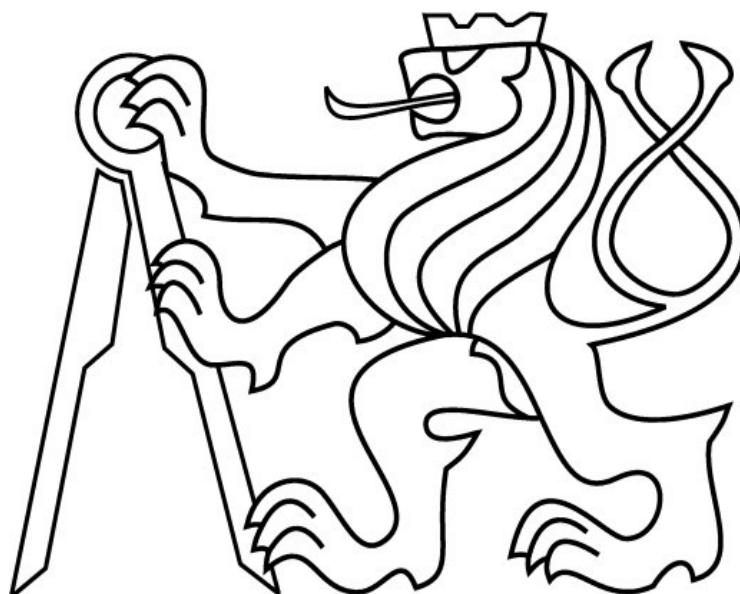


# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra konstrukce pozemních staveb K 124



## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Stavebně technický průzkum + modernizace venkovského objektu

Building survey + rehabilitation of village house

**Jana Soprová**  
**2018**

Vedoucí bakalářské práce:  
prof. Ing. Martin Jiránek, CSc.

## Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Stavebně technický průzkum + modernizace venkovského objektu“ vypracovala samostatně s použitím literatury a zdrojů, které uvádím v příloženém seznamu.

V Praze dne .....

.....

Jana Soprová

## Poděkování:

Ráda bych poděkovala prof. Ing. Martinu Jiránkovi, CSc. za poskytnutý čas a odborné konzultace, za podnětné rady a návrhy při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat paní Ivaně Loušové za možnost provedení laboratorních měření a také své rodině za dlouhodobou podporu při studiu.


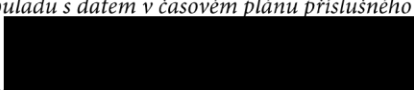


## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


Příjmení: Soprová	Jméno: Jana	Osobní číslo: 438519
Zadávající katedra: Katedra konstrukcí pozemních staveb		
Studijní program: (B3651) Stavební inženýrství		
Studijní obor: (3608R008) Konstrukce pozemních staveb		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Stavebně technický průzkum + modernizace venkovského objektu	
Název bakalářské práce anglicky: Building survey + rehabilitation of a village house	
Pokyny pro vypracování: vlhkostní průzkum, průzkum statických poruch, návrh sanace, modernizace venkovského objektu ve stupni pro stavební povolení včetně detailů a tepelně technických posouzení obvodového pláště	
Seznam doporučené literatury: WITZANY, Jiří. PDR - poruchy, degradace a rekonstrukce. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04488-9.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: prof. Ing. Martin Jiránek, CSc.	
Datum zadání bakalářské práce: 19.2.2018	Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2018 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

26.2.2018	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je stavebně technický průzkum venkovského objektu a návrh rekonstrukce objektu ve stupni pro stavební povolení. Práce obsahuje popis stávajících konstrukcí, popis poruch a jejich příčin, návrh sanace poruch a skladeb ohraničujících konstrukcí.

## **KLÍČOVÁ SLOVA:**

Stavebně technický průzkum, porucha, trhlina, analýza vlhkosti, salinita, sanace

## **ABSTRACT**

The aim of the bachelor's thesis is building survey of a village house and design of reconstruction of the building on the construction permit level. The thesis contains a description of existing structures, description of failures and their causes, design of failures repair and design of compositions of all structures on the building envelope.

## **KEYWORD:**

Building survey, failure, crack, analysis of the moisture, salinity, restoration

# OBSAH

ÚVOD .....	8
<b>1. POPIS OBJEKTU .....</b>	<b>9</b>
1.1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE .....	9
1.2. URBANISTICKÉ A ARCHITEKTONICKÉ ŘEŠENÍ.....	9
<b>2. STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM .....</b>	<b>11</b>
2.1. HISTORIE STAVBY .....	11
2.2. OKOLNÍ VLIVY .....	12
2.3. ZALOŽENÍ KONSTRUKCE .....	12
2.4. VERTIKÁLNÍ KONSTRUKCE .....	14
2.4.1. CHARAKTERISTIKA VERTIKÁLNÍCH KONSTRUKCÍ .....	14
2.4.2. VLHKOSTNÍ PORUCHY .....	14
2.4.3. STATICKÉ PORUCHY .....	16
2.5. HORIZONTÁLNÍ KONSTRUKCE .....	17
2.5.1. CHARAKTERISTIKA HORIZONTÁLNÍCH KONSTRUKCÍ.....	17
2.5.2. STATICKÉ PORUCHY .....	18
2.6. KROV, STŘECHA, KOMÍNY, PRŮDUCHY .....	20
2.7. PODLAHY.....	21
<b>3. LABORATORNÍ VLHKOSTNÍ PRŮZKUM A PRŮZKUM SALINITY....</b>	<b>23</b>
3.1. ODBĚR VZORKŮ .....	23
3.2. VLHKOSTNÍ PRŮZKUM.....	24
3.2.1. ZHODNOCENÍ VLHKOSTNÍHO PRŮZKUMU .....	26
3.3. PRŮZKUM SALINITY .....	28
3.3.1. pH VZORKŮ.....	29
3.3.2. CHLORIDY $Cl^-$ .....	29
3.3.3. AMONIAK $NH_4^+$ .....	31
3.3.4. DUSIČNANY $NO_3^-$ .....	32
3.3.5. SÍRANY $SO_4^{2-}$ .....	33
3.3.6. ZHODNOCENÍ PRŮZKUMU SALINITY .....	34
<b>4. SANACE PORUCH.....</b>	<b>35</b>
4.1. SANACE VLHKOSTI .....	35

4.1.1. SANACE VLHKOSTI VZDUCHOIZOLAČNÍ METODOU V KOMBINACI SE SANAČNÍMI OMÍTKAMI.....	36
4.2. SANACE KLENEB.....	39
4.2.1. SANACE KLENEB HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ A TÁHLY .....	39
4.3. SANACE FASÁDNÍCH TRHLIN .....	43
4.3.1. SANACE FASÁDNÍCH TRHLIN HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ.....	43
<b>5. KONSTRUKČNÍ OBÁLKA OBJEKTU.....</b>	<b>44</b>
5.1. STÁVAJÍCÍ SKLADBY .....	44
5.2. NOVÉ SKLADBY .....	48
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>53</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>54</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>57</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>58</b>
<b>POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA .....</b>	<b>59</b>

# ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je vypracování stavebně technického průzkumu, laboratorního průzkumu a modernizace venkovského objektu v Žichovicích u Sušice postaveného v první polovině 20. století. Obsahem práce je zpracování informací o objektu, vlhkostní průzkum, průzkum salinity, průzkum statických poruch a návrh sanace. Dále modernizace venkovského objektu ve stupni pro stavební povolení, a to včetně detailů a tepelně technických posouzení obvodového pláště. Součástí bakalářské práce je také podrobná fotodokumentace.

Pro toto téma jsem se rozhodla z důvodu, že objekt zdědili před půl rokem moji rodiče a plánují celkovou rekonstrukci. V plánu rekonstrukce je sanace obytných prostor, zateplení objektu, sanace statických poruch a odstranění vzlínající vlhkosti z objektu. Požadavkem rekonstrukce je také přestavba podkroví, aby vznikl pronajímatelný prostor se samostatným vchodem.

Vzlínající vlhkost z podzákladí výrazně snižuje hodnotu objektu. Na objektu jsou patrné vlhkostní mapy a výskyt solných výkvětů. Důležitým faktorem je také průzkum statických poruch např. v klenbách či okenních nadezdívkách, které snižují stabilitu objektu a v některých případech může dojít až ke kolapsu konstrukce.



# 1. POPIS OBJEKTU

## 1.1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název stavby: Venkovský objekt Žichovice

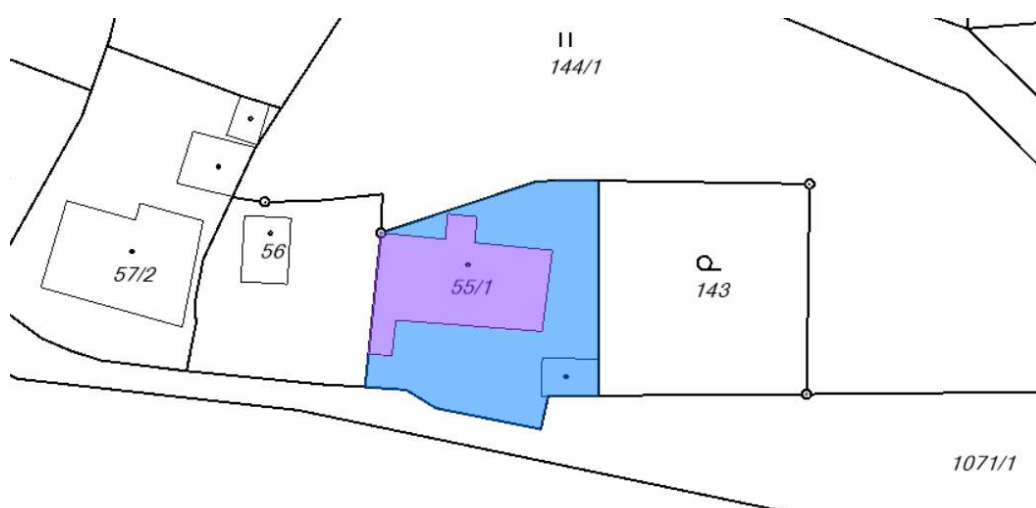
Místo stavby: Žichovice 49 - Sušice

Obec a k.ú.: Žichovice okr. Klatovy

Kraj: Plzeňský

Parcelní číslo: 55/1

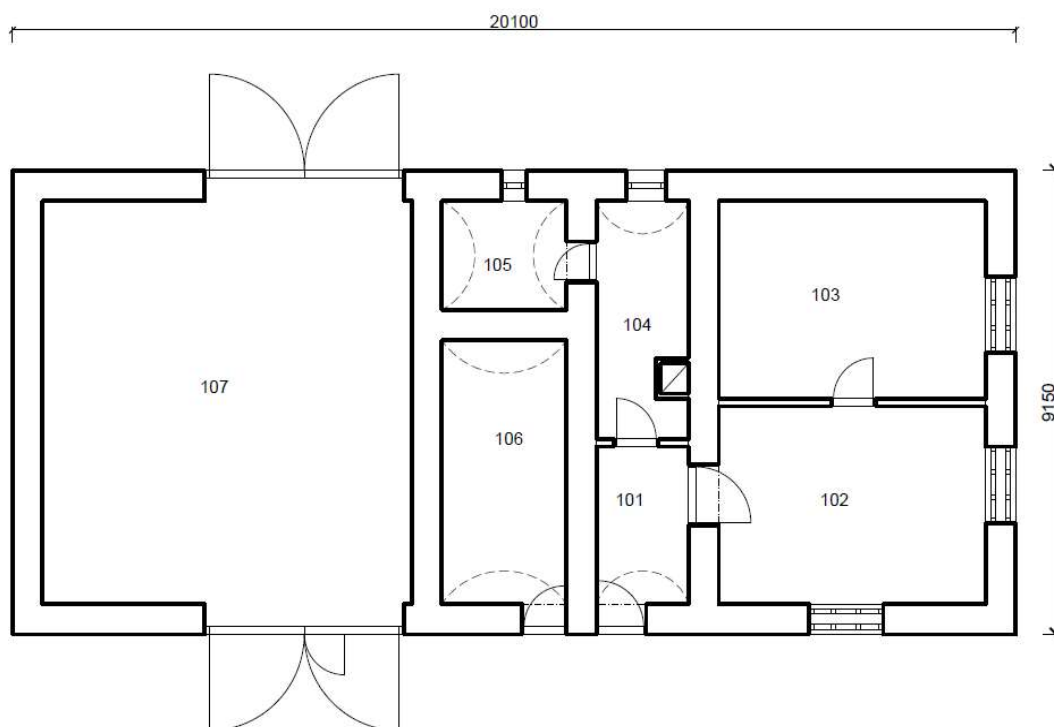
Výměra pozemku: 550 m<sup>2</sup>



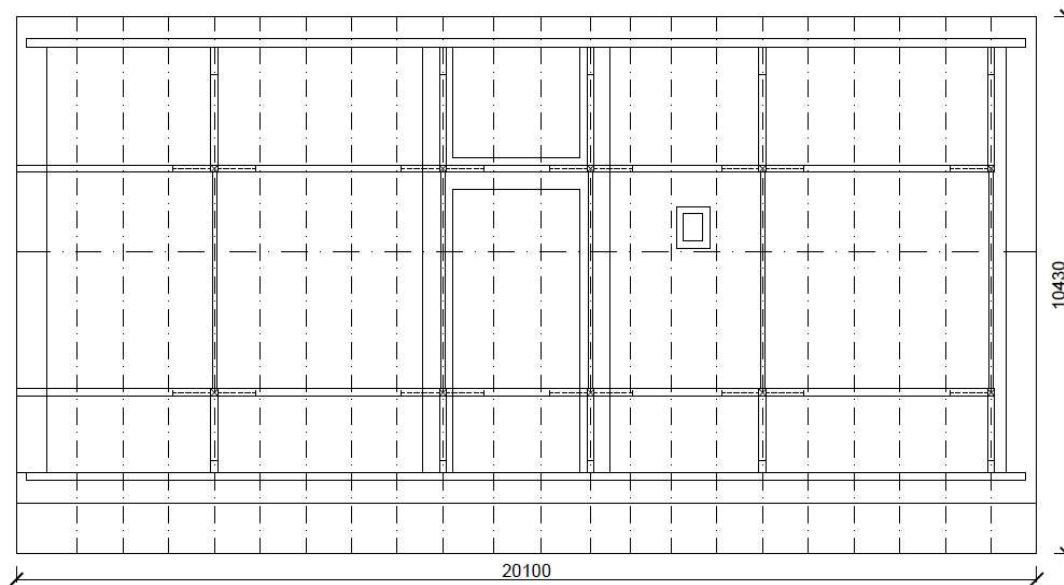
Obr. 1 – Katastrální mapa [1]

## 1.2. URBANISTICKÉ A ARCHITEKTONICKÉ ŘEŠENÍ

Venkovský objekt je umístěn na levém břehu slepého ramene řeky Otavy v obci Žichovice okres Klatovy. Jedná se o přízemní nepodsklepený objekt obdélníkového tvaru. Na dům navazuje hospodářská přístavba. Objekt je tvořen jedním obytným nadzemním podlažím a podkrovním prostorem, kde bylo skladováno seno pro hospodářské účely. V současné době není objekt využíván, protože tam od povodní v roce 2002 nebyla provedena žádná oprava či rekonstrukce. Podél objektu vede veřejný pozemek, který však není nijak dlážděn. Jedná se pouze o zatravněné plochy. Pozemek je ze všech stran obklopen plotem a v přední části navazuje objekt na dlážděný dvůr. V obci je dobrá občanská vybavenost. Nachází se zde pošta, školka a vlakové nádraží.



*Obr. 2 – Půdorys 1.NP – současný stav*

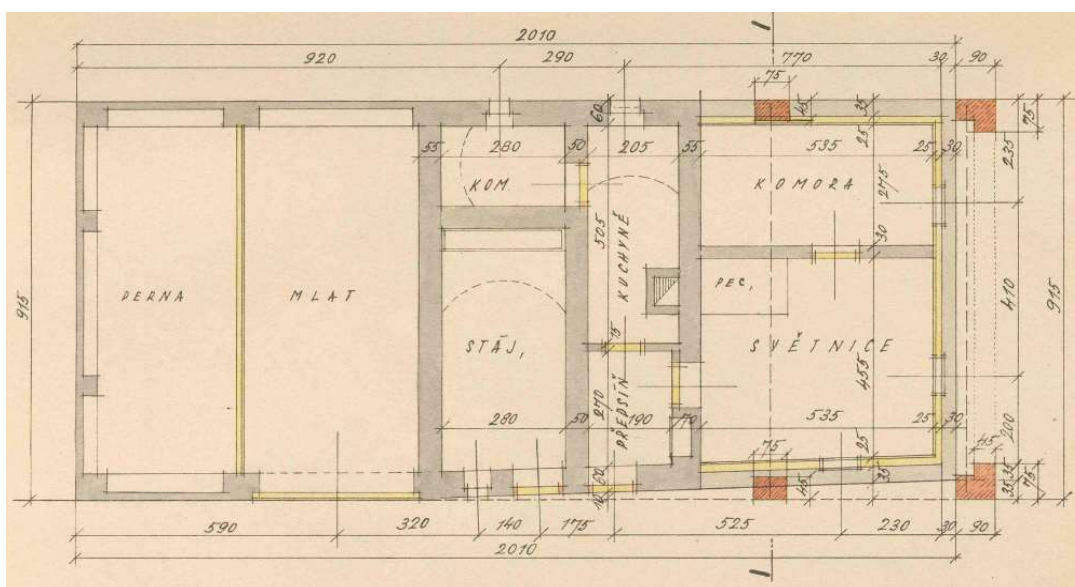


*Obr. 3 – Půdorys krovu – současný stav*

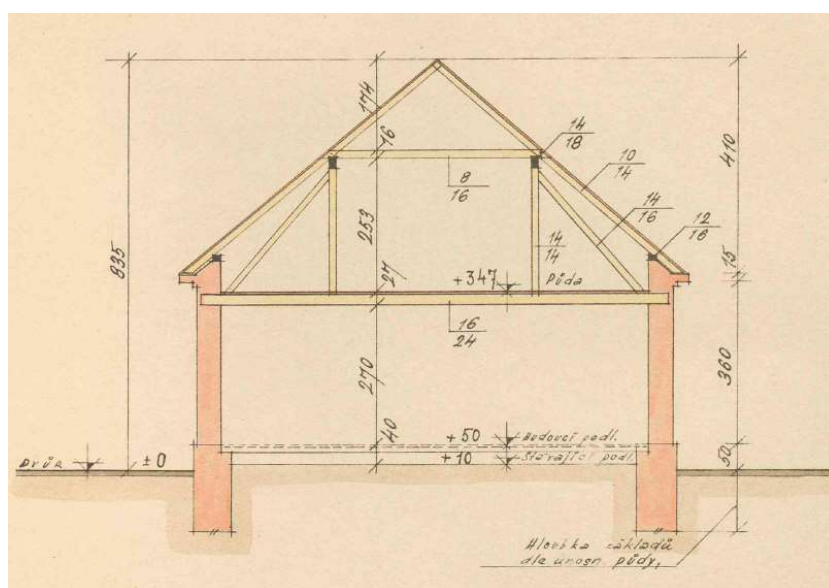
## 2. STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM

### 2.1. HISTORIE STAVBY

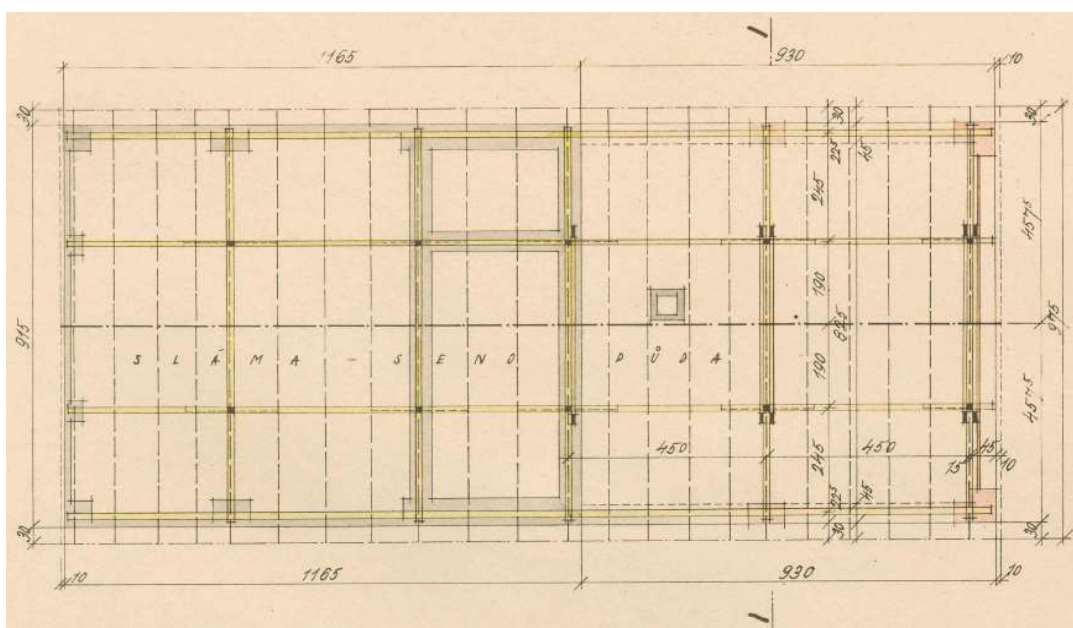
Objekt byl postaven okolo roku 1915 rodinou Vyšehradových. Pan Vyšehrad byl výpravčí a jeho manželka byla ženou v domácnosti. Jednalo se o hospodářský objekt, kde chovali drůbež, domácí zvířata a pěstovali si zemědělské produkty pro vlastní účely. Stavba byla také z části využívána pro chov holubů. Později, když oba zemřeli, si stavbu převzal jiný majitel, který však dům příliš nevyužíval a tak začal objekt pomalu chátrat.



Obr. 4 – Původní dokumentace objektu-půdorys 1.NP



Obr. 5 – Původní dokumentace objektu-řez I-I'



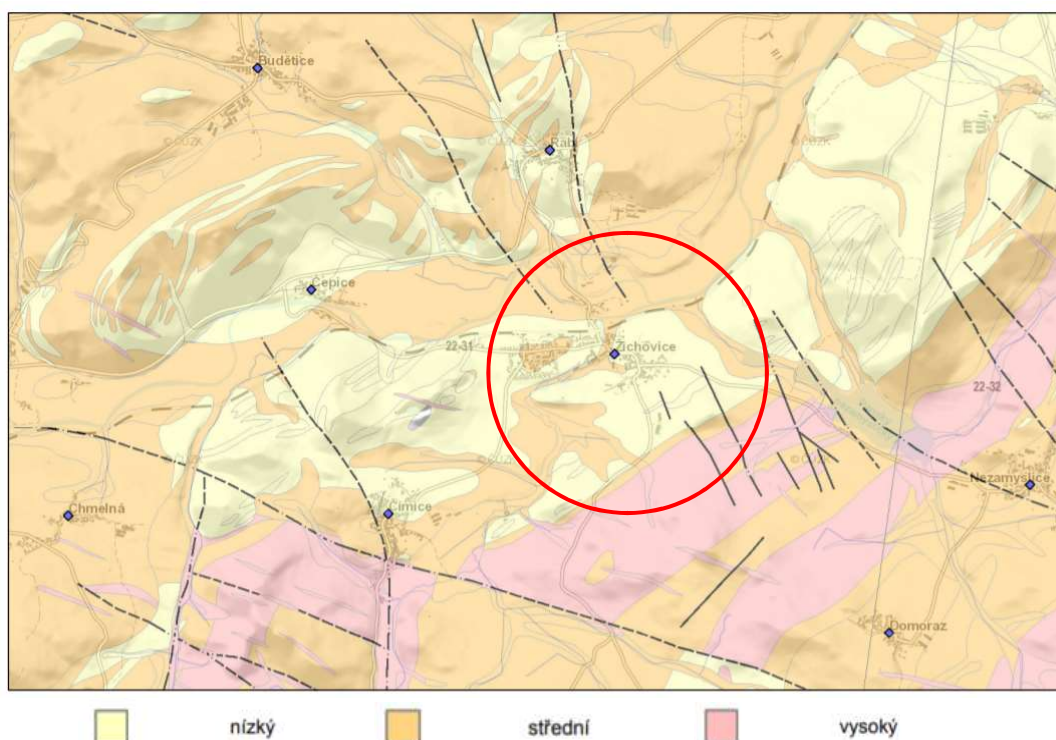
Obr. 6 – Původní dokumentace objektu – půdorys krovu

## 2.2. OKOLNÍ VLIVY

Vzhledem k situaci, že objekt stojí na levém břehu slepého ramena řeky Otavy, které je při povodních využíváno k odklonění značného průtoku vody z hlavního koryta, tak stavbu jednak ohrožuje podzemní a vzlínává voda, ale zejména přívalové deště a povodně. Již třikrát byl objekt vyplaven. Naposledy to bylo v roce 2002. Vlivem povodní a záplav dochází k vyplavování písčitých zemin ze základového podloží. Dalším problémem blízkosti řeky je vysoká koncentrace vlhkosti a rosy v ranních hodinách.

## 2.3. ZALOŽENÍ KONSTRUKCE

Výkresová dokumentace k základovým konstrukcím není k dispozici. Na základě odhadu se předpokládá, že obvodové stěny jsou založeny na základovém pasu z lomového kamene do hloubky 0,8 metru. Bohužel však nelze zjistit rozměry, ty by byly zjištěny sondou do základového podloží. Radonový průzkum nebyl proveden a ani nebyla měřena koncentrace radonu uvnitř stavby. Ze statických údajů, které jsou k dispozici pro obec Žichovice na <https://mapy.geology.cz/radon/> vyplývá, že radonový index pozemku bude pravděpodobně nízký a že průměrná koncentrace radonu v domech na daném katastrálním území je  $347 \text{ Bq.m}^{-3}$  (viz obr. 7 a tab. 1).



Obr. 7 – Mapa výskytu radonu [2]

Tab. 1 – Výskyt radonu

1. Správní údaje	
Název obce	Žichovice
Kód obce	557544
Název části obce	Žichovice
Kód části obce	196932
2. Údaje o geologickém podloží	
Horninový typ části obce podle geologických map 1 : 50 000	Pararula
Horninový typ části obce podle geologické mapy ČR 1 : 500 000	Migmatizované ruly, migmatity, převážně stromatitické a flebilické
3. Údaje o radonovém indexu geologického podloží	
Radonový index geologického podloží (1 -nízký, 2-střední, 3-vysoký)	<b>1 - NÍZKÝ</b>
4. Údaje o radonu v ovzduší ve stavbách	
Průměr výsledků měření objemové aktivity radonu v ovzduší ve stavbách (jednotka Bq.m-3)	<b>346,6</b>
Pravděpodobnost překročení směrné hodnoty objemové aktivity radonu v ovzduší ve stavbách (200 Bq.m-3). Rozmezí pravděpodobnosti je 0-nejnižší až 1-nejvyšší	0,48



## 2.4. VERTIKÁLNÍ KONSTRUKCE

### 2.4.1. CHARAKTERISTIKA VERTIKÁLNÍCH KONSTRUKCÍ

V objektu se nachází stěny a stěnové pilíře. Všechny obvodové zdi jsou tl. 600 mm a jsou ze smíšeného zdiva. Z vnější strany je na obvodových zdech fasádní břizolitová omítka. Břizolitová omítka je cementová omítka dnes nazývána také jako škrábaná omítka. Z vnitřní strany je na obvodových zdích vápenocementová omítka. Vnitřní nosné stěny jsou z lomového kamene tl. 600 mm opatřené vápenocementovou omítkou. Vnitřní nenosné příčky jsou cihelné tl. 150 mm. Stejně jako obvodové stěny jsou opatřeny vápenocementovou omítkou.

### 2.4.2. VLHKOSTNÍ PORUCHY

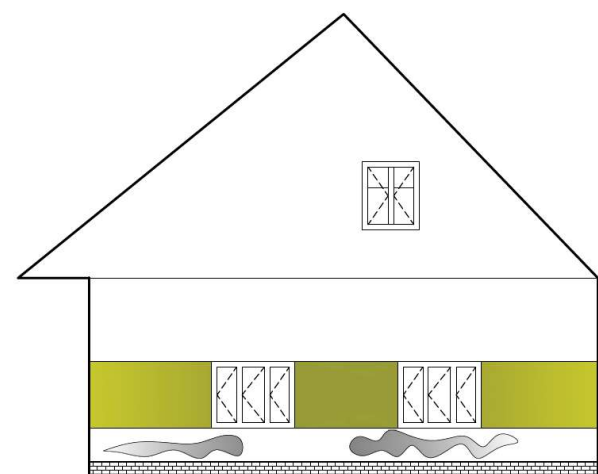
Obvodové a vnitřní stěny jsou do výšky 0,3 metru vlhké (viz obr. 8, 9). Tento problém je zřejmě způsoben chybějící nebo již nefunkční hydroizolací. Na takto vlhké konstrukci pak dochází k tvorbě solných výkvětů. Vzhledem k výskytu vzlínající vlhkosti a tvorbě solných výkvětů je důležité zjistit obsah solí a obsah vlhkosti ve stěnách. Pro zmapování salinity a vlhkosti byl proveden vlhkostní průzkum (viz kap. 3).



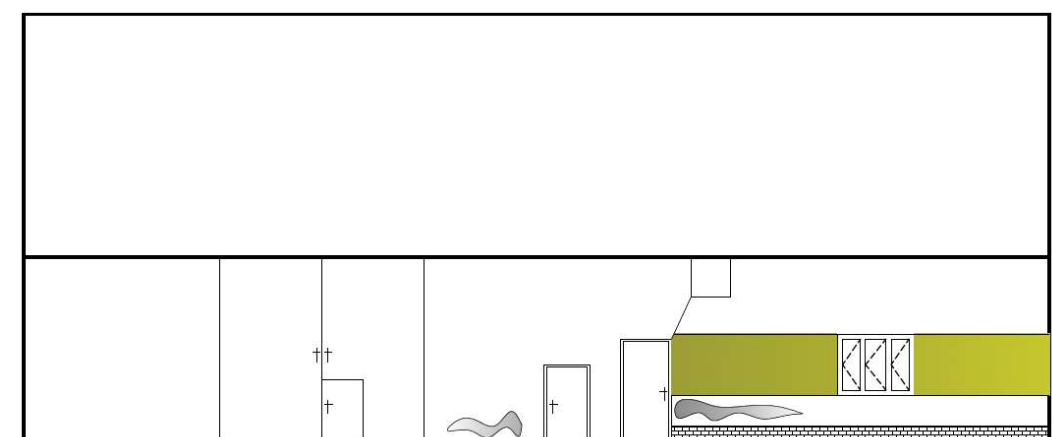
Obr. 8 – Vlhkostní problém 1



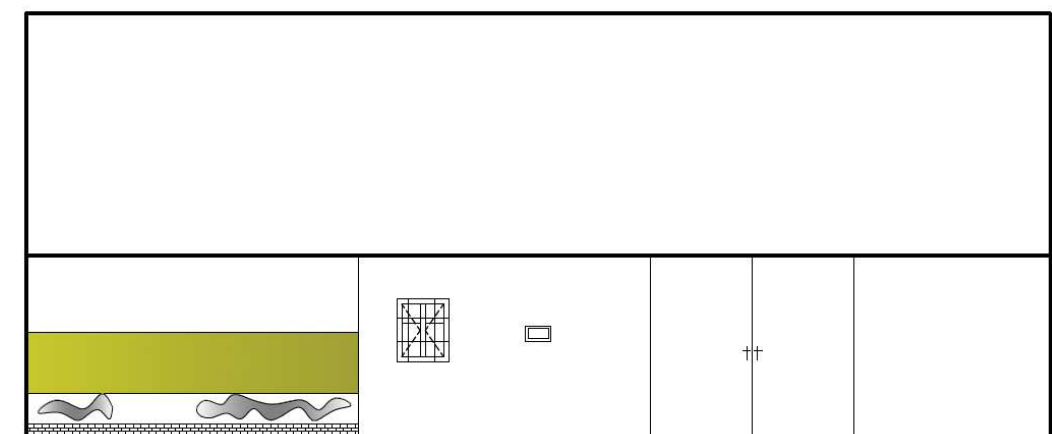
Obr. 9 – Vlhkostní problém 2



Obr. 10 – Vlhkostní mapy na východní fasádě



Obr. 11 – Vlhkostní mapy na jižní fasádě



Obr. 12 – Vlhkostní mapy na severní fasádě

### 2.4.3. STATICKÉ PORUCHY

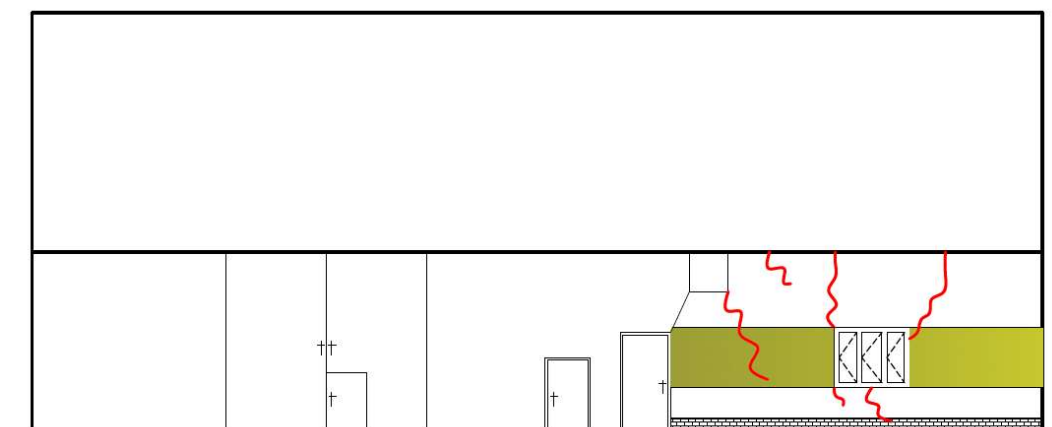
Během povodně v roce 2002 došlo k zatopení objektu do výšky cca 0,3 metru. Objekt byl již v minulosti narušen trhlinami v parapetech a nadpražích otvorů. Po zasažení došlo k mírnému rozevření některých trhlin a objevilo se několik nových vlasových trhlin (viz obr. 15). Tyto trhliny zatím zásadně neohrožují stabilitu objektu, ale je nutné je i nadále sledovat.



Obr. 13 – Svislá trhlina v nadpraží



Obr. 14 – Svislá trhlina v parapetu



Obr. 15 – Pohled na jižní fasádu s trhlinami



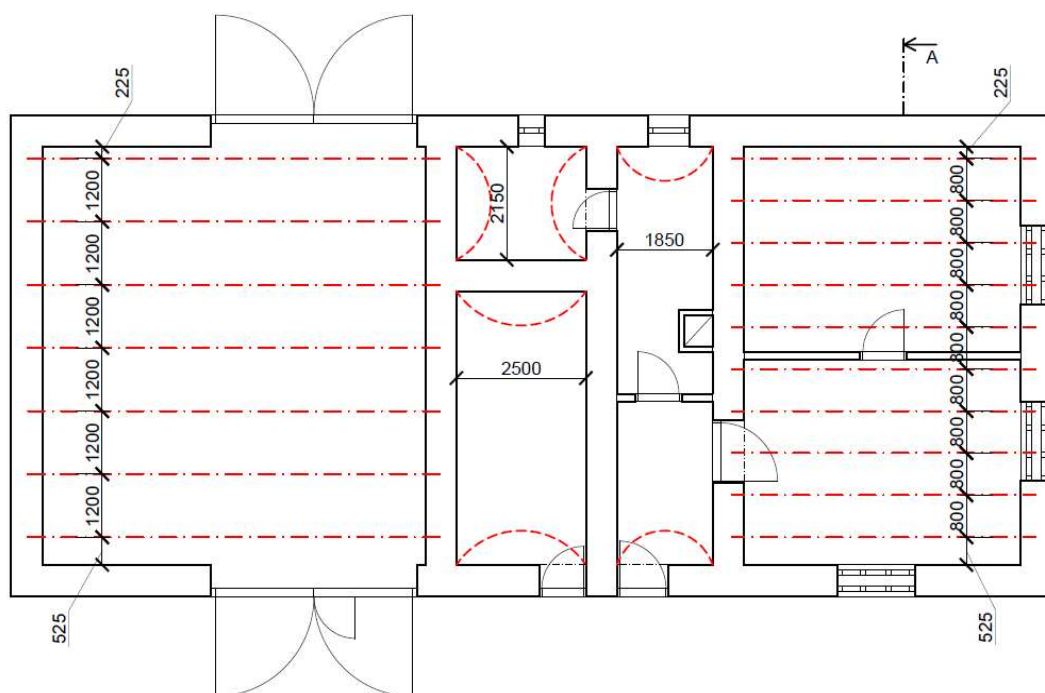
## 2.5. HORIZONTÁLNÍ KONSTRUKCE

### 2.5.1. CHARAKTERISTIKA HORIZONTÁLNÍCH KONSTRUKCÍ

Sondou do stropu bylo zjištěno, že v objektu je nad obytnými místnostmi 1.NP dřevěný trémový strop s dřevěným záklopem, škvárovým násypem a rákosovou omítkou (viz obr. 16).



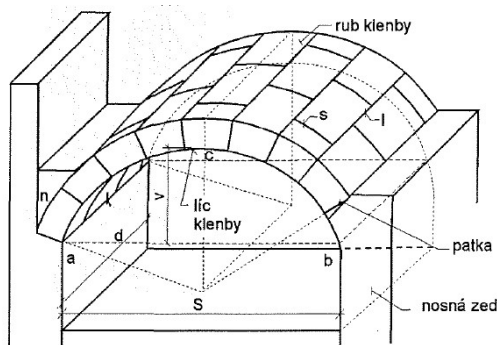
Obr. 16 – Skladba stropní konstrukce



Obr. 17 – Rozmístění dřevěných stropních trámů

Nad stájí, komorou, chodbou a kuchyní je klasická cihelné valená klenba (viz obr. 18). Nad mlatem a pernou je tvořen strop pouze z povalů (á 1 m) a fošen velikosti 40 x 160 mm (viz obr. 19).

Překlady nad okny a dveřmi v obvodových stěnách jsou tvořeny ocelovými I-profilů. Překlady nad dveřními otvory ve vnitřních stěnách jsou tvořeny odlehčovacemi klenebními pásy.



Obr. 18 – Valená klenba [3]



Obr. 19 – Strop nad mlátem a pernou

## 2.5.2. STATICKÉ PORUCHY

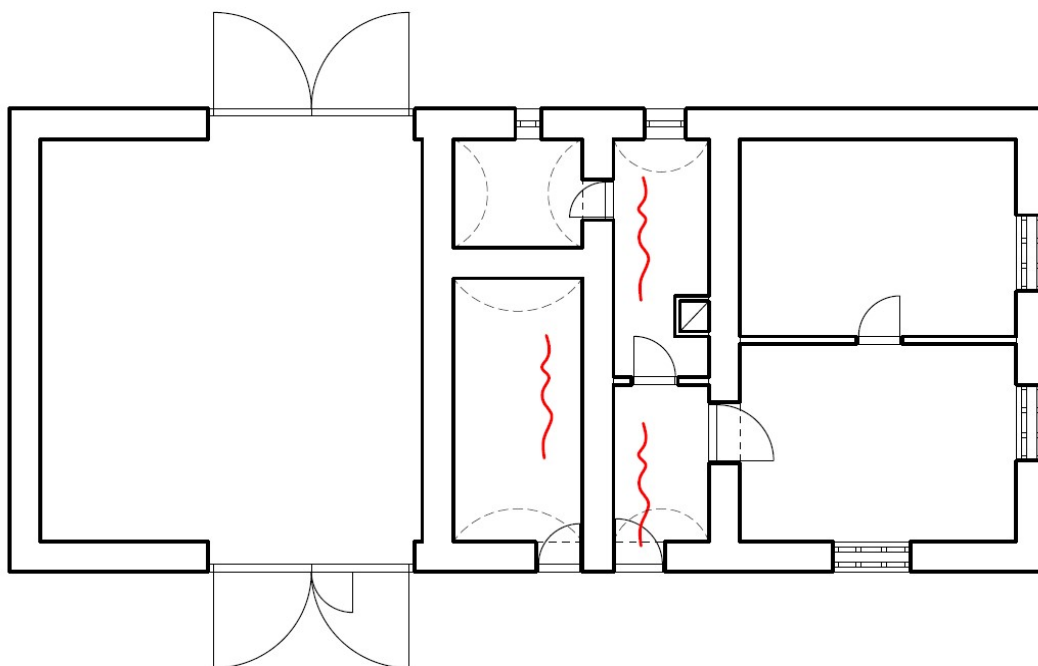
Trhliny se objevily i ve valené klenbě v kuchyni a komoře (viz obr. 20, 21). Zřejmě došlo k vyplavení písčitých zemin z podzákladí a následnému posunu a poklesu podpory. Jak je patrné i dle posouzení (viz obr. 23) klenba se rozevírá při spodním okraji a vzniká otevřená ložná spára ve vzdálenosti cca 650 mm od podpory.



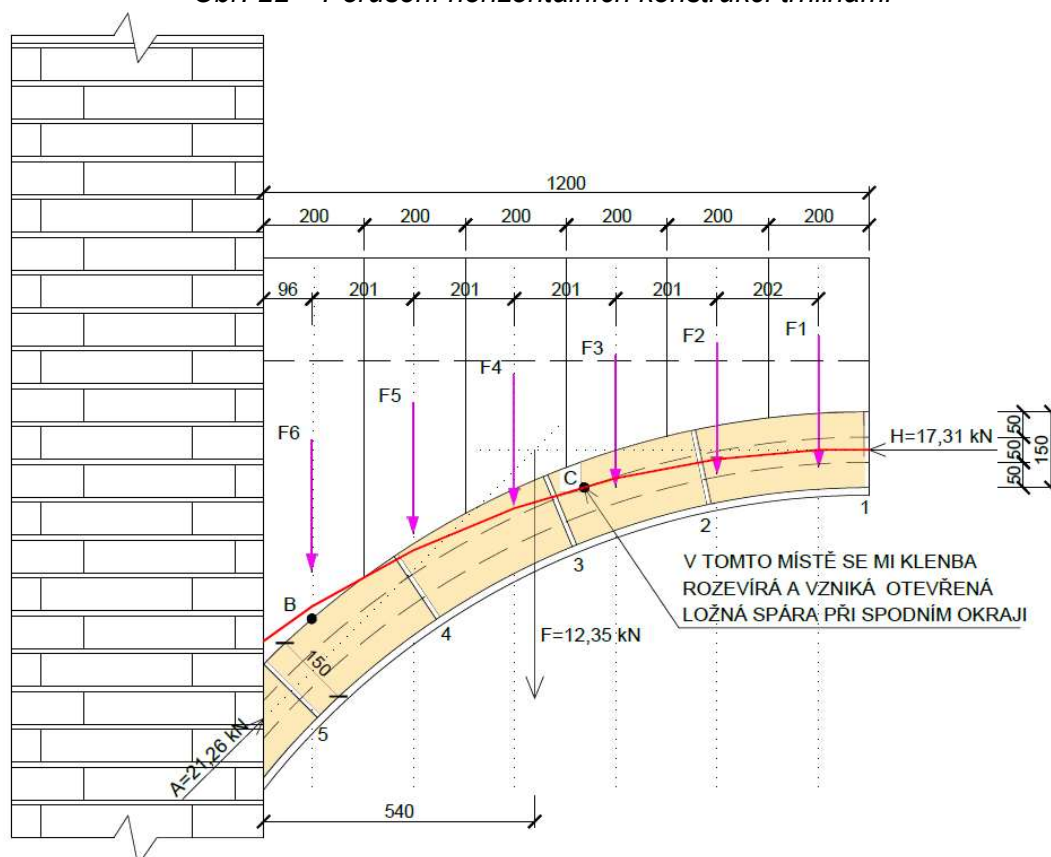
Obr. 20 – Ložná spára 1



Obr. 21 – Ložná spára 2

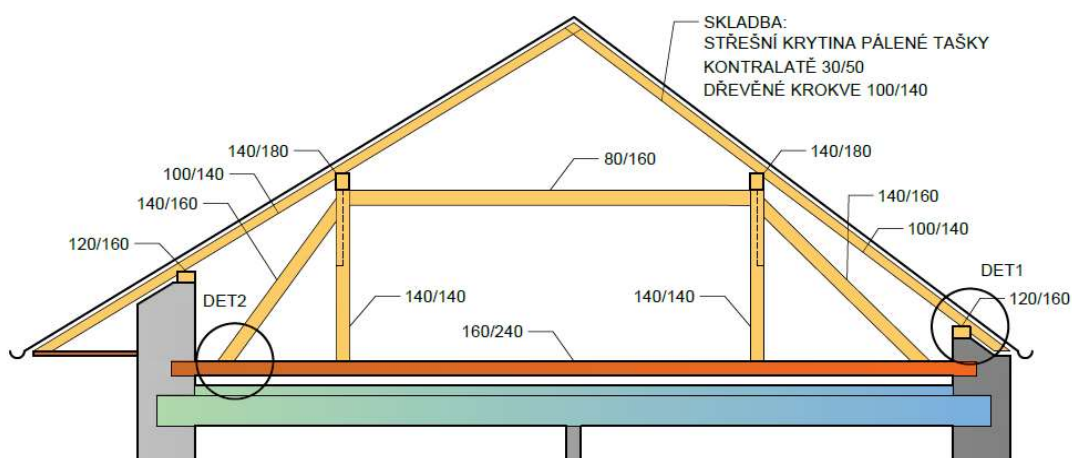


Obr. 22 – Porušení horizontálních konstrukcí trhlinami



Obr. 23 – Posouzení valené klenby nad kuchyní

## 2.6. KROV, STŘECHA, KOMÍNY, PRŮDUCHY



Obr. 24 – Řez střešní konstrukcí

Krov je na první pohled v zchovalém stavu. Jedná se o klasickou stojatou stolicí s vaznými trámy a pásky. Na základě mikrobiologického průzkumu, který jsem provedla, bylo potvrzeno, že se v krovu vyskytuje dřevokazný hmyz – konkrétně se jedná o červotoče. Rozsah napadení červotočem bude možné stanovit až po odkrytí střešní krytiny a prohlédnutí každé střešní krokve zvlášť. Z mikroskopické analýzy odebraných vzorků bylo patrné, že dřevo neobsahuje larvy červotoče, takže zde není riziko dalšího šíření. Dřevokazné houby se v krovu nevyskytují, jelikož od počátku užívání stavby byl půdní prostor využívám ke skladování sena, a tak musel být prostor dostatečně větrán. Pro jistotu jsem ověřila vlhkost střešních trámů (viz tab. 2). Tesařské spoje dřevěných prvků jsou neporušené a v dobrém stavu (viz obr. 25, 26).

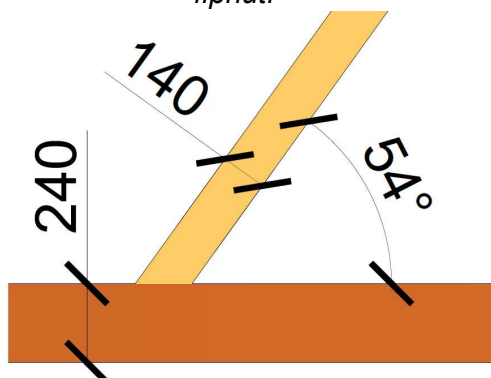
Střešní krytina je z klasických pálených keramických střešních tašek pocházejících z let 1980 - 1990. Komín je umístěn mezi kuchyní a světnicí a jeho rozměry jsou u podlahy 1.NP 500 x 500 mm, avšak směrem ke hřebenu se zužuje a u hřebenu dosahuje rozměrů 400 x 400 mm. Výška komína je přibližně 8 m, vztlak komína je tedy dostatečný.

**Tab. 2 – výskyt vlhkosti v krovu**

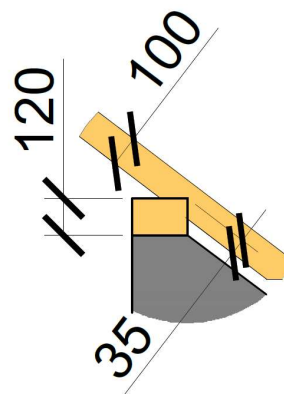
Označení vzorku	Hmotnost vlhkého vzorku $m_w$ [g]	Kontrolní mezivážení $m_1$ [g]	Hmotnost vysušeného vzorku $m_d$ [g]	Vlhkost ve dřevě [%hm.] <sup>1</sup>
Dřevo	2	1,7	1,7	17,65



Obr. 25 – Detail 1 - Šikmočelné lípnutí



Obr. 26 - Detail 2 - Osedlání



## 2.7. PODLAHY

V obytných místnostech je podlaha tvořena pouze z nevyztužené betonové mazaniny tloušťky 100 mm a linolea. V podlaze se nenachází žádná hydroizolace, takže se zvyšuje relativní vlhkost vnitřního vzduchu a dochází ke kondenzaci vlhkosti.

V ostatních místnostech (komora, kuchyně, chodba) je podlahové souvrství tvořeno pouze betonovými dlaždicemi 200 x 200 mm, které jsou spojeny cementovou maltou a uloženy do pískového lože (viz obr. 28). Stejně jako u podlahy v obytných místnostech se zde nevyskytuje žádná

<sup>1</sup> Spočteno dle vzorce:  $wh = \frac{mw - md}{md} \cdot 100\%$



hydroizolace a dochází k pronikání vzlínající vlhkosti, ale navíc ještě při povodních v roce 2002 touto podlahou prostoupila voda a zaplavila místnosti.

Speciálním případem jsou podlahy ve stáji, mlatu a perně, kde je podlahové souvrství tvořeno pouze z větších kamenů v pískovém loži (viz obr. 27), které s největší pravděpodobností byly nanošeny ze slepého ramene řeky Otavy.



*Obr. 27 – Podlaha ve stáji, mlatu*

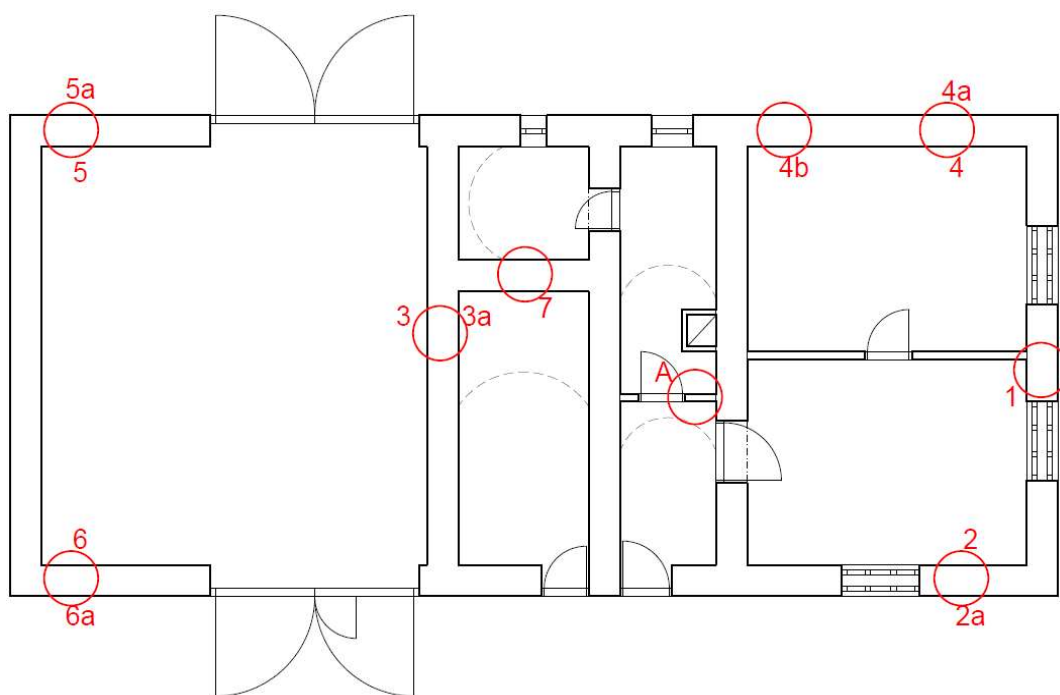


*Obr. 28 – Podlaha v chodbě*

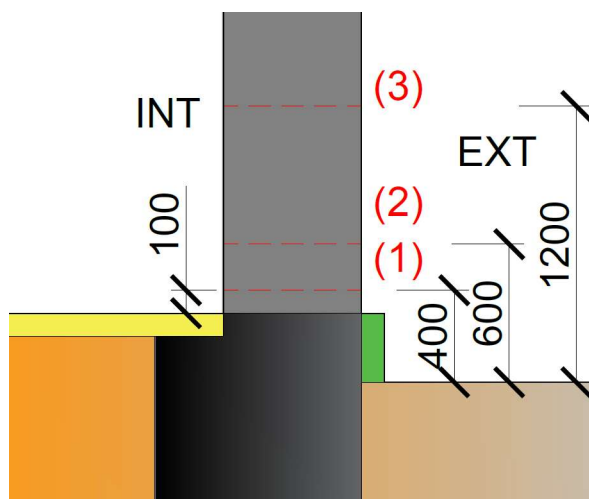
## 3. LABORATORNÍ VLHKOSTNÍ PRŮZKUM A PRŮZKUM SALINITY

### 3.1. ODBĚR VZORKŮ

Odběr vzorků byl proveden 25. 1. 2018 v 10 hodin při venkovní teplotě 2 °C. Vzorky pro oba průzkumy byly odebrány v přízemí objektu jak z interiérové, tak z exteriérové strany. Místa odběru vzorků jsem volila dle uvážení, a to především tam, kde byly viditelné projevy vlhkosti či solných výkvětů. Vzorky z exteriéru byly odebrány ve třech výškových úrovních - 400, 600, 1200 mm nad terénem. Vzorky z interiéru byly odebrány pouze v jedné výškové úrovni - 100 mm nad podlahou (viz obr. 30). Celkově bylo odebráno 19 vzorků. Vzorky materiálů byly odebrány do skleněných lahvíček s těsným uzávěrem pomocí ocelové špachtle a popsány odpovídajícím číslem (viz obr. 29).



Obr. 29 – Mapa odebraných vzorků pro vlhkostní průzkum a salinitu



Obr. 30 - Výškové označení odebraných vzorků pro vlhkostní průzkum a salinitu

### 3.2. VLHKOSTNÍ PRŮZKUM

Vlhkostní průzkum probíhal na Fakultě stavební ČVUT v Praze v laboratoři D1035 – Katedra konstrukcí pozemních staveb. Vlhkostní průzkum započal dne 26. 1. 2018 v 9 hodin, a to zvážením hliníkových misek na digitální váze. Misky se označily lihových fixem příslušným číslem dle tab. 4, nasypal se vzorek materiálu a zvážil na digitální váze. Následně se vzorky umístili do sušárny, která byla zapnuta na teplotu 105 °C po dobu 72 hodin (viz obr. 31). Dne 7. 2. 2018 bylo provedeno kontrolní převážení vysoušených vzorků a dne 9. 2. 2018 bylo ukončeno vysoušení vzorků. Zjištěné hodnoty byly zapsány do tabulky (viz tab. 4) a vyhodnoceny dle klasifikace vlhkosti ČSN P 73 0610 (viz tab. 3).



Obr. 31 – Sušárna



**Tab. 3 – Klasifikace vlhkosti [4]**

<b>Klasifikace vlhkosti dle ČSN P 73 0610</b>	
Hmotnostní vlhkost w [%]	Specifikace vlhkosti
<3	Velmi nízká
3-5	Nízká
5-7,5	Zvýšená
7,5-10	Vysoká
>10	Velmi vysoká

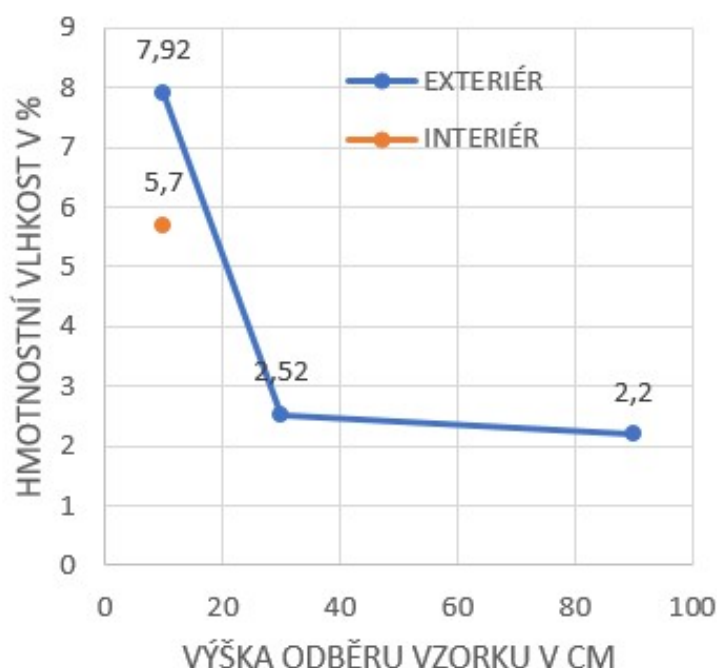
**Tab. 4 – Výskyt vlhkosti ve svislých konstrukcích**

Ozn.	Hmotnost vlhkého vzorku $m_w$ [g]	Kontrolní vážení $m_1$ [g]	Hmotnost vysušeného vzorku $m_d$ [g]	Vlhkost ve zdivu [%hm.] <sub>2</sub>	Hodnocení vlhkosti
1	11,6	11,6	11,5	0,87	<b>Velmi nízká</b>
2	83,4	79,4	78,9	5,70	<b>Zvýšená</b>
2a (1)	25,9	24,1	24	7,92	<b>Vysoká</b>
2a (2)	101,7	99,4	99,2	2,52	<b>Velmi nízká</b>
2a (3)	55,8	55	54,6	2,20	<b>Velmi nízká</b>
3	97,5	92,6	92,3	5,63	<b>Zvýšená</b>
3a	38,6	35,9	35,7	8,12	<b>Vysoká</b>
4	12,8	11,8	11,7	9,40	<b>Vysoká</b>
4a	18,8	18,3	18,1	3,87	<b>Nízká</b>
4b	8,1	7,7	7,6	6,58	<b>Zvýšená</b>
5	38,4	38	37,9	1,32	<b>Velmi nízká</b>
5a (1)	29,6	26,9	26,4	12,12	<b>Velmi vysoká</b>
5a (2)	8,1	7,7	7,6	12,18	<b>Velmi vysoká</b>
5a (3)	19,3	17,6	17,2	12,21	<b>Velmi vysoká</b>
6	78,5	77,7	77,5	1,29	<b>Velmi nízká</b>
6a (1)	21,6	20,2	19,9	8,54	<b>Vysoká</b>
6a (2)	45,8	44,6	44,5	2,92	<b>Velmi nízká</b>
6a (3)	92,6	90,6	90,4	2,43	<b>Velmi nízká</b>
7	86,8	82,9	81,7	6,24	<b>Zvýšená</b>

<sup>2</sup> Spočteno dle vzorce:  $wh = \frac{m_w - m_d}{m_d} \cdot 100\%$

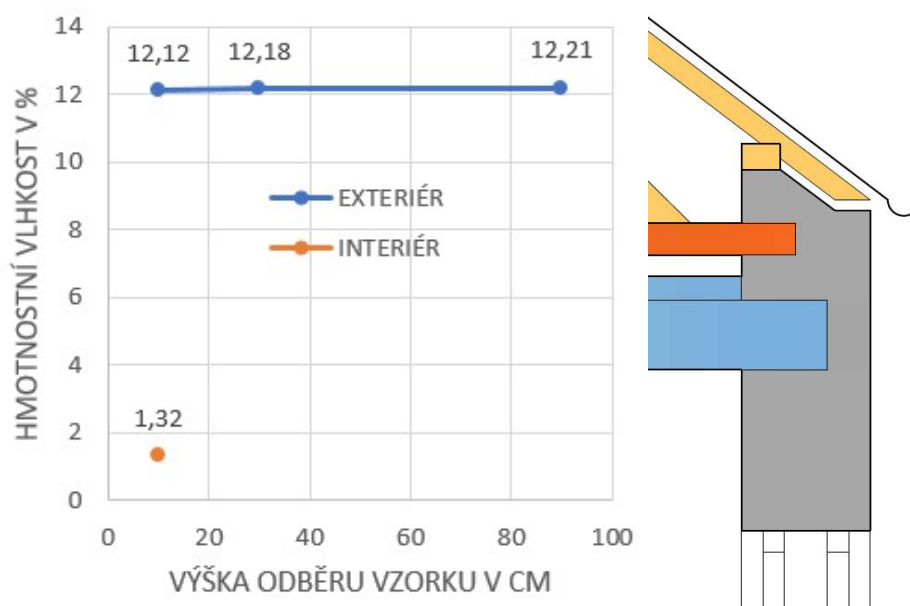
### 3.2.1. ZHODNOCENÍ VLHKOSTNÍHO PRŮZKUMU

Průzkum vzorků 2 ukázal, že na fasádní straně ve výšce 400 mm nad terénem je vlhkost vysoká a se vzrůstající výškou odběru vlhkost klesá. Ve výšce 1200 mm nad terénem už je vlhkost velmi nízká. V interiéru ve výšce odběru 100 mm nad podlahou je vlhkost zvýšená. Z výše zmíněných hodnot tedy vyplývá, že dochází k pronikání vlhkosti do konstrukce v důsledku chybějící hydroizolace.



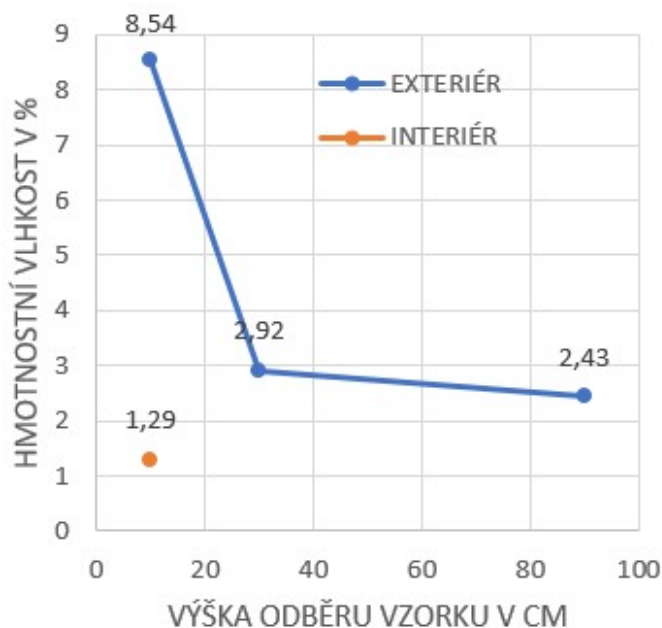
Obr. 32 – Zhodnocení obsahu vlhkosti vzorku 2

Průzkum vzorků 5 ukázal, že na fasádní straně ve výšce 400 mm nad terénem je vlhkost velmi vysoká a se vzrůstající výškou odběru vlhkost ještě více stoupá. V interiéru ve výšce odběru 100 mm nad podlahou je vlhkost velmi nízká. Z výše zmíněných hodnot tedy vyplývá, že objekt má na severní straně zřejmě špatně provedenou nadezdívku a je navrženo špatné odvodnění střechy, takže dochází k pronikání vody do konstrukce.



Obr. 33 - Zhodnocení obsahu vlhkosti vzorku 5

Průzkum vzorků 6 ukázal, že na fasádní straně ve výšce 400 mm nad terénem je vlhkost vysoká a se vzrůstající výškou odběru vlhkost klesá. Ve výšce 1200 mm nad terénem už je vlhkost velmi nízká. V interiéru ve výšce odběru 100 mm nad podlahou je vlhkost zvýšená. Stejně jako u vzorku 2 z výše zmíněných hodnot vyplývá, že dochází k pronikání vlhkosti do konstrukce a objekt zřejmě postrádá drenáž po obvodu objektu i hydroizolaci.



Obr. 34 - Zhodnocení obsahu vlhkosti vzorku 6

### 3.3. PRŮZKUM SALINITY

Průzkum salinity probíhal na Fakultě stavební ČVUT v Praze v laboratoři D1035 – Katedra konstrukcí pozemních staveb. Průzkum salinity započal dne 28. 2. 2018 v 9 hodin. Do připravených Erlenmeyerových baněk bylo pomocí digitální váhy naváženo 2 g rozdrčeného vzorku označeného jako A a 7 dle obr. 29. Poté se do Erlenmeyerovy baňky nalilo 100 ml destilované vody a baňky byly přesunuty do ultrazvukové lázně, aby došlo k oddělení a rozmělnění jednotlivých částic od sebe (viz obr. 35). Baňky byly v ultrazvukové lázni cca 5 minut. Následně se baňky umístily na elektrický vaříč, kde se zahřívaly až do bodu varu. Takto zahřáté baňky se po vychladnutí odložily a nechaly sedimentovat do druhého dne tj. 1. 3. 2018 (viz obr. 36).



Obr. 35 – Ultrazvuková lázeň



Obr. 36 – Připravené roztoky

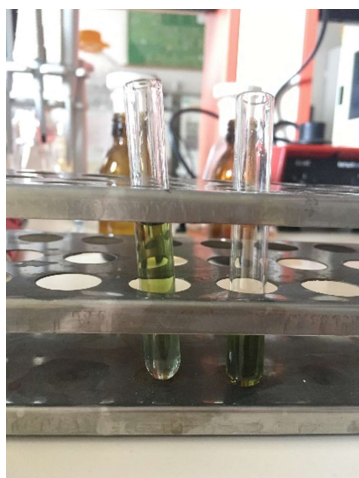
Dne 1. 3. 2018 se ze sedimentovaných vzorků odebralo část vzorku bez zákalu a sedimentů, které se pomocí automatické pipety vložily do nových, čistých, hnědě zbarvených skleniček označených číslem vzorku.



Obr. 37 – Upravené vzorky

### 3.3.1. pH VZORKŮ

Hodnoty pH daných vzorků byly zjištěny pomocí univerzálních indikátorů. Do stojánku na zkumavky byly umístěny 2 čisté zkumavky a pomocí automatické pipety bylo odebráno 1 ml upraveného vzorku. Poté se do každé zkumavky přidaly 3 kapky univerzálních indikátorů a zkumavky se ručně protřepaly (viz obr. 38). Po ukončení reakce roztoku s indikátorem se stanovila hodnota pH na základě kolorimetrické reakce, resp. barvy (viz obr. 39).



Obr. 38 – Zbarvené vzorky



Obr. 39 – Porovnání vzorku se stupnicí

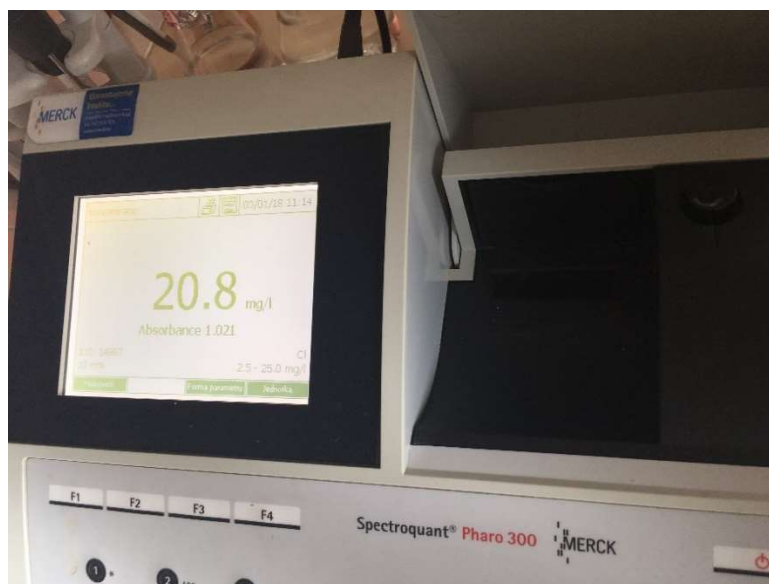
Dle obr. 39 lze usuzovat, že vzorek A má pH 8,0 a vzorek 7 má pH 7,0 tzn. zásada.

### 3.3.2. CHLORIDY $\text{Cl}^-$

*„Chloridové ionty reagují s thiokyanátem rtuťnatým přičemž vytvářejí mírně disociovaný chlorid rtuťnatý. Uvolněný thiokyanát reaguje s železitými ionty a vytváří červený thiokyanát železitý, který se stanovuje fotometricky. Tato metoda je analogická s EPA 325,1 a US Standard Methods 4500 – CTE.“ [5]*

Do připravených zkumavek označených číslem vzorku se pomocí automatické pipety odměřilo 5 ml upraveného vzorku. Do každé zkumavky se přidalo 2,5 ml činidla  $\text{Cl}^-$  a 0,5 ml činidla  $\text{Cl}^-$ . Zkumavka se na automatické třepačce promíchala, nechala 1 minutu ustát a vzorek se vyhodnotil. Vzorek 7 se umístil do kyvety a následně do UV-VIS fotometru Spectroquant Pharo 300. Přístroj stanovil hodnotu obsahu chloridů iontů 20,8 mg/l.

U vzorku A stanovil přístroj koncentrace chloridových iontů větší než 25 mg/l, to znamenalo použití druhého postupu. Do čisté zkumavky bylo automatickou pipetou odměřeno 1 ml upraveného vzorku. Poté se přidalo 2,5 ml činidla  $\text{Cl}^{-1}$  a 0,5 ml činidla  $\text{Cl}^{-2}$ . Druhé měření vzorku A bylo úspěšné a přístroj stanovil hodnotu 211 mg/l.



Obr. 40 - UV-VIS fotometr Spectroquant Pharo 300

Tab. 3 – Klasifikace chloridů [4]

Stupeň zasolení zdiva	Obsah chloridů v mg/g
Nízký	<0,75
Zvýšený	0,75 - 2,0
Vysoký	2,0 - 5,0
Velmi vysoký	>5,0

Tab. 4 – Měření obsahu chloridů

	Jednotky	Hodnoty	
		A	7
Vzorek	-	A	7
Hmotnost vzorku	G	2,3 g	2,1 g
Obsah chloridových iontů <sup>3</sup>	mg/g	9,17	0,99
Ředění vzorku		-	-
Klasifikace vzorku	-	<b>Velmi vysoký</b>	<b>Zvýšený</b>

<sup>3</sup> Spočteno dle vzorce:  $= \frac{\text{hodnota vzorku v mg/l}}{10.m}$

### 3.3.3. AMONIAK $\text{NH}_4^+$

„Amoniakální dusík ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) se vyskytuje částečně ve formě amonných iontů a částečně jako amoniak. Mezi těmito formami existuje rovnováha závislá na hodnotě pH. V silně alkalických roztocích je  $\text{NH}_4\text{-N}$  přítomný téměř výhradně jako amoniak, který reaguje s chlornany a vzniká monochloramin. Tento dále reaguje s thymolem a vzniká modrý indofenol, jehož koncentrace se poté stanovuje fotometricky.“ [5]

Do připravených zkumavek označených číslem vzorku se pomocí automatické pipety odměřilo 5 ml upraveného vzorku. Do každé zkumavky se přidalo 0,6 ml činidla  $\text{NH}_4^{-1}$  a jedna modrá mikrolžička činidla  $\text{NH}_4^{-2}$ . Zkumavka se energicky protřepala, nechala 5 minutu ustát a přidaly se 4 kapky činidla  $\text{NH}_4^{-3}$ . Po 5 minutách se vzorek vyhodnotil. Vzorek 7 se umístil do kyvety a následně do UV-VIS fotometru Spectroquant Pharo 300. Přístroj stanovil hodnotu obsahu amoniaku 0,18 mg/l. Stejným postupem se stanovil i vzorek A, avšak u vzorku A byla koncentrace amoniaku nulová.

**Tab. 5 – Měření obsahu amoniaku**

	Jednotky	Hodnoty	
Vzorek	-	A	7
Hmotnost vzorku	G	2,3 g	2,1 g
Obsah chloridových iontů <sup>4</sup>	mg/g	0	0,01
Ředění vzorku		-	-
Klasifikace vzorku	-	-	-

<sup>4</sup> Spočteno dle vzorce:  $= \frac{\text{hodno vzorku v mg/l}}{10.m}$



### 3.3.4. DUSIČNANY $\text{NO}_3^-$

„V koncentrované kyselině sírové reagují ionty dusičnanů s derivátem kyseliny benzoové a vytvářejí červeně zbarvenou nitro sloučeninu, jejíž koncentrace se stanovuje fotometricky.“ [5]

Do připravených lahvíček označených číslem vzorku se dala jedna zarovnaná modrá mikrolžička činidla  $\text{NO}_3^-1$  a přidalo se 5 ml činidla  $\text{NO}_3^-2$ . Lahvička se protřepala a čekalo se do úplného rozpuštění látek. Poté se přidalo 1,5 ml upraveného vzorku. Vzorky se nechaly ustát a mohly se vyhodnotit. Vzorek 7 se umístil do kyvety a následně do UV-VIS fotometru Spectroquant Pharo 300. Příklad stanovil hodnotu obsahu dusičnanů 41,5 mg/l. Stejným postupem se stanovil i vzorek A, avšak vzorek se musel naředit 1:10 destilovanou vodou, kvůli vysokým hodnotám dusičnanů a celý pokus zopakovat. Druhé měření vzorku A bylo úspěšné a přístroj stanovil hodnotu 24,5 mg/l.



Obr. 41 – Vzorky pro určení obsahu dusičnanů

Tab. 5 – Klasifikace dusičnanů [4]

Stupeň zasolení zdiva	Obsah dusičnanů v mg/g
Nízký	<1,0
Zvýšený	1,0 - 2,5
Vysoký	2,5 - 5,0
Velmi vysoký	>5,0



**Tab. 6 – Měření obsahu dusičnanů**

	Jednotky	Hodnoty	
Vzorek	-	A	7
Hmotnost vzorku	G	2,3 g	2,1 g
Obsah chloridových iontů <sup>5</sup>	mg/g	10,65	1,98
Ředění vzorku		1:10	-
Klasifikace vzorku	-	<b>Velmi vysoký</b>	<b>Zvýšený</b>

### 3.3.5. SÍRANY SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

„Ionty síranů reagují s jodičnanem barnatým, uvolňují se ionty jodičnanu. Ty oxidují a vytváří se hnědočervená sloučenina, která se stanovuje fotometricky.“ [5]

Do připravených zkumavek označených číslem vzorku se pomocí automatické pipety odměřilo 2,5 ml upraveného vzorku. Do každé zkumavky se přidaly 2 kapky činidla SO<sub>4</sub><sup>-1</sup> a jedna modrá mikrolžička činidla SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>. Zkumavka se energicky protřepala a zahřívala se po dobu 5 minut na 40 °C. Poté se přidalo 2,5 činidlo SO<sub>4</sub><sup>-3</sup> a přes filtrační papír se do prázdné, čisté zkumavky přefiltroval vzorek. Po přefiltrování se do zkumavky přidaly 4 kapky činidla SO<sub>4</sub><sup>-4</sup> a opět po dobu 7 minut zahřívaly na 40 °C. Po 7 minutách se vzorek A umístil do kyvety a následně do UV-VIS fotometru Spectroquant Pharo 300. Příklad stanovil hodnotu obsahu síranů 48 mg/l. Stejným postupem se stanovil i vzorek 7, avšak vzorek se musel naředit 1:10 destilovanou vodou, kvůli vysoké koncentraci síranů a celý pokus zopakovat. Druhé měření vzorku 7 bylo úspěšné a přístroj stanovil hodnotu 107 mg/l.

**Tab. 7 – Klasifikace síranů [4]**

Stupeň zasolení zdiva	Obsah síranů v mg/g
Nízký	<5,0
Zvýšený	5,0 - 20,0
Vysoký	20,0 - 50,0
Velmi vysoký	>50,0

<sup>5</sup> Spočteno dle vzorce: =  $\frac{\text{hodnota vzorku v mg/l}}{10.m}$

**Tab. 8 – Měření obsahu síranů**

	Jednotky	Hodnoty	
Vzorek	-	A	7
Hmotnost vzorku	G	2,3 g	2,1 g
Obsah chloridových iontů <sup>6</sup>	mg/g	2,09	50,95
Ředění vzorku		-	1:10
Klasifikace vzorku	-	<b>Nízký</b>	<b>Velmi vysoký</b>

### 3.3.6. ZHODNOCENÍ PRŮZKUMU SALINITY

Průzkum salinity vzorku A ukazuje velmi vysoký obsah chloridů. Velmi vysoký obsah chloridů je nejspíše způsoben blízkostí komunikace, která se v zimních obdobích solí proti námraze. Průzkum salinity vzorku 7 ukazuje zvýšený obsah chloridů a dusičnanů, který je zřejmě způsoben využitím prostoru pro ustájení a chov hospodářských zvířat. Dále také velmi vysoký obsah síranů, který se do zdiva dostává s největší pravděpodobností z podloží, protože podlaha v této zkoumané části objektu postrádá hydroizolaci a jedná se pouze o kameny v pískovém loži.

**Tab. 9 – Zhodnocení průzkumu salinity**

	Vzorek A		Vzorek 7	
<b>Chloridy Cl<sup>-</sup></b>	9,17 mg/g	Velmi vysoký	0,99 mg/g	Zvýšený
<b>Dusičnany NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	10,65 mg/g	Velmi vysoký	1,98 mg/g	Zvýšený
<b>Amoniak NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	0 mg/g	-	0,01 mg/g	-
<b>Sírany SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	2,09 mg/g	Nízký	50,95 mg/g	Velmi vysoký

<sup>6</sup> Spočteno dle vzorce:  $= \frac{\text{hodnota vzorku v mg/l}}{10.m}$

## 4. SANACE PORUCH

### 4.1. SANACE VLHKOSTI

Než zvolíme metodu sanace vlhkosti je důležité si určit následující hodnoty: pH, vlhkosti ve zdivu, obsahu síranů, chloridů, amoniaku a dusičnanů. Důležitým faktorem je i to, v jaké části objektu sanaci provádíme. Mohli bychom totiž narušit statiku objektu například tím, že provedeme podřezání stěny, která podpírá klenbovou konstrukci.

Uvedené hodnoty jsem si zjistila na základě laboratorního průzkumu ze vzorků, které jsem odebrala z objektu viz kap. 3. Pro přehlednost a pro zvolení sanační metody jsou v následující tabulce uvedeny nejvyšší koncentrace hodnot v celém objektu.

**Tab. 10** – Hodnoty pro výběr druhu sanační metody

pH	8
<b>Průměrná vlhkost ve zdivu</b>	7 % hm.
<b>Obsah chloridů</b>	9,17 mg/g
<b>Obsah amoniaku</b>	0 mg/g
<b>Obsah dusičnanů</b>	10,65 mg/g
<b>Obsah síranů</b>	50,95 mg/g

Použití mechanických metod není vhodné u zdiva smíšeného a kamenného, degradovaného, narušeného a u budov s klenbami. Vzduchoizolační metody jsou vhodné pouze v rozsahu vlhkosti od 4 - 7 % hm. Infuzní metody jsou vhodné u zdiva smíšeného s pH > 8 a vlhkost zdiva by měla být v rozmezí 11 – 13 % hm., ale nelze je použít kvůli omezujícímu obsahu solí ve zdivu do 1 % a obsah dusičnanů ve zdivu do 0,2 %. Elektrofyzikální metody jsou též vhodné u zdiva smíšeného s pH > 8, bohužel ale nejsou vhodné pro zdivo s obsahem solí více než 1 %. Z toho vyplývá, že ani jedna z metod není pro maximální hodnoty měřených vzorků vhodná.

Jelikož jsem při laboratorním průzkumu vlhkosti zjistila, že vlhkost v odebraných vzorcích se pohybuje průměrně okolo 7 % hm., lze tady použít vzduchoizolační metodu. Vzduchoizolační metoda v kombinaci s odvětráním

podloží je jednak vhodná pro sanaci vlhkého zdiva, ale také pro snížení radonového rizika v objektu.

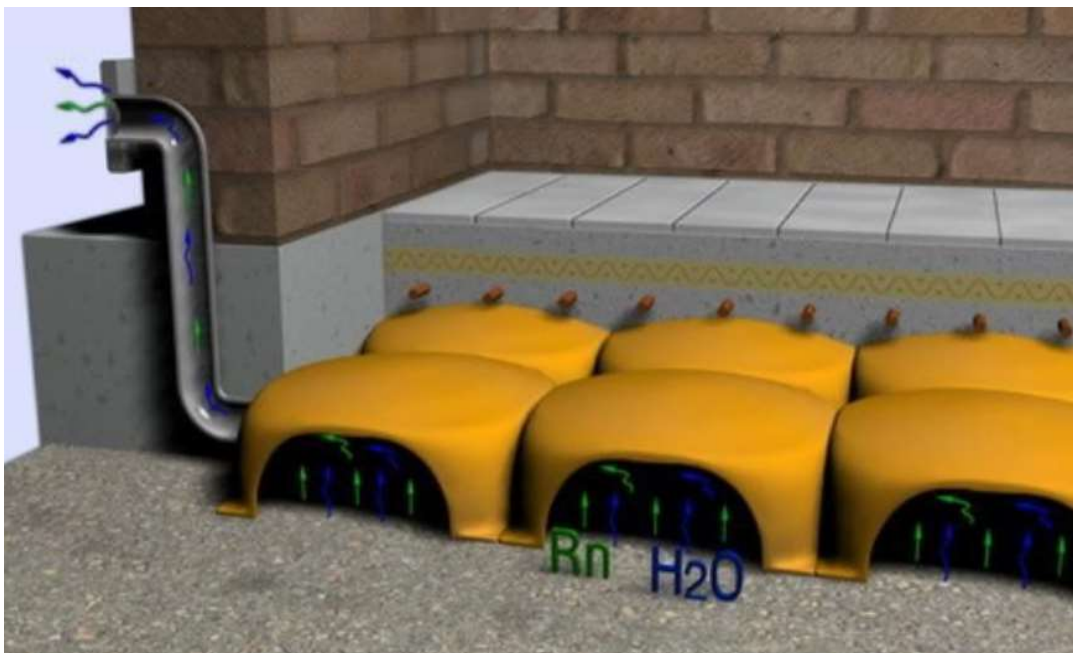
**Tab. 11 – Sanační metody a jejich použití**

Vlastnosti zdiva	Mechanické metody	Vzduchoizolační metody	Infuzní metody	Elektrofyzikální metody
Smíšené	Použití mechanických metod není vhodné u zdiva smíšeného a kamenného, degradovaného a narušeného a u budov s klenbami	Vzduchoizolační metody jsou vhodné pouze v rozsahu vlhkosti od 4 - 7 % hm.  Lze použít	Lze použít	Lze použít
pH > 8			Lze použít	Lze použít
Vlhkost >12,21 %			Lze použít	Lze použít
Obsah chloridů >9,17 mg/g			Nelze použít	Nelze použít
Obsah dusičnanů >10,65 mg/g			Nelze použít	Nelze použít
Obsah síranů >50,95 mg/g			Nelze použít	Nelze použít

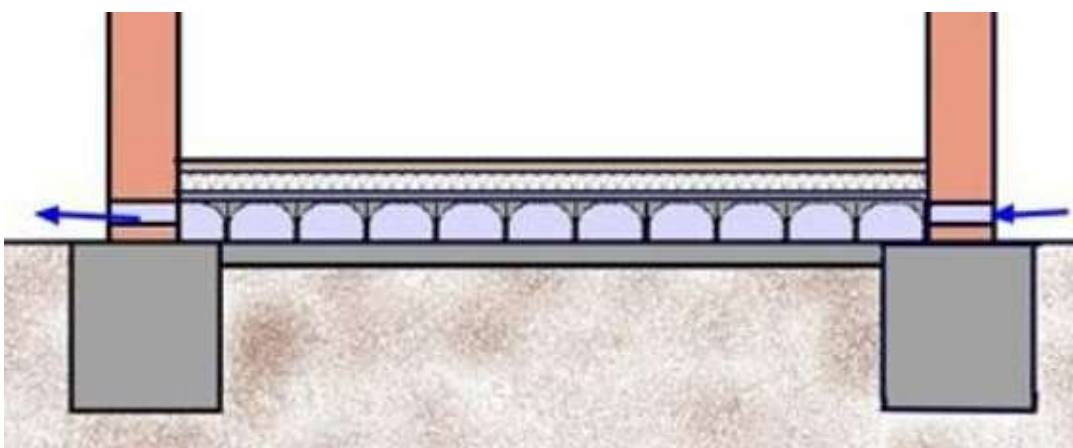
#### **4.1.1. SANACE VLHKOSTI VZDUCHOIZOLAČNÍ METODOU V KOMBINACI SE SANAČNÍMI OMÍTKAMI**

Vzduchoizolační metoda je metoda dodatečné ochrany proti zvýšené vlhkosti ve zdivu, stěnách a podlahách. Efektivita vzduchových kanálků je poměrně nízká. Hmotnostní vlhkost lze touto metodou snížit pouze o 2 - 3 %. Principem této metody je oddělení konstrukce od zdroje vlhkosti vzduchovou dutinou s trvalým přísunem vzduchu. Proudění vzduchu ve vzduchové dutině může být přirozené nebo nucené pomocí ventilátorů.

Nejvhodnějším řešením jsou vzduchové dutiny v podlaze. Vzduchové dutiny v podlaze se vytvářejí pomocí speciálních tvarovek zvaných jako „iglú“ z HDPE termoplastu. Tyto tvarovky se po uložení do podlahy zalijí betonem s vloženou výztuží. Tato metoda je méně nákladná, má dlouhou dobu trvání a její provoz nevyžaduje žádnou energii. Nevýhodou je pomalý pokles vlhkosti. [9]



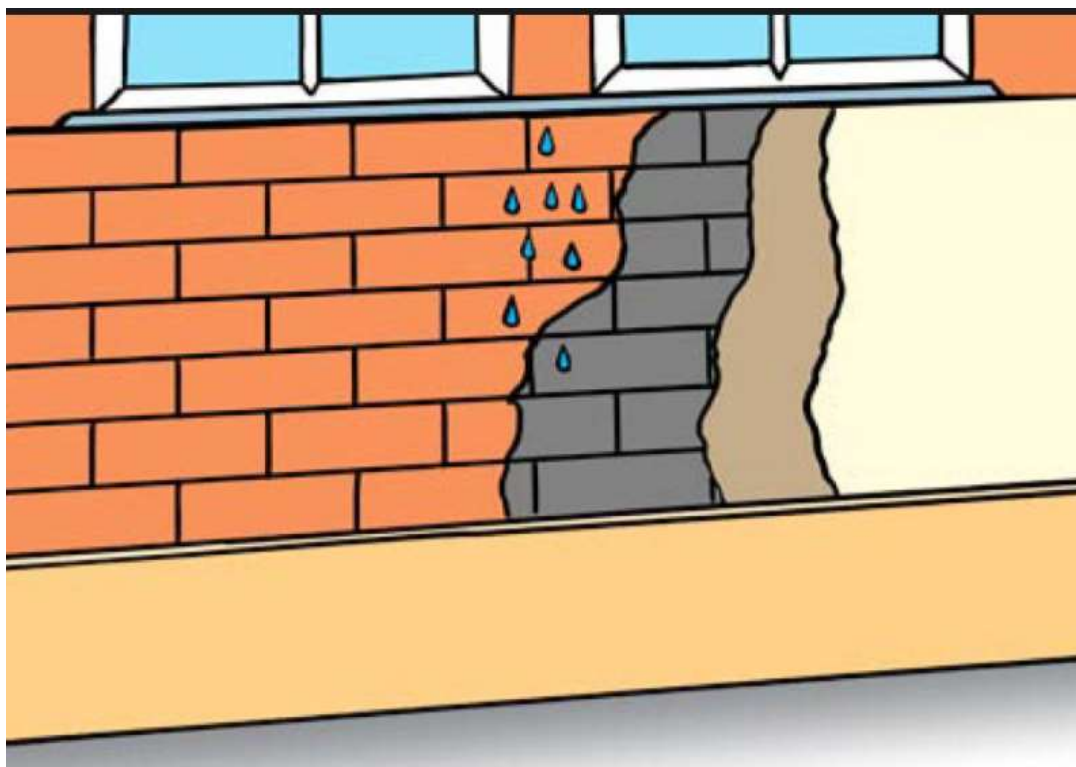
Obr. 42 – Vložení tvarovek „iglú“ do podlahového souvrství [10]



Obr. 43 – Řez objektem s vložením tvarovek „iglú“ [11]

V závislosti na tloušťce zdiva, obsahu vlhkosti nebo teplotě je zdivo po provedení sanační metody vlhké ještě po několik měsíců či let. Běžné omítky, které se používají u novostaveb nejsou vhodné kvůli vysokému obsahu vlhkosti. Z tohoto důvodu se používají sanační omítky. Sanační omítky jsou označovány jako „suchá maltová směs s vysokou porozitou a paropropustností při současně velmi nízké kapilární vzlínavosti“ [12]. Tyto omítky se vyznačují větší pórovitostí (> 40 %) a současně mají nízký difúzní odpor. V těchto omítkách nedochází ke vzlínání vody, vystupování solí na povrch a tím tvorbě výkvětů, protože sanační omítky jsou vnitřně hydrofobizované. [9]

Sanační omítky pro vysoký stupeň zasolení se skládají ze 3 částí. První vrstvu v tloušťce minimálně 5 mm tvoří podhoz, který vytvoří spojení mezi zdivem a omítkou. Druhou vrstvu v minimální tloušťce 10 mm tvoří podkladní omítky, která je určena k vyrovnání podkladu a ukládání solí. Poslední a zároveň vrchní vrstvu v minimální tloušťce 15 mm tvoří sanační omítky. Pro estetický dojem je možné aplikovat štukovou vrstvu. Tyto požadavky na sanační omítky formuluje směrnice WTA CZ 2-9-04. [9] [13]



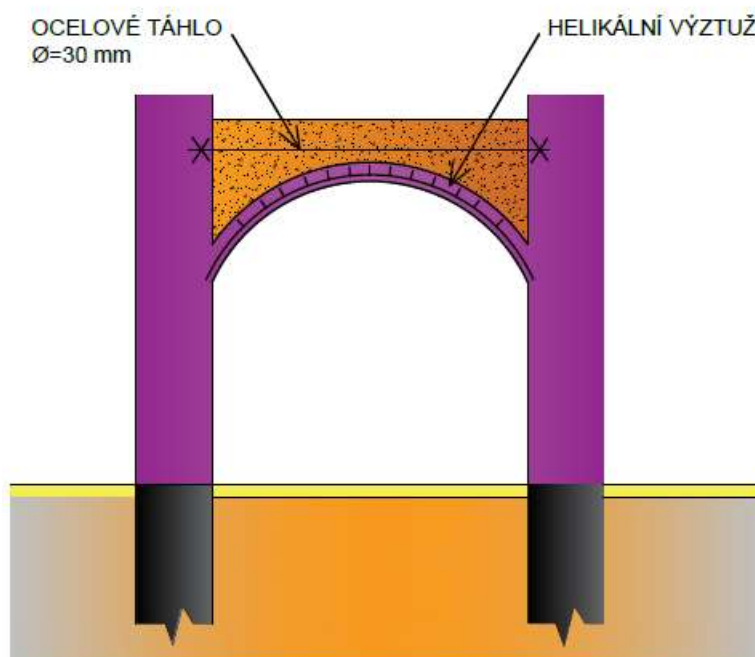
Obr. 44 – Skladba sanační omítky umístěné na zdivu [14]

## 4.2. SANACE KLENEB

Druh metody sanace klenby je závislý na druhu porušení klenby, na jejím stavu a na předpokladu využití klenby po rekonstrukci. Na základě stavebně technického průzkumu a grafického posouzení klenby je patrné, že účinky vynuceného přetvoření, tj. poklesem, posunem podpor vznikají otevřené ložné spáry v klenbové konstrukci. Pro návrh sanace klenby je potřeba tedy zvolit takovou metodu, kterou dosáhneme spřažení konstrukce a zabráníme dalším účinkům vynuceného přetvoření a tím zvětšování šířky ložné spáry.

### 4.2.1. SANACE KLENEB HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ A TÁHLÝ

Pro řešení problematiky zesílení stávajících zděných klenbových pasů jsem se rozhodla pro dodatečné vlepění nerezové helikální vysokopevnostní výztuže do trixotropní kotevní vysokopevnostní malty do připravených vrtů a drážek v daném konstrukčním prvku. Tato metoda zaručuje při přenosu zatížení účinné a efektivní dodatečné aktivování nových vyztužených ocelových profilů. Zaručuje zesílení konstrukce v oblasti zatížení tahovými silami a dává možnost neomezené škály tvarů a poloh. [7] Pro zajištění posunu podpor jsem se rozhodla pro stažení táhly v místě nadezdívky.



Obr. 45 – Sanace klenby helikální výztuží

**Tab. 12 – Výhody a nevýhody helikální výztuže [7]**

Nelimituje rozměr vrtu
Nemá nároky na krytí
Důležitá důslednost při provádění
Tvarovatelná, ohýbatelná dle průběhu drážek
Dobrá soudržnost s kotevní maltou
Jednoduchost provedení
Nároky na přesnost
Nesmí se aplikovat při teplotách pod +5 °C
Vysokopevnostní ocel ve velmi subtilních rozměrech

Metoda KOMPAKT se skládá ze dvou prvků – helikální výztuže a malty MPC 50. Helikální výztuž se vyrábí z nerezové austenitické oceli. Pevnost v tahu této oceli je dvojnásobná oproti běžným betonářským ocelím. Koroze se u těchto výztuží vyskytuje až v časovém horizontu převyšujícím životnost stavby. Nevýhodou této výztuže je, že ji nelze kvůli složitému tvaru kvalitně svařit. Lze použít pouze svařování v ochranné atmosféře argonu. Malta MPC 50 je dvousložková hmota. Suchá složka A je z jemného křemitého písku, portlandského cementu, antikoročních aditiv, mikroarmovacích vláken a další složek. Složka B je polymerová disperze. [7]



*Obr. 46 – Tvar helikální výztuže [7]*



*Obr. 47 – Průřez helikální výztuže [7]*

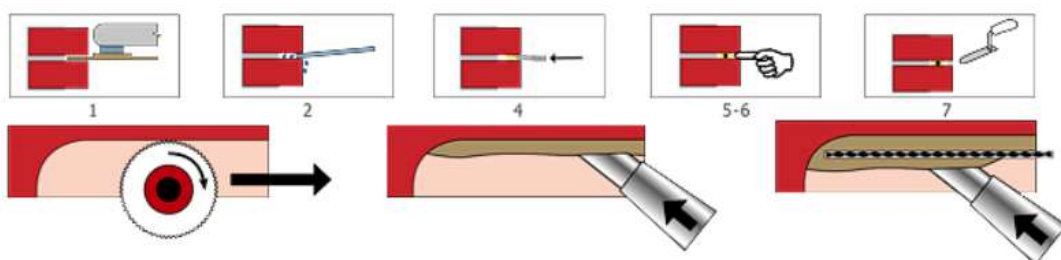
Kombinace drážek a vrtů - technologický postup :

**a) Provádění drážek**

- Drážka se vyfrézuje drážkovací frézku s diamantovými kotouči. [7]
- Drážka se vysaje, zbaví nečistot a prachu. Před vlepením helikální výztuže se drážka napenetruje. [7]
- Maltu rozmícháme přímo v originálním kyblíku míchacím nástavcem na vrtačku, smícháním suché a tekuté složky dle návodu od výrobce. [7]



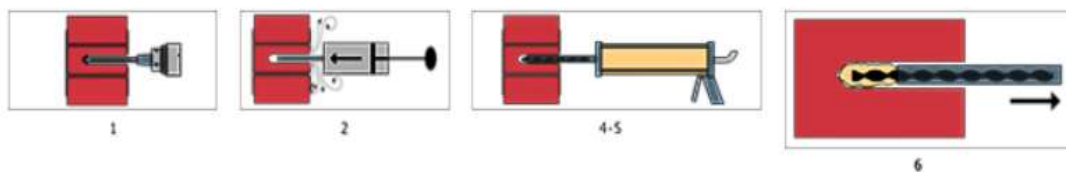
- Na aplikační pistoli nasadíme nástavec pro aplikaci do drážek a nanese na zadní stěnu drážky 10 mm silnou vrstvu malty. [7]
- Zkrácený a vytvarovaný výztužný prut vtlačíme do malty v celé délce tak, aby jím byl dokonale obalen ze zadní strany. [7]
- Na výztužný prut nanese druhou vrstvou malty. [7]
- Spárovací špachtlí zatlačíme tmel do drážky a srovnáme povrch kotevní malty v drážce. [7]



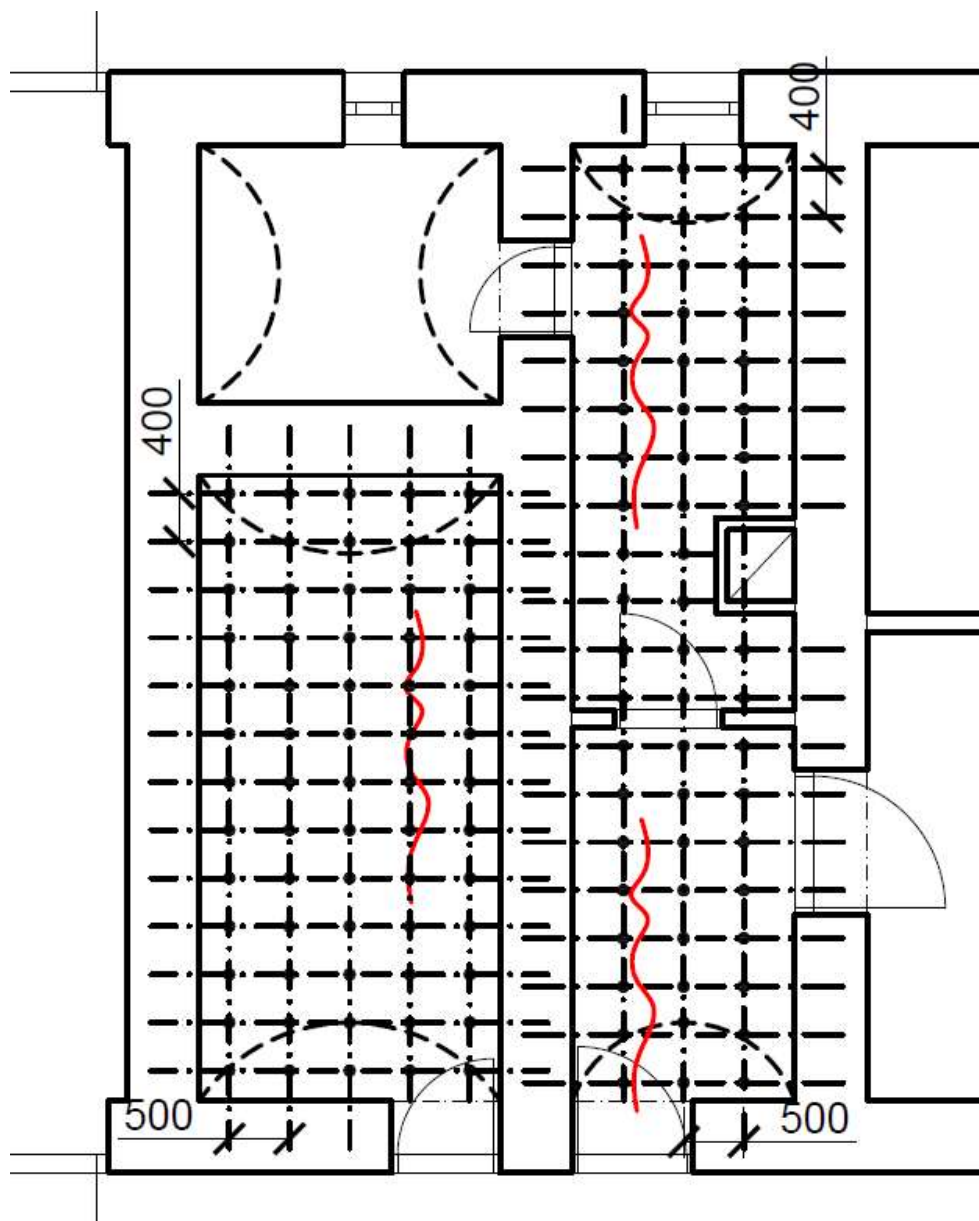
Obr. 48 – Postup provádění helikální výztuže do drážky [7]

#### b) Provádění vrtů

- Vrt provedeme do konstrukce elektrickou rotační příklepovou vrtačkou - průměr vrtu volíme dle typu vyztužení. [7]
- Vrt se vysaje, zbaví nečistot a prachu. Před vlepením helikální výztuže vrt napenetrujeme. [7]
- Maltu rozmícháme přímo v originálním kyblíku míchacím nástavcem na vrtačku, smícháním suché a tekuté složky dle návodu od výrobce. [7]
- Na aplikační pistoli nasadíme trubicový nástavec zkrácený na konkrétní hloubku vrtu. [7]
- Do nástavce vytlačíme maltu z aplikační pistole až na jeho konec a do plného nástavce vešroubujeme zkrácenou helikální výztuž, jako „náboj“. Nástavec s tmelem a výztuží pak vsuneme na dno vrtu a pomocí aplikační pistole vyinjektujeme výztuž do vrtu dokonale obalenou kotevní maltou. [7]
- Upravíme dle potřeby ústí vrtu. [7]



Obr. 49 – Postup provádění helikální výztuže do vrtu [7]



Obr. 50 – Umístění drážek a vrtů pro helikální výztuž v klenebné konstrukci

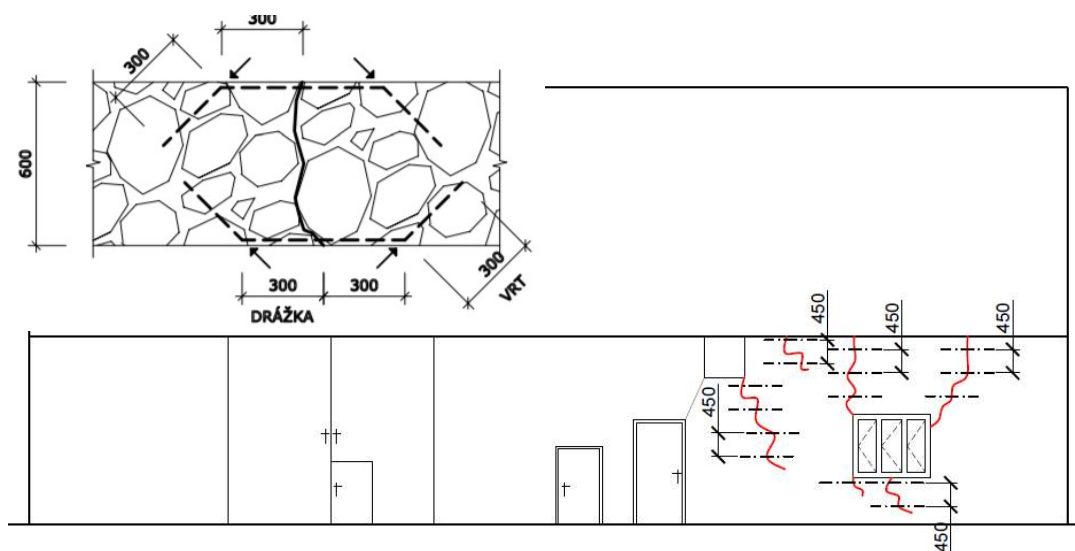
### 4.3. SANACE FASÁDNÍCH TRHLIN

Na základě stavebně technického průzkumu obvodových stěn je patrné porušení tahovými a smykovými trhlinami, a to kvůli činnosti základových konstrukcí, zejména poklesy v základové spáře. Pro návrh sanace fasádních trhlin je potřeba tedy zvolit takovou metodu, kterou zabráníme dalšímu rozevírání trhlin a oslabení konstrukce.

#### 4.3.1. SANACE FASÁDNÍCH TRHLIN HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ

Stejně jako u sanace kleneb se zde nejvhodněji jeví sanace pomocí helikální výztuže. Jedná se o dodatečné vlepení nerezové helikální vysokopevnostní výztuže do triotropní kotevní vysokopevnostní malty do připravených vrtů a drážek v daném konstrukčním prvku. Tato metoda zaručuje při přenosu zatížení účinné a efektivní dodatečné aktivování nových vyztužených ocelových profilů. Zaručuje zesílení konstrukce v oblasti zatížení tahovými silami a dává možnost neomezené škály tvarů a poloh. [7]

Vlastnosti a druh používaných materiálů je totožný jako u sanace kleneb. Neliší se ani technologický postup (provádění vrtů a drážek), jelikož sanovaná stěna je ze smíšeného zdiva tl. 600 mm a pro tyto případy se musí výztuž zahrnout pod úhlem 45° z drážky do vrtu.



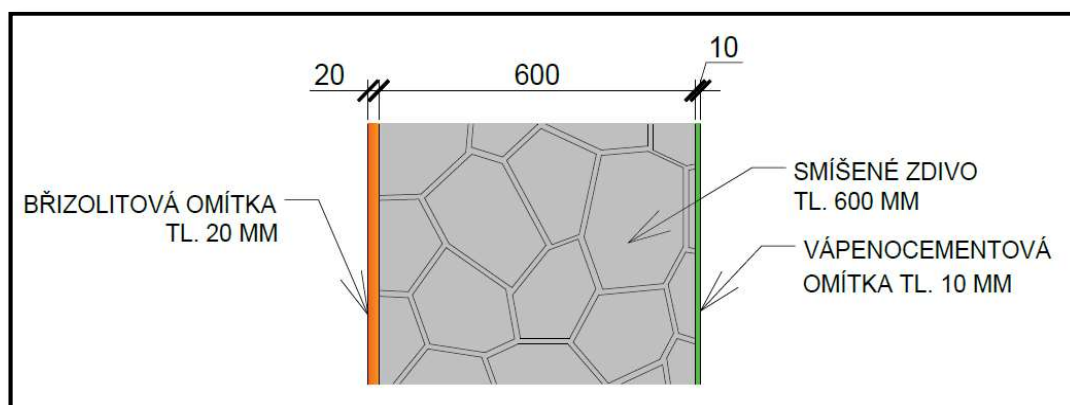
Obr. 51 – Umístění drážek a vrtů pro helikální výztuž na fasádě [7]

## 5. KONSTRUKČNÍ OBÁLKA OBJEKTU

### 5.1. STÁVAJÍCÍ SKLADBY

Skladba obvodové stěny před rekonstrukcí:

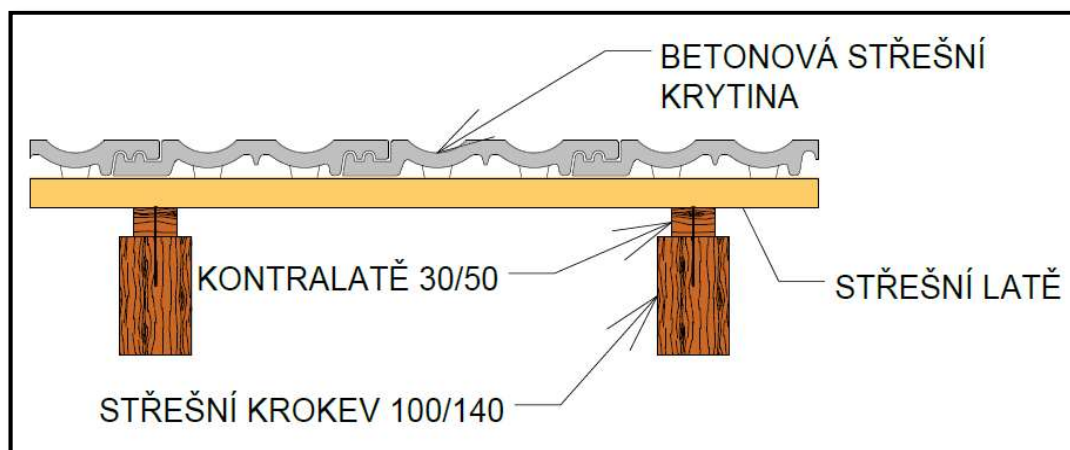
- Břizolitová omítka (cementová omítka) tl. 20 mm
- Smíšené zdivo tl. 600 mm
- Vápencementová omítka tl. 10 mm



Obr. 52 - Skladba obvodové stěny před rekonstrukcí

Skladba střechy před rekonstrukcí:

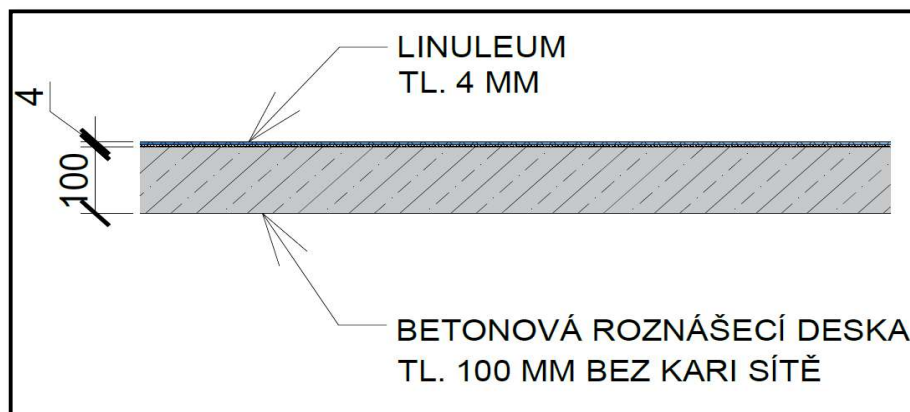
- Betonová střešní krytina
- Střešní latě
- Kontralatě 30/50
- Krokev 100/140



Obr. 53 - Skladba střechy před rekonstrukcí

Skladba podlahy na terénu v obytných místnostech před rekonstrukcí:

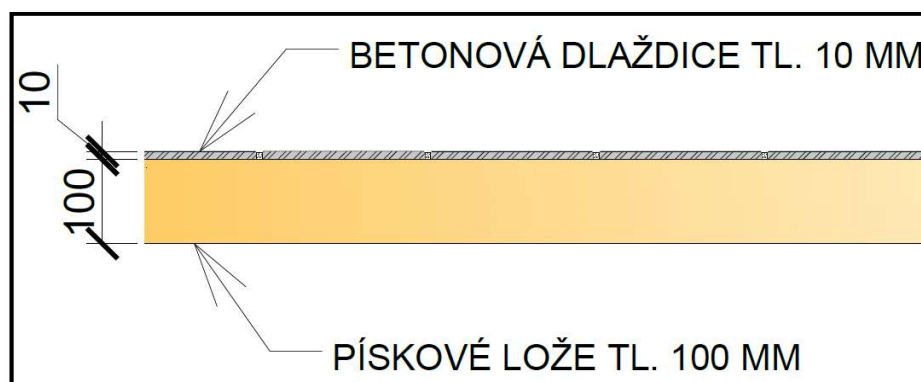
- Linoleum tl. 4 mm
- Betonová mazanina tl. 100 mm



Obr. 54 - Skladba podlahy na terénu v obytných místnostech před rekonstrukcí

Skladba podlahy na terénu v ostatních místnostech před rekonstrukcí:

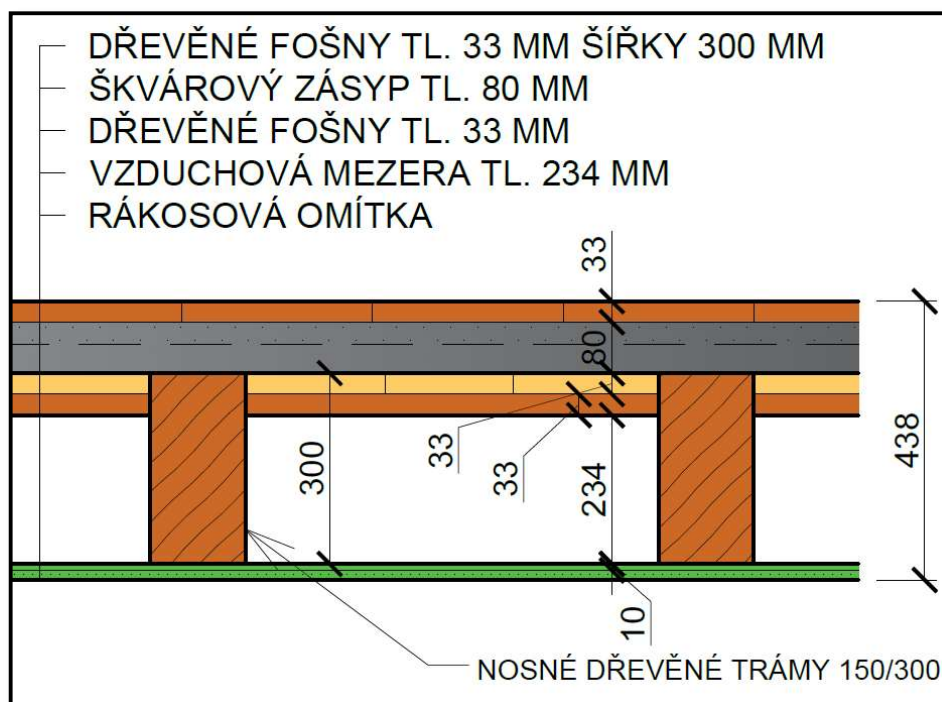
- Betonové dlaždice 200 x 200 mm
- Pískové lože tl. 100 mm



Obr. 55 - Skladba podlahy na terénu v ostatních místnostech před rekonstrukcí

Skladba stropu nad obytnými místnostmi před rekonstrukcí:

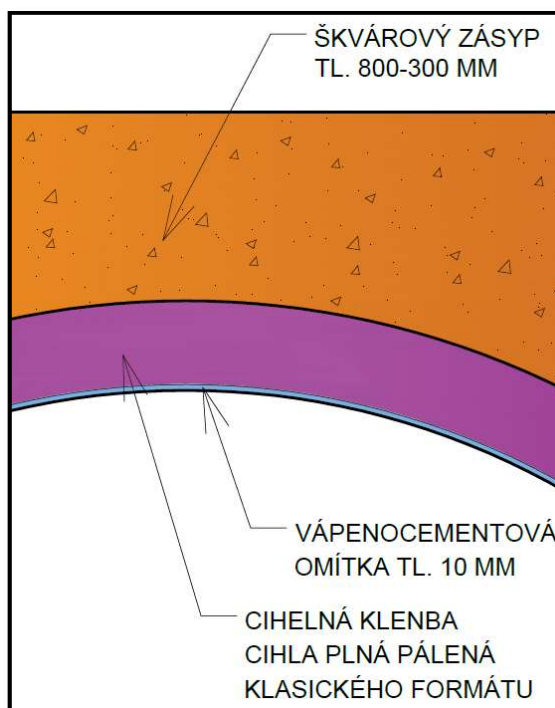
- Dřevěné fošny tl. 33 mm šířky 300 mm
- Škvárový zásyp tl. 80 mm
- Dřevěné fošny tl. 33 mm
- Nosný dřevěný trám 150/300
- Rákosová omítka



Obr. 56 - Skladba stropu nad obytnými místnostmi před rekonstrukcí

Strop nad ostatními místnostmi před rekonstrukcí:

- Škvárový zásyp (tloušťka proměnná od 800 - 300 mm)
- Cihla plná pálená standartního formátu



Obr. 57 - Strop nad ostatními místnostmi před rekonstrukcí

**Tab. 13 – Tepelně technické posouzení stávajících konstrukcí**

<b>Název konstrukce</b>	<b>Součinitel prostupu tepla dle programu TEPLO 2017</b>	<b>Požadovaný součinitel prostupu tepla</b>
<b>Obvodová stěna</b>	1,36 W/m <sup>2</sup> .K	0,30 W/m <sup>2</sup> .K
<b>Střecha</b>	Nelze stanovit	0,24 W/m <sup>2</sup> .K
<b>Podlaha v obytných místnostech</b>	3,64 W/m <sup>2</sup> .K	0,45 W/m <sup>2</sup> .K
<b>Podlahy v ostatních místnostech</b>	0,69 W/m <sup>2</sup> .K	0,45 W/m <sup>2</sup> .K
<b>Strop nad obytnými místnostmi</b>	1,16 W/m <sup>2</sup> .K	0,60 W/m <sup>2</sup> .K
<b>Strop nad ostatními místnostmi (klenba)</b>	0,66 W/m <sup>2</sup> .K	0,60 W/m <sup>2</sup> .K

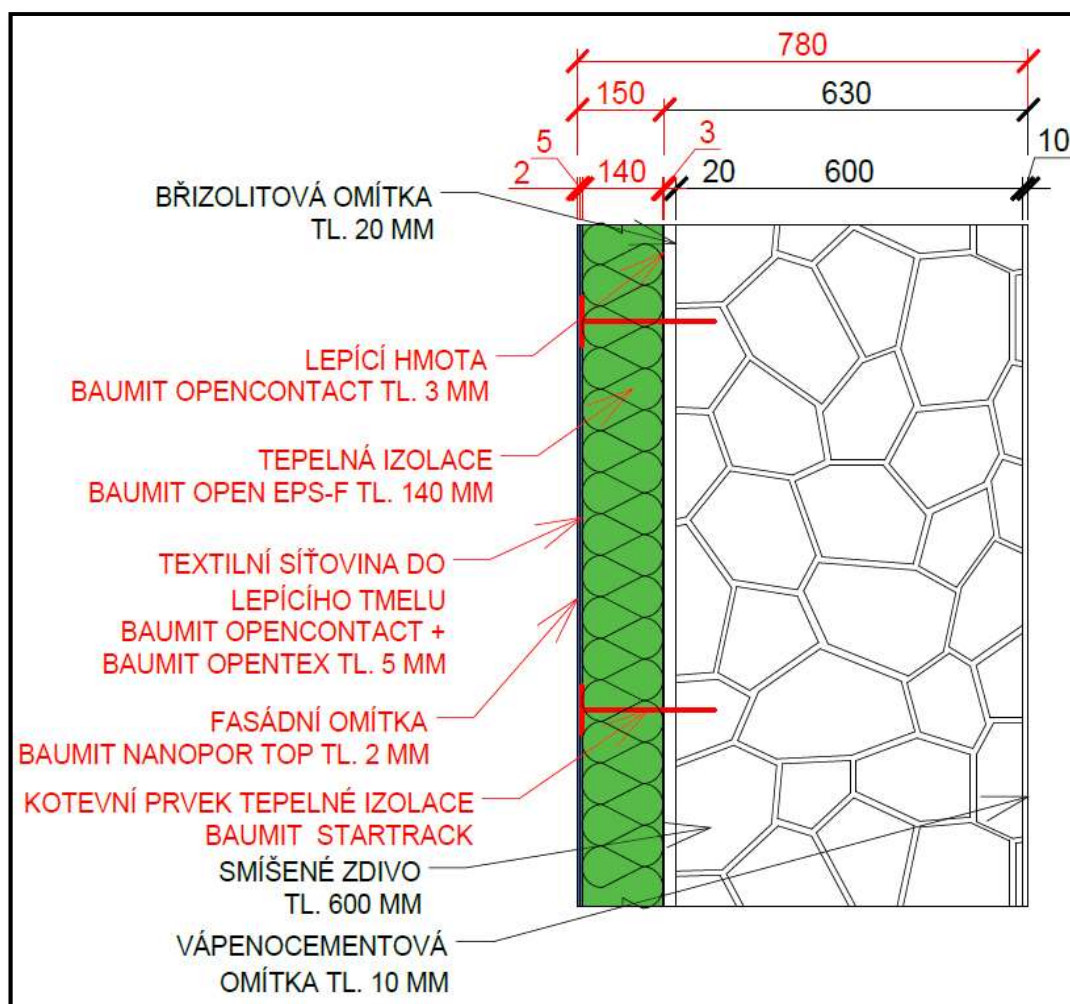
Stávající skladby jsem posoudila v programu „Teplo EDU 2017“ (viz PŘÍLOHA1). Dle předpokladů se potvrdilo, že žádná ze stávajících skladeb nevyhověla požadavkům na součinitel prostupu tepla. Nejvíce požadované hodnoty součinitele prostupu tepla přesáhly podlahy. To je způsobeno především absencí tepelné izolace v podlahovém souvrství. U střechy nelze součinitel prostupu tepla stanovit, jelikož skladba střechy neobsahuje žádnou konstrukci, která by teplo mohla zadržet. Obvodová stěna má také vysoký součinitel prostupu tepla, protože není z exteriérové strany zateplena. Toto tepelně technické posouzení obálkových konstrukcí nám tedy vypovídá o tom, že je potřeba všechny stávající konstrukce rekonstruovat.



## 5.2. NOVÉ SKLADBY

Skladba obvodové stěny po rekonstrukci:

- Fasádní omítka BAUMIT NANOPORTOP tl. 2 mm
- Textilní síťovina do lepícího tmelu BAUMIT OPENCONTACT + BAUMIT OPENTEX celková tl. 5 mm
- Tepelná izolace BAUMIT OPEN EPS-F tl. 140 mm
- Lepící hmota BAUMIT OPENCONTACT tl. 3 mm
- Břizolitová omítka (cementová omítka) tl. 20 mm
- Smíšené zdivo tl. 600 mm
- Vápenocementová omítka tl. 10 mm

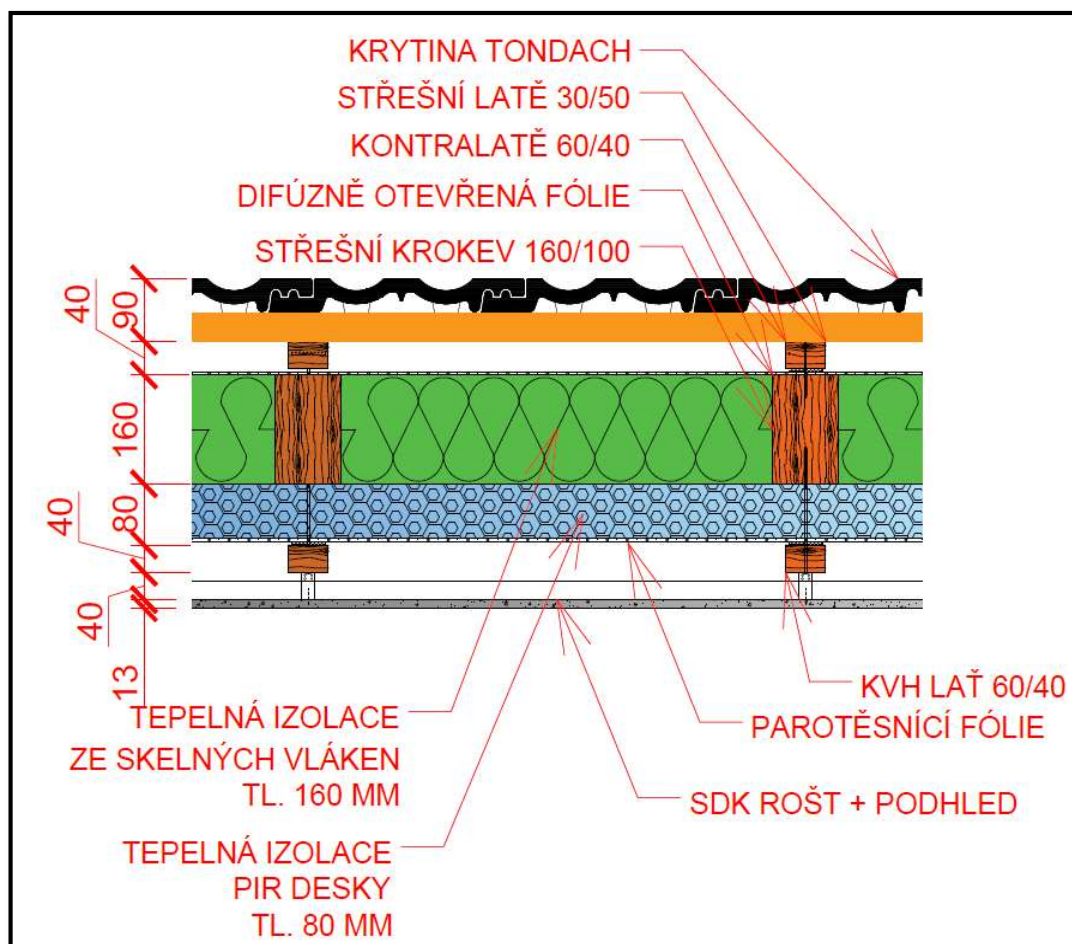


Obr. 58 - Skladba obvodové stěny po rekonstrukci



Skladba střechy po rekonstrukci:

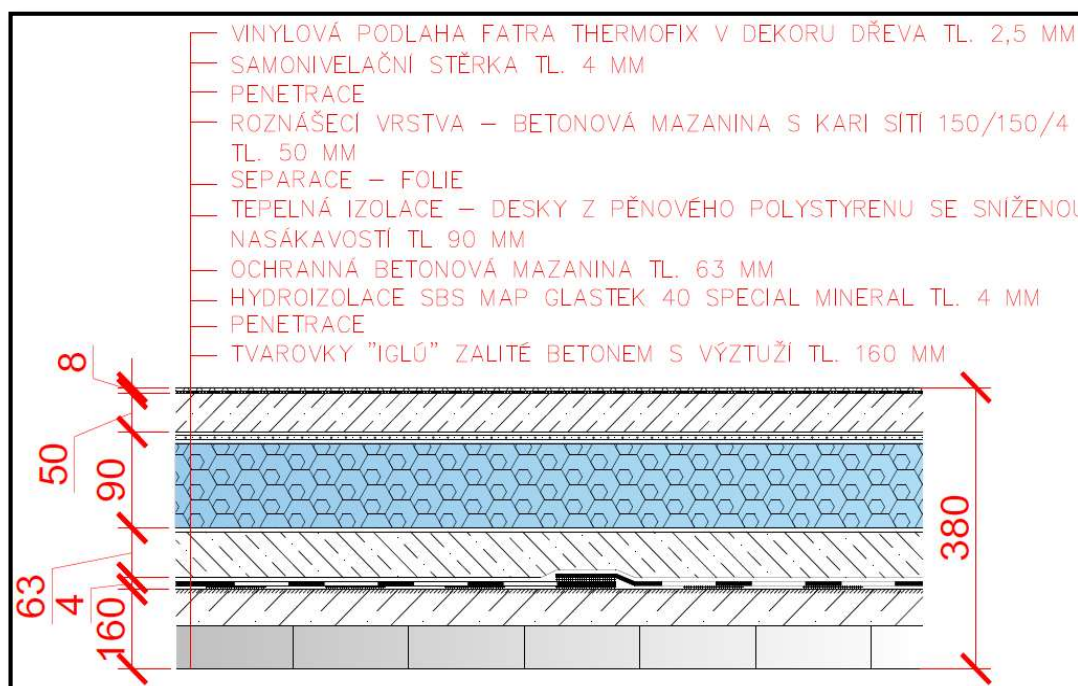
- Střešní krytina TONDACH
- Střešní latě 30/50
- Kontralať 60/40
- Difúzně otevřená fólie
- Tepelná izolace ze skelných vláken tl. 160 mm
- Tepelná izolace PIR desky tl. 80 mm
- Parotěsnící fólie
- KVH lať 60/40
- SDK rošt
- SDK podhled



Obr. 59 – Skladba střechy po rekonstrukci

Skladba podlahy na terénu v obytných místnostech po rekonstrukci:

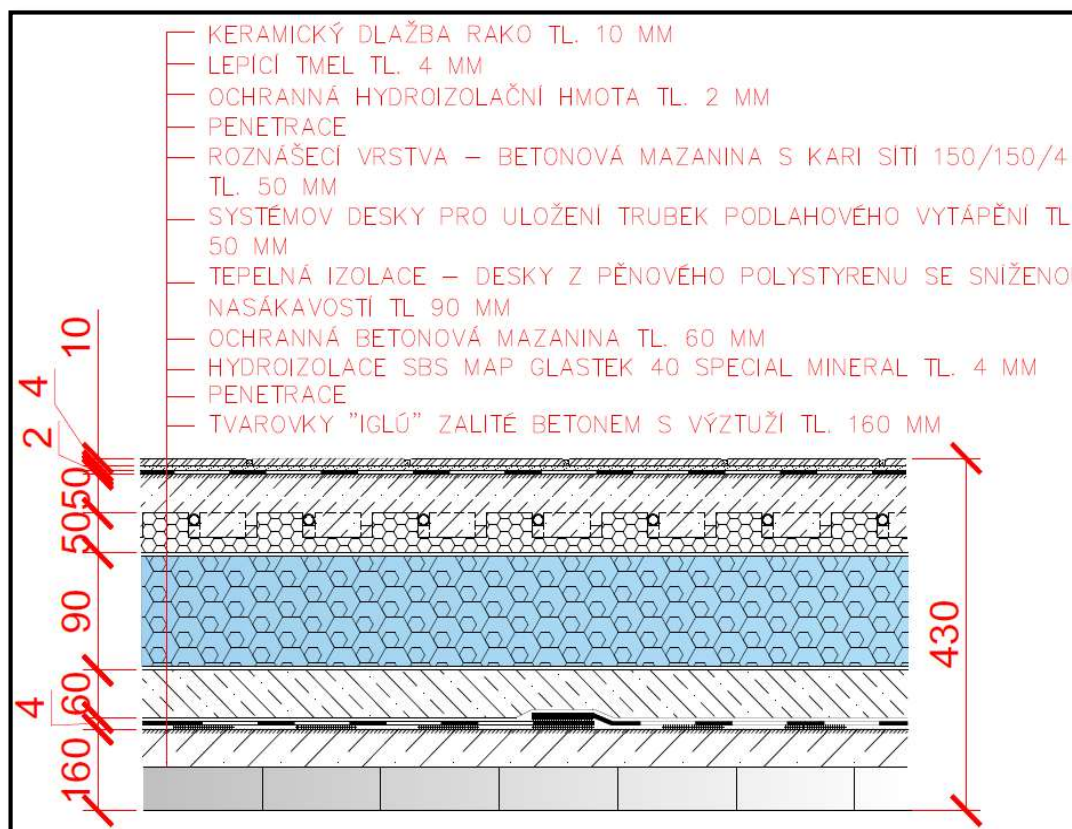
- Vinylová podlaha FATRA THERMOFIX v dekoru dřeva tl. 2,5 mm
- Samonivelační stěrka tl. 4 mm
- Penetrace
- Roznášecí vrstva - betonová mazanina s kari sítí 150/150/4 tl. 50 mm
- Separace - folie
- Tepelná izolace - desky z pěnového polystyrenu se sníženou nasákavostí tl. 80 mm
- Ochranná betonová mazanina tl. 63 mm
- Hydroizolace SBS MAP GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL tl. 4 mm
- Penetrace
- Tvarovky "IGLÚ" zalité betonem s výztuží tl. 160 mm



Obr. 60 – Skladba podlahy na terénu v obytných místnostech po rekonstrukci

Skladba podlahy na terénu v ostatních místnostech po rekonstrukci:

- Keramická dlažba RAKO tl. 10 mm
- Lepicí tmel tl. 4 mm
- Ochranná hydroizolační hmota tl. 2 mm
- Penetrace
- Roznášecí vrstva - betonová mazanina s kari sítí 150/150/4 tl. 50 mm
- Systémové desky pro uložení trubek podlahového vytápění tl. 50 mm
- Tepelná izolace - desky z pěnového polystyrenu se sníženou nasákavostí tl. 90 mm
- Ochranná betonová mazanina tl. 60 mm
- Hydroizolace SBS MAP GLASTEK MINERAL SPECIAL tl. 4 mm
- Penetrace
- Tvarovky "IGLÚ" zalité betonem s výztuží tl. 160 mm



Obr. 61 - Skladba podlahy na terénu v ostatních místnostech před rekonstrukcí

**Tab. 14 – Tepelně technické posouzení konstrukcí**

<b>Název konstrukce</b>	<b>Součinitel prostupu teplo dle programu TEPLO 2017</b>	<b>Požadovaný součinitel prostupu tepla</b>
<b>Obvodová stěna</b>	0,24 W/m <sup>2</sup> .K	0,30 W/m <sup>2</sup> .K
<b>Střecha</b>	0,15 W/m <sup>2</sup> .K	0,24 W/m <sup>2</sup> .K
<b>Podlaha v obytných místnostech</b>	0,43 W/m <sup>2</sup> .K	0,45 W/m <sup>2</sup> .K
<b>Podlahy v ostatních místnostech</b>	0,42 W/m <sup>2</sup> .K	0,45 W/m <sup>2</sup> .K
<b>Strop nad obytnými místnostmi</b>	1,16 W/m <sup>2</sup> .K	0,60 W/m <sup>2</sup> .K
<b>Strop nad ostatními místnostmi (klenba)</b>	0,66 W/m <sup>2</sup> .K	0,60 W/m <sup>2</sup> .K

Nové skladby jsem stejně jako původní skladby posoudila v programu „Teplo EDU 2017“ (viz PŘÍLOHA1). Všechny nově navržené skladby vyhověly požadavkům dle normy na součinitel prostupu tepla. Původní stropy v celém objektu nesplňují požadavky na součinitel prostupu tepla, ale po dohodě s investorem budou zachovány z důvodů vysokých nákladů na rekonstrukci. Pro zlepšení tepelně technických vlastností stropních konstrukcí dojde při přestavbě podkrovních prostorů k vytvoření vzduchové dutiny mezi stávající stropní konstrukcí a novou podlahou a vyplnění této dutiny foukanou celulózovou izolací, která bude zároveň poskytovat ochranu proti plísním a nežádoucím hlodavcům.

## ZÁVĚR

Zadáním bakalářské práce bylo zpracovat podrobný stavebně technický průzkum venkovského objektu, popsat poruchy a jejich příčiny, navrhnout sanační opatření a zpracovat novou dokumentaci pro stavební povolení. Z důvodu, že nebyla k dispozici výkresová dokumentace objektu, byla potřeba objekt zaměřit a zakreslit stávající stav. Poruchy konstrukcí byly zdokumentovány a zaznamenány do výkresů.

Stavebně technický průzkum ukázal velmi špatný stav konstrukcí. V objektu dochází k zasolení stěn a vyskytují se zde nežádoucí látky (dusičnany, sírany, chloridy) ve vysokém množství. Další vážný problém v objektu je vlhkost. Na obvodových stěnách jak z exteriérové, tak z interiérové strany se vytváří vlhkostní mapy. Pro analýzu obsahu vlhkosti ve zdivu byl proveden laboratorní průzkum. Výsledkem bylo zjištění, že ve většině odebraných vzorcích je vlhkost vysoká. To je způsobeno absencí hydroizolace v podlahovém souvrství.

Ve zkoumaném objektu jsem analyzovala mnoho poruch. Svislé konstrukce jsou porušeny vzlínající vlhkostí a také vysokým množstvím trhlin. Sanační opatření proti vzlínající vlhkosti spočívá v použití vzduchoizolační metody. Tato metoda zahrnuje v použití speciálních tvarovek „iglú“ a odvětrání podloží pomocí průduchů na fasádu. Sanační opatření proti rozevírání a vzniku nových trhlin na fasádě objektu spočívá v použití helikální výztuže, která se aplikuje do konstrukce. Klenbové konstrukce jsou taktéž narušeny trhlinami od poklesu a posunu podpor, proto je nezbytné tyto konstrukce zpevnit helikální výztuží a zabránit posunu podpor stažením táhly v místě nadezdívky.

Na závěr mé bakalářské práce byly investorovi navrženy nové doporučující skladby ohraničujících konstrukcí, které zaručí zlepšení tepelné pohody v interiéru a nižší ztráty tepla (zlepšení tepelných mostů). Na přání investora byla taktéž zpracována nová dokumentace modernizace objektu, která zahrnuje přestavbu stávajícího krovu na pronajímatelný prostor.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Katastrální mapa [1].....	9
Obr. 2 – Půdorys 1.NP – současný stav .....	10
Obr. 3 – Půdorys krovu – současný stav .....	10
Obr. 4 – Původní dokumentace objektu-půdorys 1.NP .....	11
Obr. 5 – Původní dokumentace objektu-řez I-I' .....	11
Obr. 6 – Původní dokumentace objektu – půdorys krovu .....	12
Obr. 7 – Mapa výskytu radonu [2] .....	13
Obr. 8 – Vlhkostní problém 1 .....	14
Obr. 9 – Vlhkostní problém 2 .....	14
Obr. 10 – Vlhkostní mapy na východní fasádě .....	15
Obr. 11 – Vlhkostní mapy na jižní fasádě .....	15
Obr. 12 – Vlhkostní mapy na severní fasádě .....	15
Obr. 13 – Svislá trhlina v nadpraží .....	16
Obr. 14 – Svislá trhlina v parapetu .....	16
Obr. 15 – Pohled na jižní fasádu s trhlínami .....	16
Obr. 16 – Skladba stropní konstrukce .....	17
Obr. 17 – Rozmístění dřevěných stropních trámů.....	17
Obr. 18 – Valená klenba [3] .....	18
Obr. 19 – Strop nad mlatem a pernou.....	18
Obr. 20 – Ložná spára 1 .....	18
Obr. 21 – Ložná spára 2 .....	18
Obr. 22 – Porušení horizontálních konstrukcí trhlínami.....	19
Obr. 23 – Posouzení valené klenby nad kuchyní .....	19
Obr. 24 – Řez střešní konstrukcí.....	20
Obr. 25 – Detail 1 - Šikmočelné lípnutí .....	21
Obr. 26 - Detail 2 - Osedlání .....	21
Obr. 27 – Podlaha ve stáji, mlatu .....	22
Obr. 28 – Podlaha v chodbě .....	22
Obr. 29 – Mapa odebraných vzorků pro vlhkostní průzkum a salinitu.....	23

Obr. 30 - Výškové označení odebraných vzorků pro vlhkostní průzkum a salinitu.....	24
Obr. 31 – Sušárna.....	24
Obr. 32 – Zhodnocení obsahu vlhkosti vzorku 2.....	26
Obr. 33 - Zhodnocení obsahu vlhkosti vzorku 5.....	27
Obr. 34 - Zhodnocení obsahu vlhkosti vzorku 6.....	27
Obr. 35 – Ultrazvuková lázeň.....	28
Obr. 36 – Připravené roztoky .....	28
Obr. 37 – Upravené vzorky .....	28
Obr. 38 – Zbarvené vzorky .....	29
Obr. 39 – Porovnání vzorku se stupnicí .....	29
Obr. 40 - UV-VIS fotometr Spectroqant Pharo 300 .....	30
Obr. 41 – Vzorky pro určení obsahu dusičnanů .....	32
Obr. 42 – Vložení tvarovek „iglú“ do podlahového souvrství [10].....	37
Obr. 43 – Řez objektem s vložením tvarovek „iglú“ [11].....	37
Obr. 44 – Skladba sanační omítky umístěné na zdivu [14] .....	38
Obr. 45 – Sanace klenby helikální výztuží .....	39
Obr. 46 – Tvar helikální výztuže [7].....	40
Obr. 47 – Průřez helikální výztuže [7] .....	40
Obr. 48 – Postup provádění helikální výztuže do drážky [7] .....	41
Obr. 49 – Postup provádění helikální výztuže do vrtu [7].....	42
Obr. 50 – Umístění drážek a vrtů pro helikální výztuž v klenebné konstrukci.....	42
Obr. 51 – Umístění drážek a vrtů pro helikální výztuž na fasádě [7].....	43
Obr. 52 - Skladba obvodové stěny před rekonstrukcí .....	44
Obr. 53 - Skladba střechy před rekonstrukcí.....	44
Obr. 54 - Skladba podlahy na terénu v obytných místnostech před rekonstrukcí .....	45
Obr. 55 - Skladba podlahy na terénu v ostatních místnostech před rekonstrukcí .....	45
Obr. 56 - Skladba stropu nad obytnými místnostmi před rekonstrukcí.....	46
Obr. 57 - Strop nad ostatními místnostmi před rekonstrukcí.....	46

Obr. 58 - Skladba obvodové stěny po rekonstrukci.....	48
Obr. 59 – Skladba střechy po rekonstrukci .....	49
Obr. 60 – Skladba podlahy na terénu v obytných místnostech po rekonstrukci .....	50
Obr. 61 - Skladba podlahy na terénu v ostatních místnostech před rekonstrukcí .....	51



## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Výskyt radonu .....	13
Tab. 2 – Výskyt vlhkosti v krovu .....	21
Tab. 3 – Klasifikace chloridů [4] .....	30
Tab. 4 – Měření obsahu chloridů .....	30
Tab. 5 – Klasifikace dusičnanů [4] .....	32
Tab. 6 – Měření obsahu dusičnanů .....	33
Tab. 7 – Klasifikace síranů [4] .....	33
Tab. 8 – Měření obsahu síranů .....	34
Tab. 9 – Zhodnocení průzkumu salinity .....	34
Tab. 10 – Hodnoty pro výběr druhu sanační metody .....	35
Tab. 11 – Sanační metody a jejich použití .....	36
Tab. 12 – Výhody a nevýhody helikální výztuže [7] .....	40
Tab. 13 – Tepelně technické posouzení stávajících konstrukcí .....	47
Tab. 14 – Tepelně technické posouzení konstrukcí .....	52

## **SEZNAM PŘÍLOH**

- PŘÍLOHA1 – TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ
- PŘÍLOHA2 – TECHNICKÁ ZPRÁVA
- PŘÍLOHA3 – PŮDORYS 1.NP STÁVAJÍCÍ STAV
- PŘÍLOHA4 – PŮDORYS KROVU STÁVAJÍCÍ STAV
- PŘÍLOHA5 – ŘEZ OBJEKTEM A-A' STÁVAJÍCÍ STAV
- PŘÍLOHA6 – POHLEDY STÁVAJÍCÍ STAV
- PŘÍLOHA7 – PŮDORYS 1.NP NOVÝ STAV
- PŘÍLOHA8 – PŮDORYS PODKROVÍ NOVÝ STAV
- PŘÍLOHA8a – PŮDORYS KROVU NOVÝ STAV
- PŘÍLOHA9 – ŘEZ OBJEKTEM A-A' NOVÝ STAV
- PŘÍLOHA10 – POHLEDY NOVÝ STAV
- PŘÍLOHA11 – DETAIL POZEDNICE STÁVAJÍCÍ STAV
- PŘÍLOHA11a – DETAIL POZEDNICE NOVÝ STAV
- PŘÍLOHA12 – DETAIL SOKLU STÁVAJÍCÍ STAV
- PŘÍLOHA12a – DETAIL SOKLU NOVÝ STAV
- PŘÍLOHA13 – DETAIL U HŘEBENU

## POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA

- [1] Nahlížení do katastru nemovitostí. *Český úřad zeměměřičský a katastrální* [online]. Praha: ČÚZK, ©2017 [cit. 2018-01-29]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/>
- [2] Komplexní radonová informace. *Česká geologická služba* [online]. Praha: Česká geologická služba, 2008 [cit. 2018-01-29]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/radon/>
- [3] WITZANY, Jiří. *PDR - poruchy, degradace a rekonstrukce*. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04488-9.
- [4] *ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA: Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení*. Listopad 2000. Praha: Český normalizační institut.
- [5] *Merck KGaA* [online]. Darmstadt, Germany: Merck, ©2018 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <http://www.merckmillipore.com/CZ/cs>
- [6] Šikmé střechy. *DEK* [online]. Praha 10 - Malešice: DEK, ©2018 [cit. 2018-03-30]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/technicka-podpora/sikme-strechy>
- [7] *HELIKÁLNÍ VÝZTUŽE* [online]. Brno: Saron statika, ©2013 [cit. 2018-03-30]. Dostupné z: <http://www.helikalni.cz/helikalni-vyztuze.html>
- [8] Baumit open. Zateplení, které dýchá!. *BAUMIT* [online]. Praha: Baumit, 2017 [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: <https://www.baumit.cz/reseni-pro-kazdeho/zateplovaci-systemy/premiove/archiv-2017/baumit-open-stara/>
- [9] *Analýza příčin vlhkosti objektu včetně sanace*. Praha, 2017. Bakalářská práce. České vysoké učení technické. Vedoucí práce Ing. Miloslava Popenková, CSc.
- [10] Iglú a U-BOOT. *POKLOPY GABEX* [online]. Pardubice: GABEX, 2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.gabex.cz/Iglu-provetrane-podlady-od-firmy-Gabex.html>
- [11] *Vzduchoizolační metody*. Louny, 2013. Seminární práce. Obchodní akademie a Střední odborná škola generála Františka Fajtla, Louny, příspěvková organizace.

- [12] BALÍK, M. a kolektiv. *Odvlhčování staveb*. 2., přepracované vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008. 312 s. ISBN 978-80-247-2693-9.
- [13] WTA směrnice 2-9-04/D. *Sanační omítkové systémy*. Praha: Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky –WTA CZ, 2008.
- [14] Sanační omítky. *VLHKÉZDIVOSWEB* [online]. Děčín: SANAX GROUP, 2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z:  
<http://vlhkezdivosweb.webmium.com/sanacni-omitky>
- [15] Nenosné překlady. *YTONG* [online]. Hrušovany u Brna: © Xella Group, 2018 [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <https://www.ytong.cz/nenosny-preklad.php>
- [16] Nosní překlady. *YTONG* [online]. Hrušovany u Brna: © Xella Group, 2018 [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <https://www.ytong.cz/nosne-preklady.php>