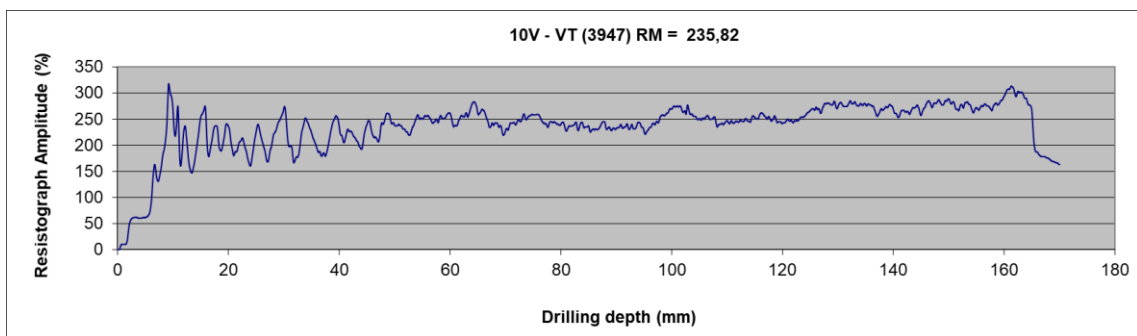


Graf 5: č. 4945 - vazba č.7 – východ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

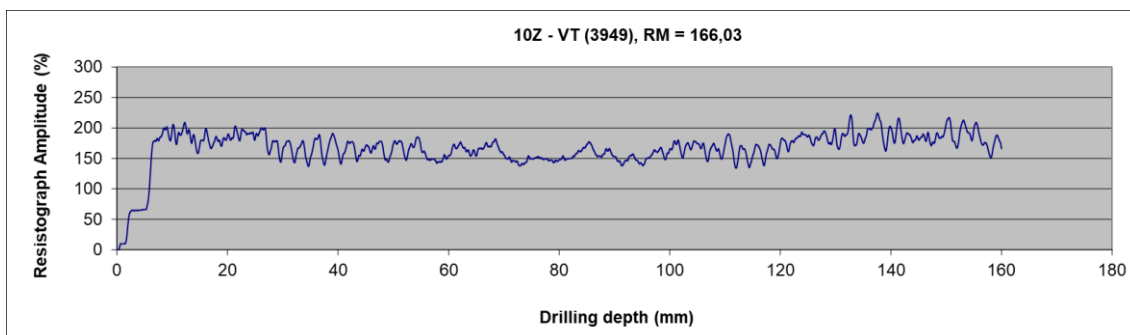


Graf 6: č. 4946 - vazba č.7 – západ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

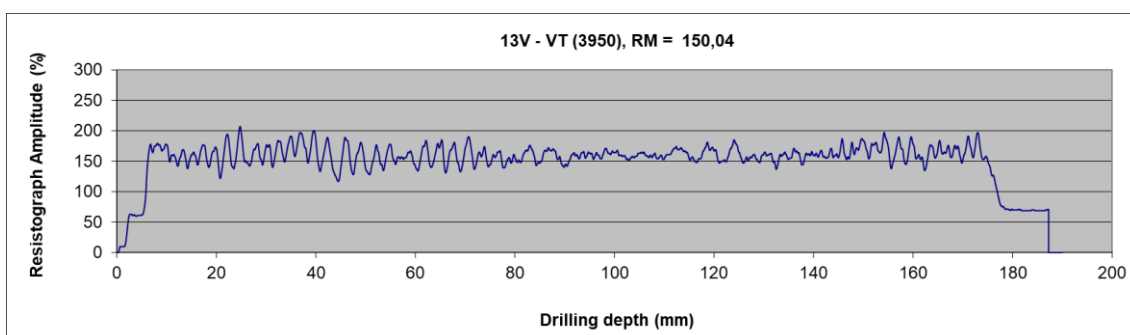
Pokles odporu ve 190 mm je způsoben výskytem výsušné trhliny.



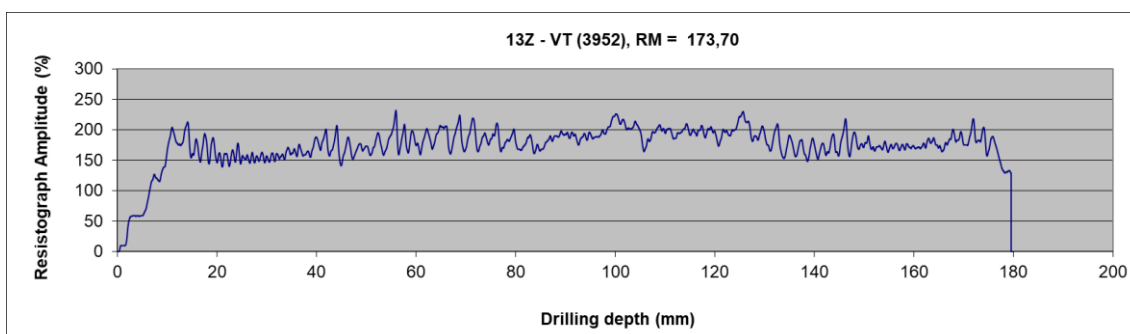
Graf 7: č. 3947 - vazba č.10 – východ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva



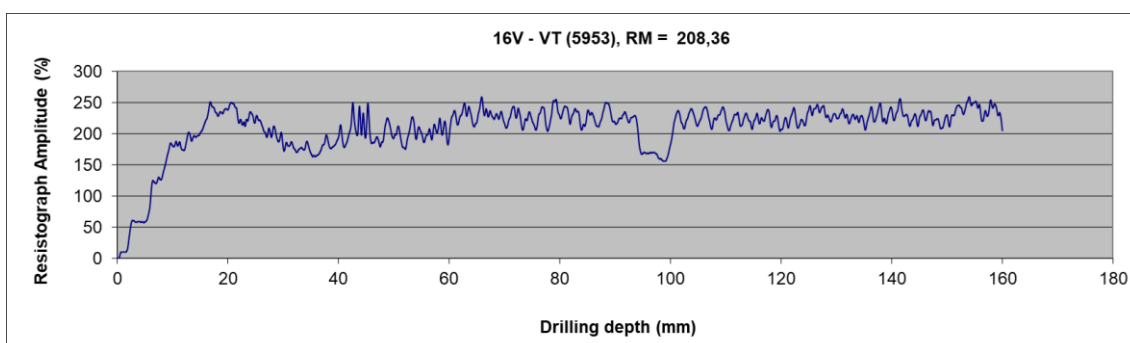
Graf 8: č. 3949 - vazba č.10 – západ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva



Graf 9: č. 4950 - vazba č.13 – východ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

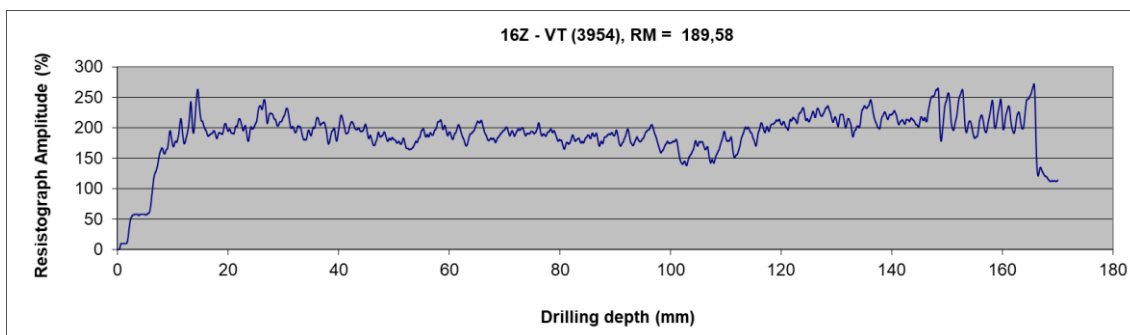


Graf 10: č. 4952 - vazba č.13 – západ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

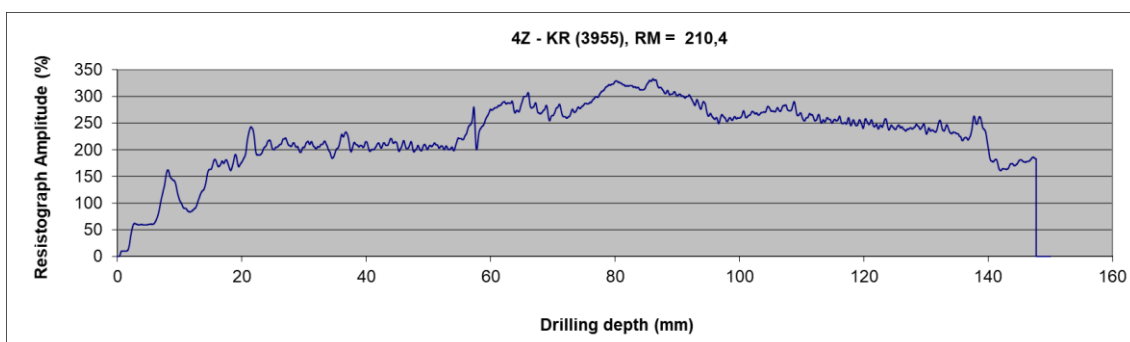


Graf 11: č. 4953 - vazba č.16 – východ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva

Ve vzdálenosti 100 mm se vyskytuje výsušná trhlina.

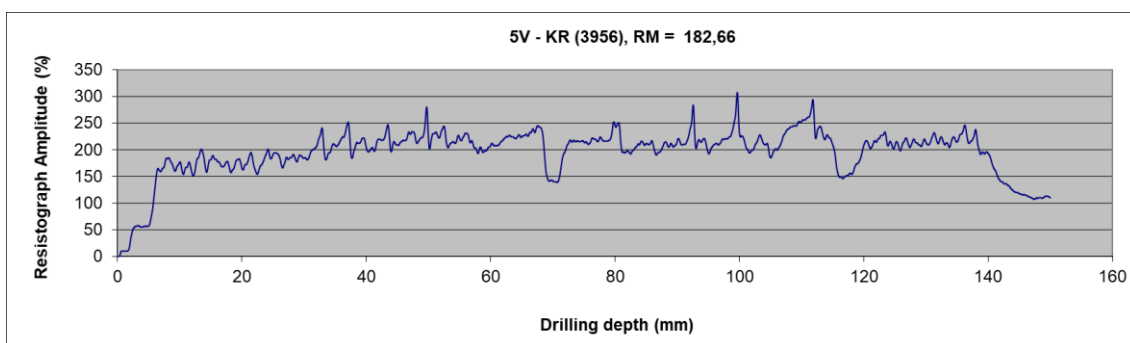


Graf 12: č. 4954 - vazba č.16 – západ; vazný trám; měřeno 50 cm od zdiva



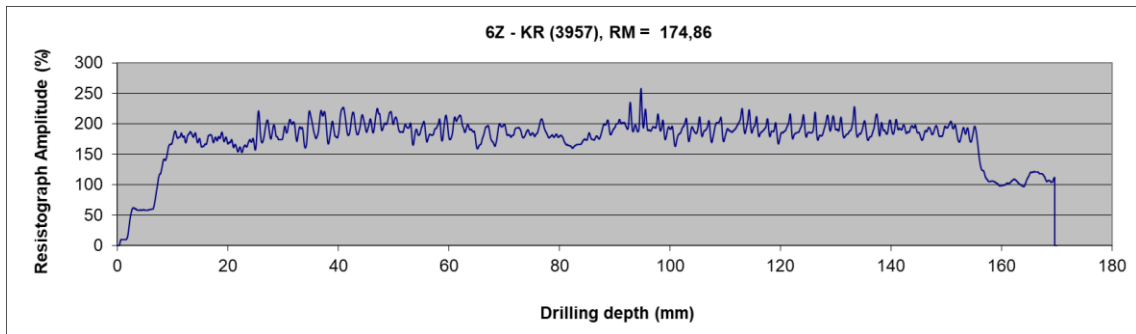
Graf 13: č. 3955 - vazba č.4 – západ; krokev; měřeno 20 cm od horního konce prvku

Minimální rozdíly mezi odporem jarních a letních letokruhů poukazuje na malé rozdíly mezi jarní a letní částí letokruhu, navíc RM přesahující 200 naznačuje vysokou hustotu dřeva, vizuálně identifikované poškození je do hloubky 20 mm



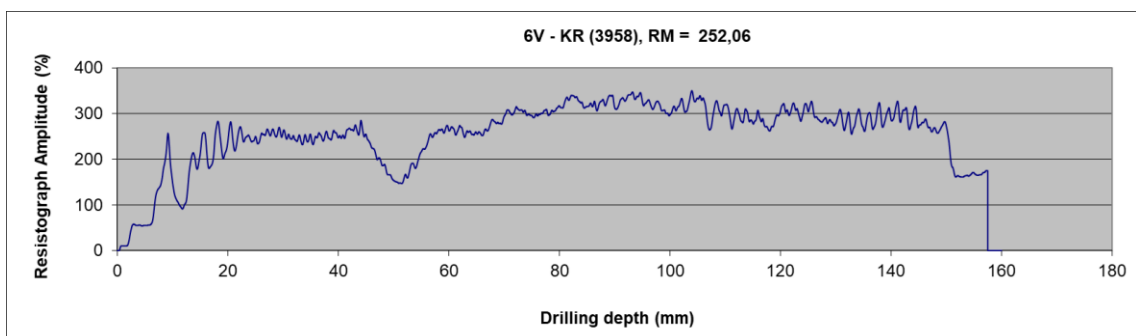
Graf 14: č. 3956 - vazba č.5 – východ; krokev; měřeno 20 cm od horního konce prvku

Ve vzdálenosti 70 mm se vyskytuje výsušná trhlina. Nepravidelné změny odporu poukazují na výskyt požerků tesaříka v celém průřezu.



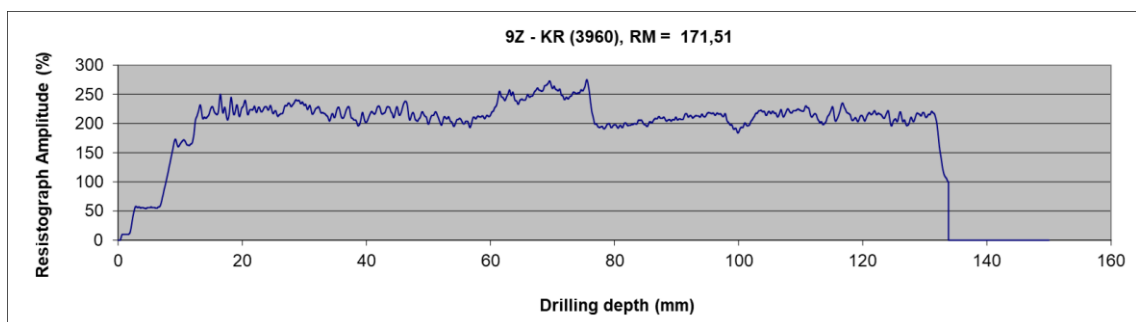
Graf 15: č. 3957 - vazba č.6 – západ; krokev; měřeno 20 cm od stěny komínu

Ačkoliv byl předpoklad výskytu hniloby, vrtání ji nepotvrdilo.

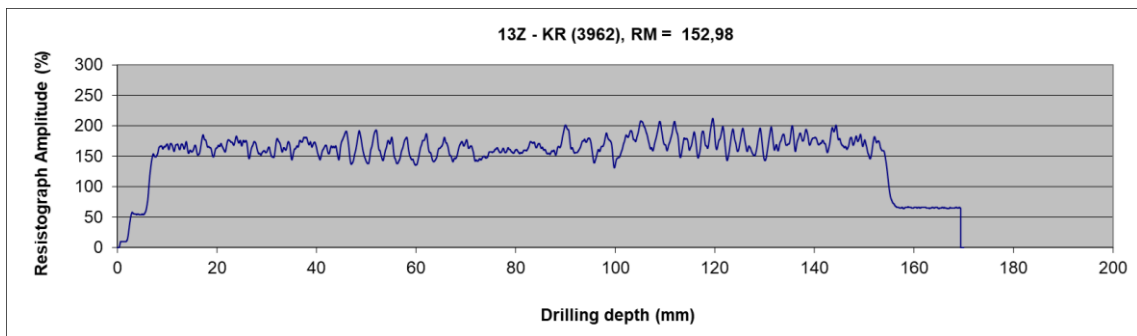


Graf 16: č. 3958 - vazba č.6 – východ; krokev; měřeno 20 cm od stěny komínu

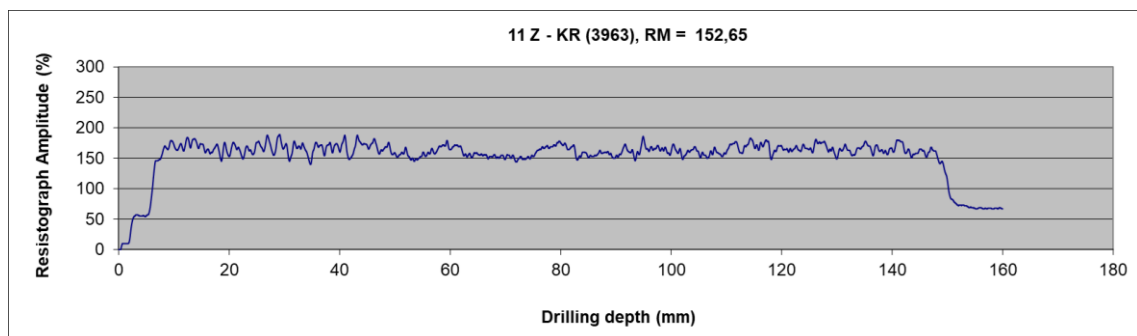
Snížení odporu mezi 40 a 60 mm je způsobeno sníženým působením tlaku na vrták z důvodu náročné manipulace s Resistografem při vrtání.



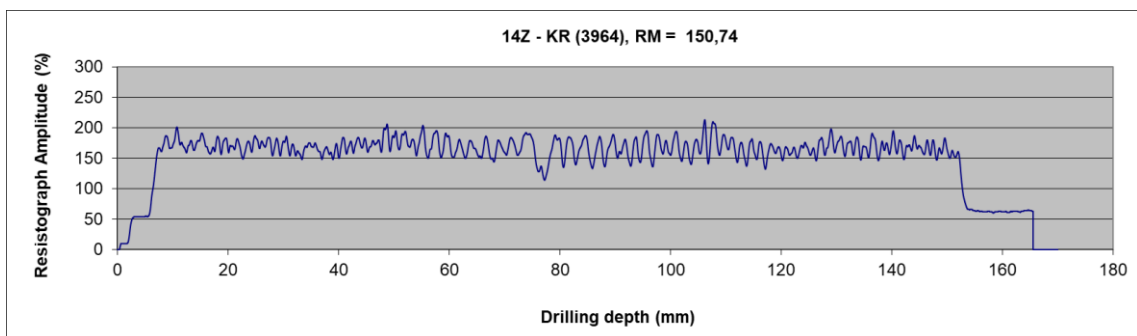
Graf 17: č. 3960 - vazba č.9 – západ; krokev; měřeno 20 cm od stěny komínu



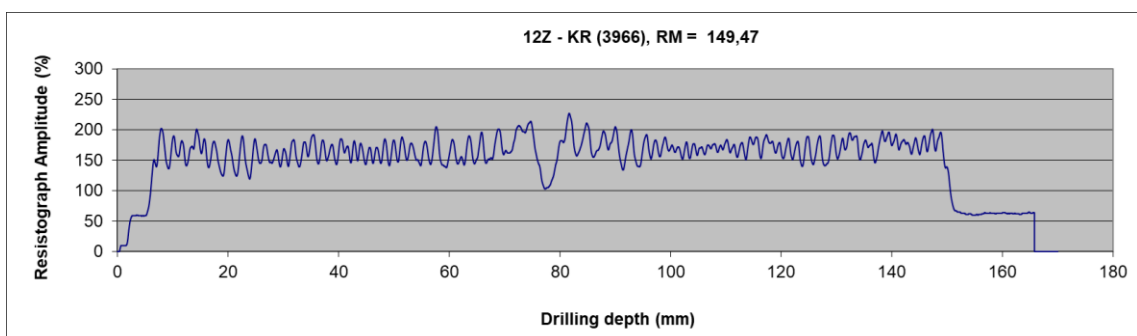
Graf 18: č. 3962 - vazba č.13 – západ; krokev; měřeno 20 cm nad kramlí (nový prvek)



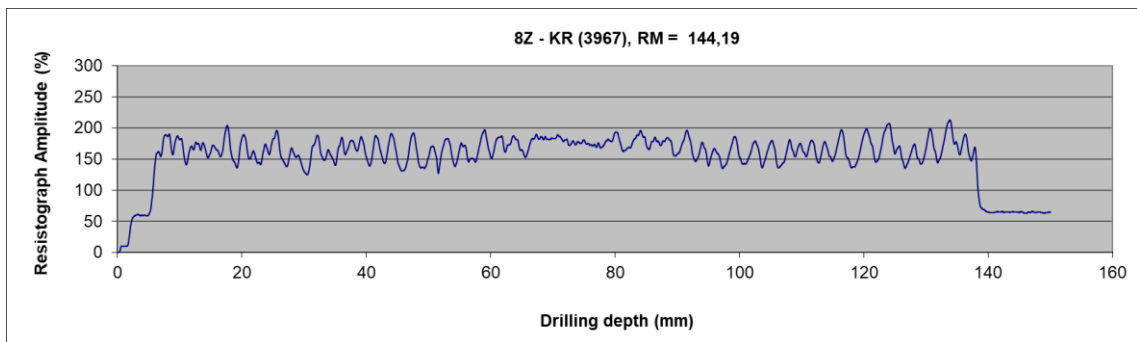
Graf 19: č. 3963 - vazba č.11 – západ; krokev; měřeno 20 cm nad kramlí (nový prvek)



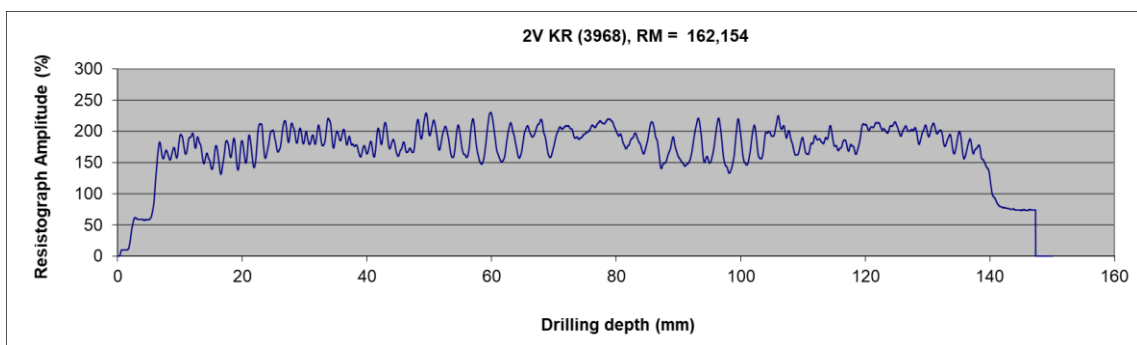
Graf 20: č. 3964 - vazba č.14 – západ; krokev; měřeno 20 cm nad kramlí (nový prvek)



Graf 21: č. 3966 - vazba č.12 – západ; krokev; měřeno 20 cm od horního konce prvku



Graf 22: č. 3967 - vazba č.8 – západ; krokev; měřeno 20 cm od horního konce prvku



Graf 23: č. 3968 - vazba č.2 – východ; krokev; měřeno 20 cm na kramlí

5.4. Endoskopie

Příčná vazba č.10 – západ, vazný trám

U snímku vrtu prvkem je viditelné poškození struktury dřeva. Jedná se ale pouze o mírné poškození způsobené požerky hmyzem a není z tohoto důvodu nutné prvkem vyměňovat.



Obrázek 44: Snímek pořízený endoskopem – vazný trám, vazba č.10



Obrázek 45: Snímek pořízený endoskopem – čelo, vazný trám, vazba č.10

Příčná vazba č.13 – západ, vazný trám

Vrt je čistý, takže se jedná prvek v průřezu uvnitř bez poškození, bez napadení škůdci, kteří byli odhaleni na povrchu. Ani mezi prvkem a zdí nebyli odhaleny žádné známky poškození.



Obrázek 46: Snímek pořízený endoskopem – vazný trám, vazba č.13



Obrázek 47: Snímek pořízený endoskopem – čelo, vazný trám, vazba č.13

Příčná vazba č.16 – západ, vazný trám

Vrt je čistý, takže se jedná prvek v průřezu uvnitř bez poškození a není napaden škůdci, kteří byli odhaleni na povrchu. Jak je vidět na obrázku č. 16, ani mezi prvkem a zdí nebyli odhaleny žádné známky poškození.



Obrázek 48: Snímek pořízený endoskopem – vazný trám, vazba č.16



Obrázek 49: Snímek pořízený endoskopem – čelo, vazný trám, vazba č.16

5.5. Šíření elastických vln

Tabulka 19: Hodnoty měření šíření elastických vln

vazba	prvek	rozměr š x h (cm)	druh poškození	třída poškození	Resistograf		Fakopp	
					číslo	RM	čas (μ s)	rychlos t (m/s)
2V	KR	13x15	Č+T	1-2	3968	162,15	76	1710
4Z	KR	12x13	T+H	2-3	3955	210,40	94	1277
8Z	KR	13x15	-	1	3967	144,19	79	1646
11Z	KR	13x16	-	1	3963	152,65	84	1548
12Z	KR	13x15	T+H	2	3966	149,47	85	1529
13Z	VT	18x19	T	2	3952	173,70	90	2000
14Z	KR	14x16	-	1	5964	150,74	79	1772

Naměřené hodnoty vykazují velmi dobré vlastnosti dřevěných prvků a všechny odpovídají 1. stupni poškození. Pouze západní krokve vazby č. 4 se blíží hodnotám druhého stupně. Jedná se o prvek, u kterého bylo mycelium Trámovky.

Nejlepší naměřené hodnoty vykazuje západní část vazného trámu vazby č. 13. Ačkoliv je prvek viditelně zasažen Tesaříkem, v průřezu je prvek nepoškozen a dřevo má vysokou hustotu.

V tabulce je také možné si všimnout, že hodnoty získané měřením Resistografem nejsou přímo úměrné hodnotám rychlosti šíření elastických vln.

6. Diskuze

Pro průzkum bylo využito nejdříve smyslových metod, především vizuálního průzkumu. Tyto metody posloužili pro identifikaci výletových otvorů, viditelných vad dřeva a dalších poškození. Také byla zjištěno, jak je řešena konstrukce krovu. Všechny tyto poznatky byly velmi důležité pro rozhodnutí, jaké přístrojové metody bude nejlepší využít a také kde.

Hlavním používaným přístrojem se stal Resistograph, a to pro jednoduchost zacházení a rychlost vyhodnocování výsledků přímo na místě. Díky grafickým výstupům z tohoto přístroje jsme zjistili, že zkoumané prvky jsou v průřezu ve většině případů ve velmi dobrém stavu. Největší poškození vykazuje západní krokev vazby č. 5 (měření č. 3956), která je tesaříkem napadená v celém průřezu. Nejzajímavější hodnotu vykazuje východní krokev vazby č. 4 (měření č. 3955). Ačkoliv bylo u tohoto prvku smyslovými metodami odhalena přítomnost požerků tesaříka, mycelium trámovky a hniloba, výstup z měření ukazuje jednu z nejvyšších hodnot RM ze všech měřených prvků. Nejčastější vyskytující se vadou jsou trhliny, kterým se nepodařilo během měření vyhnout. Měření probíhalo pouze na vybraných prvcích a je tak možné, že při měření všech prvků by bylo odhaleno jiné skryté poškození. Vzhledem k výsledkům zkoumaných prvků, které byli ve většině případů bez poškození, je to však málo pravděpodobné.

Další přístrojovou metodou bylo měřeno šíření elastických vln. Pro toto měření bylo vybráno 7 prvků, u kterých již bylo provedeno měření Resistographem, a proto můžeme výsledky měření těchto dvou metod porovnat. Ačkoliv se na první pohled výsledky těchto měření výrazně liší, při vyřazení nových dřevěných prvků (vazby č. 11 a 14) a vazby č. 4 najdeme mezi hodnotami přímou úměrnost. U vazby č. 12 je v tomto případě hodnota šíření vln nižší z důvodu výskytu výsušné trhliny, která rychlost šíření vln zpomaluje, což odpovídá výsledkům uvedeným v Bucur (1995). U vazby č. 4 je hodnota RM nejvyšší a rychlost šíření vln nejnižší. Odlišný výsledek dvou měření u tohoto prvku poukazuje na povrchové poškození prvku a vysokou hustotu dřeva, která se na hodnotě RM z Resistographu nijak neprojevila, a naopak při měření rychlostí šíření vln došlo pravděpodobně ke ztrátě kontaktu zářezací sondy v poškozené vrstvě na povrchu prvku. Jak je uvedeno v Kloiber (2015), změna rychlosti šíření vln může být způsobena z důvodu rozkladu dřeva na chemické úrovni a vzniku mikrotrhlin, kterým se vlny procházející dřevem vyhýbají. U nových, zatím nepoškozených, prvků (ve vazbě č. 11 a 14) si také můžeme všimnout nepřímé úměrnosti závislosti výsledků měření šíření

vln a Resistographu. Při pohledu na křivky grafů a nízké RM z měření pomocí Resistographu je zřejmé, že nové prvky mají širší letokruhy a pravděpodobně i menší podíl letního dřeva. Uvedené vlastnosti nově vložených prvků méně ovlivnily rychlost šíření vln. Tyto závěry srovnání měření dvěma různými metodami jsou ale pouze orientační, protože byl proveden velmi malý počet měření.

Pro průzkum částí prvků, které byly pro výše zmíněné prvky nepřístupné, byl zvolen endoskop. Vzorem pro endoskopické hodnocení zazděných zhlaví byly posudky dřevěných konstrukcí realizované v nedávné minulosti (Kloiber a Hrivnák, 2014; Drdáký a kol., 2014). Poškození bylo odhaleno pouze u jednoho prvku, a to v malé míře, takže je zanedbatelné. Tato metoda byla využita maximálně, protože více nepřístupných prvků v konstrukci není, a použít ji jinde, by bylo zbytečné.

Podrobnějších výsledků bychom mohli dosáhnout, pokud by proběhl větší počet měření šíření elastických vln a Resistographu. Kombinací měření více způsoby na stejném místě dochází vždy ke zpřesnění výsledku, které napomáhají stanovit míru a rozsah poškození a tím zachování maximálního podílu původních prvků v hodnocené konstrukci.

7. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit rozsah poškození na dřevěném krovu historické budovy na náměstí Míru ve Svitavách, kterou čeká rozsáhlá rekonstrukce.

Nejdříve byl proveden průzkum smyslovými metodami, kterými jsme získali základní přehled o stavu konstrukce. Na jeho základě jsme provedli průzkum částečně invazivními přístrojovými metodami. Měření endoskopem proběhlo u 3 prvků, Resistografem u 23 prvků. Měření vlhkosti proběhlo u 4 prvků a měření šíření elastických vln u 7 prvků. Bylo zjištěno, že konstrukce je celkově v dobrém stavu, i přesto bude potřeba provést sanační opatření.

V konstrukci bylo identifikováno napadení tesaříkem krovovým, červotočem proužkovaným, hnilobou a trámovkou. Tesařík již není v konstrukci aktivní, ale svými požerky způsobil v minulosti nejviditelnější poškození. Kromě jedné výjimky, kdy byl prvek zasažen v celém průřezu, nebude z důvodu jeho napadení potřeba prvky měnit. Požerky se totiž nacházejí pouze do hloubky 1-2 cm a nenarušují tedy celkovou pevnost prvků. Červotoč je také v konstrukci již neaktivní a jeho požerky se nacházejí v konstrukci pouze v malém množství a nijak nenarušují pevnost konstrukčních prvků.

Hniloba se v konstrukci nachází především v místech, kterými do prvků zatéká nebo v místech dotyku se zdí nebo podlahou a tedy těch, kde dochází ke zvýšené vlhkosti. Příčinou tohoto poškození je tedy zanedbání preventivních opatření. U takto poškozených prvků bude potřeba provést protězu, příložkování nebo celý prvek vyměnit.

Na jedné krokvi bylo nalezeno mycelium trámovky. Tento prvek je potřeba odstranit, aby nedošlo k šíření rozkladu dřevní hmoty i na další prvky. Příčinou všech poškození v konstrukci byla zvýšená vlhkost nebo koncentrace zatékající srážkové vody v místě dřevěných prvků.

V případě, že by v budoucnu nebyli střešní prostory využívány jinak než dosud, stačí vyměnit závažněji poškozené prvky a provést konstrukční ochranu v místech, kde dnes není funkční. Protože se v projektu vybudování Muzea betlémů plánuje vybudování podkrovní místnosti a zřízení nového vchodu přímo ze střešních prostor do nově vybudované přístavby bude třeba vyměnit i méně závažně poškozené prvky. Tato přestavba totiž způsobí změnu prostředí, a především nepřístupnost konstrukčních prvků, proto bude vhodné i méně poškozené prvky vyměnit. Rozsah sanace tedy závisí na plánovaném využívání podkroví. Bez využití podkroví, stačí minimalistický sanační zásah, v případě využití podkroví a zateplování konstrukce je třeba konstrukčně sanovat

i méně poškozené prvky. Z výše uvedeného vyplývá, že z hlediska zachování původní konstrukce krovu a dlouhodobého zachování je uvažovaná vestavba nevhodná.

8. Seznam literatury a použitých zdrojů

Literatura:

BAIER, Jiří; TÝN, Zdeněk. *Ochrana dřeva*. 5., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2004. 111 s. ISBN 80-247-9000-9.

BUCUR, V. *Acoustics of wood*. CRC Press Inc. Boca Raton. New York. 1995. 284 s.

DRHÁČKÝ, M.; BERAN, P.; FRANKL, J.; KLOIBER, M.; BLÁHA, J.; ZADRAŽIL, T.; Buzek, J. *Znalecký posudek č. 4/14 o stavebně technickém stavu zastřešení a zastropení jihovýchodní části nádražní budovy čp. 362 Děčín I*. Praha 7/2014.

FIKEJZ, Radoslav; VELEŠÍK, Vladimír. *Kronika města Svitavy*. Svitavy: město Svitavy, 2006. 396 s. ISBN 80-239-7488-2.

FIKEJZ, Radoslav; VELEŠÍK, Vladimír. *Labyrint svitavských příběhů aneb co v učebnicích dějepisu nenajdete*. Svitavy: Městské muzeum a galerie Svitavy, 2014. 98 s. ISBN 978-80-260-6745-0

GERNER, Manfred. *Tesařské spoje*. Praha: Grada. Stavitel, 2003. 220 s. ISBN 80-247-0076-X.

HOLAN, Jiří. *Dřevo v domácnosti: ochrana, údržba, renovace*. Brno: ERA, 2006 Stavíme. 112 s. ISBN 80-736-6049-0.

HRÁDEK, Vladimír. *Vady dřeva*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1966. 201 s.

KLOIBER, M.; HRIVNÁK, J. *Výzkumná zpráva z posouzení stavu zazděných zhlaví stropních trámů Schönkirchovského paláce v Mikulandské ulici v Praze*. Telč. 4/2014. 202 s.

KLOIBER, Michal; DRDÁČKÝ, Miloš. *Diagnostika dřevěných konstrukcí*. Praha: ČKAIT. Technická knihovna (ČKAIT), 2015. 168 s. ISBN 978-80-87438-64-0.

KOUDELKOVÁ, Jana a kol. *Pod ochranou svatého Jiří: Příběh tesařského řemesla v českých zemích*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2020. 152 s. ISBN 978-80-7509-775-0.

PTÁČEK, Petr. *Ochrana dřeva*. Praha: Grada, 2009. 95 s. ISBN 978-80-247-2326-6.

REINPRECHT, Ladislav. *Ochrana dřeva: vysokoškolská učebnica*. Zvolen: Technická univerzita, 2008. 153 s. ISBN 978-80-228-1863-6.

REINPRECHT, Ladislav; ŠTEFKO, Josef. *Dřevěné stropy a krovny: typy, poruchy, průzkumy a rekonstrukce*. Praha: ARCH, 2000. 242 s. ISBN 80-861-6529-9.

ŠEFCŮ, Ondřej; VINAŘ, Jan; PACÁKOVÁ, Marie. *Metodika ochrany dřeva*. Praha: Jalna, 2000. 71 s. ISBN 80-86234-14-2.

ŠTEFKO Jozef; REINPRECHT, Ladislav; KUKLÍK, Petr. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba*. 2. české vyd. Bratislava: JAGA, 2009. 196 s. ISBN 978-80-8076-080-9.

VINAŘ, Jan; KUFNER, Václav. *Historické krovy: I. Konstrukce a statika*. Praha: Grada, 2004. 270 s. ISBN 80-716-9575-0.

Internetové zdroje:

Betlémy. *Městské muzeum a galerie ve Svitavách* [online], [cit. 2021-03-15]. Dostupné z WWW.< <http://www.muzeum.svitavy.cz/sbirky/betlemy/38-1/> >

Labyrint svitavských příběhů. *Městské muzeum a galerie ve Svitavách* [online], [cit. 2021-03-15]. Dostupné z WWW.< <http://www.muzeum.svitavy.cz/stale-expozice/labyrint-svitavskych-pribehu/482-1/> >

Muzeum esperanta Svitavy. [online], *Svitavy: Muzeum esperanta Svitavy* [cit. 2021-03-15] < <http://www.muzeum.esperanto.cz/cs/> >

Svitavy-město: Císařské povinné otisky stabilního katastru, rok 1835, [online], [cit. 2021-03-15]. ČÚZK: *archiv*. Dostupné z WWW. < https://ags.cuzk.cz/archiv/openmap.html?typ=ciom&idrastru=B2_a_6MS_2987-1_5 >

Valentin Oswald Ottendorfer. *Městské muzeum a galerie ve Svitavách* [online], [cit. 2021-03-15]. Dostupné z WWW.< <http://www.muzeum.svitavy.cz/stale-exp/ottendorferova-knihovna/valentin-oswald-ottendorfer/113-1/> >

Zrození betlému on-line. *Městské muzeum a galerie ve Svitavách* [online], [cit. 2021-03-15]. Dostupné z WWW.< <http://www.muzeum.svitavy.cz/clanek/zrozeni-betlemu-online/586-1/> >

Ostatní zdroje:

Archiv Českého úřadu zeměměřického a katastrálního ve Svitavách

Archiv Městského muzea a galerie ve Svitavách

Archiv Odboru výstavby Městského úřadu ve Svitavách

Téma: Historie budovy náměstí Míru 80/3, Informace poskytl Mgr. Radoslav Fikejz, historik. Svitavy 9.3.2021

Téma: Předpokládané období stavby a investice, Informace poskytl Pavel Čížek, místostarosta města Svitavy. Svitavy 15.3.2020

Téma: Rekonstrukce budovy náměstí Míru 80/3, Informace poskytl Ing. Milan Oblouk, vedoucí odboru rozvoje města Svitavy. Svitavy 21.2.2020