

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

K124 KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB



SANACE VLHKOSTI – KONÍRNA V JÍLOVÉM U PRAHY
JÍLOVÉ U PRAHY STABLES – MOISTURE REMEDIATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí práce: doc. Ing. Tomáš Čejka Ph.D.

Belinda Petáková
2017/2018



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Petáková Jméno: Belinda Osobní číslo: 438394
Zadávací katedra: k124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Sanace vlhkosti - Konírna v Jílovém u Prahy
Název bakalářské práce anglicky: Jílové u Prahy Stables - moisture remediation

Pokyny pro vypracování:

Studentka provede obecnou podrobnou rešerši dostupné literatury týkající se zvýšené vlhkosti staveb a metod sanace vlhkosti.

V souvislosti s objektem Konírny v Jílovém u Prahy provede:

- Stavebně technický průzkum (STP) se zaměřením na vlhkost. V rámci STP bude provedena fotodokumentace, výkresová dokumentace, měření a dokumentace vlhkosti, průzkum a dokumentace krovy.
- Konkrétní řešení sanace vlhkosti v objektu.
- Konstrukčně statickou analýzu zděného klenebného pasu s trhlinou.

Seznam doporučené literatury:

- WITZANY, Jiří. PDR - poruchy, degradace a rekonstrukce. V Praze: České vysoké učení technické, 2010
BALÍK, Michael. Vysušování zdiva I, II, III. Grada 1997-1999
BALÍK Michael. Vysušování zdiva v příkladech. Grada 2009
VINAŘ Jan. Historické krovy: typologie, průzkum, opravy. Grada 2009
SOLAŘ Jaroslav. Odstraňování vlhkosti. Grada 2013

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Tomáš Čejka, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 19. 2. 2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 27. 5. 2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

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“.

22.2.2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci s názvem: „*Sanace vlhkosti – Konírna v Jílovém u Prahy*“ vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje.

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala všem, kteří mne podporovali při zpracovávání této práce. Velké díky patří pracovníkům muzea, a to konkrétně paní ředitelce muzea PhDr. Šárce Juřinové za povolení nahlížení do archivu a umožnění odběru vzorků z interiéru budovy, geologovi a přírodovědci RNDr. Janu Váňovi za poskytnutá data a seznámení s archivem muzea, Janě Pálové za poskytnutí fotodokumentace v elektronické podobě.

Ráda bych také poděkovala Ing. arch. Janu Čepelákovi za poskytnutí cenných informací o průběhu rekonstrukce v letech 2004-2008 a za poskytnutou fotodokumentaci z průběhu této rekonstrukce.

V neposlední řadě bych také ráda poděkovala Katedře konstrukcí pozemních staveb za umožnění psaní této bakalářské práce. Doc. Ing. Tomášovi Čejkovi za vedení práce a Ing. Janu Kubátovi za poskytnuté konzultace k tématu bakalářské práce. Dále také odborné pracovníci chemické a mikrobiologické laboratoře, Ivaně Loušové za pomoc a odborný dohled při provádění laboratorního průzkumu a Ing. Pavlu Kokešovi za zapůjčení měřících přístrojů a seznámením se se způsobem práce s nimi.

Chtěla bych také poděkovat Ing. Janu Vinaři za věnování rozpracované publikace o problematice odvlhčování staveb.

Ráda bych tímto poděkovala i mé rodině a přátelům za podporu a pomoc při vypracovávání bakalářské práce a také mému příteli za pomoc s odběrem vzorků k měření vlhkosti.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je návrh řešení sanace vlhkosti objektu bývalé konírny v Jílovém u Prahy. Byl proveden stavebně technický průzkum zaměřený na vlhkost. K prokázání výskytu zvýšené vlhkosti v konstrukci, byly použity dvě metody měření, a to kapacitní a gravimetrická. Proběhlo měření klimatu vnitřního prostředí. Byl také proveden chemismus a kultivace plísní. Na základě informací zjištěných při zpracovávání stavebně technického průzkumu a výsledků vlhkostního průzkumu byly navrženy a popsány tři možnosti sanačních úprav. V závěru práce byla provedena statická analýza klenbového pasu.

Klíčová slova

konírna, sanace vlhkosti, stavebně technický průzkum, statická analýza, klenba

Abstract

The aim of the bachelor thesis is designing the solution to moisture remediation in a building of a former stable in Jílové u Prahy. Structural and technical survey focused on moisture was done. Presence of increased humidity in the structure was confirmed by two measurement methods – capacitive and gravimetric. The measurement of indoor climate was undertaken during the semester. A laboratory research of chemistry and cultivation of mildew was also investigated. Three possible options of moisture remediation were designed and described on base of the information from the survey. The static analysis of that vault is undertaken at the end of this thesis.

Key Words

stable, moisture remediation, structural and technical survey, static analysis, vault

Obsah

1. ÚVOD	8
2. INFORMACE O OBJEKTU.....	9
2.1 UMÍSTĚNÍ OBJEKTU	9
.....	10
2.2 STRUČNÁ HISTORIE MĚSTA	11
2.3 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O OBJEKTU	12
2.3.1 ARCHITEKTONICKÉ ŘEŠENÍ OBJEKTU	12
2.3.2 PROVOZNÍ A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ.....	12
3. STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM	14
3.1 ZÁKLADNÍ POPIS KONSTRUKCÍ.....	14
3.2 HISTORIE OBJEKTU	14
3.3 OKOLNÍ VLIVY	21
3.4 GEOLOGICKÉ POMĚRY A ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE.....	21
3.5 NOSNÉ KONSTRUKCE.....	22
3.5.1 SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE.....	22
3.5.1.1 Popis svislých nosných konstrukcí.....	22
3.5.1.2 Popis poruch na svislých nosných konstrukcích	23
3.5.2 VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE	26
3.5.2.1 Popis vodorovných nosných konstrukcí.....	26
3.5.2.2 Popis poruch na vodorovných nosných konstrukcích	27
3.5.3 STŘECHA A KROV	28
3.5.3.1 Popis střechy	28
3.5.3.2 Komínová tělesa	28
3.5.3.3 Popis krovu.....	29
3.5.3.4 Užití tesařské spoje.....	31
3.5.3.5 Popis poruch krovu.....	32

3.5.3.6	Technologie opravy krovu	33
3.5.3.7	Historie krovu.....	34
3.6	SCHODIŠTĚ	34
3.6.1	VNITŘNÍ SCHODIŠTĚ	34
3.6.1.1	Popis vnitřních schodišť	34
3.6.1.2	Popis poruch vnitřních schodišť	36
3.6.2	VENKOVNÍ SCHODIŠTĚ.....	36
3.7	NENOSNÉ KOSNTRUKCE	36
3.7.1	PŘÍČKY	36
3.7.2	PODHLÉDY	37
3.8	OMÍTKY A MALBY.....	37
3.8.1	VNITŘNÍ POVRCHY	37
3.8.2	VNĚJŠÍ POVRCHY	38
3.9	PODLAHY	38
3.10	VÝPLNĚ OTVORŮ	39
3.10.1	DVEŘE.....	39
3.10.2	OKNA	40
4.	VLHKOST	41
4.1	ÚVOD DO TEMATIKY VLHKOSTI.....	41
4.2	ZDROJE A PŘÍČINY VÝSKYTU VLHKOSTI.....	42
4.3	PROJEVY VLHKOSTI	45
4.4	SANAČNÍ METODY	45
4.4.1	MECHANICKÉ METODY	46
4.4.2	CHEMICKÉ METODY	47
4.4.3	ELEKTROOSMOTICKÉ METODY	49
4.4.4	VZDUCHOVÉ IZOLAČNÍ SYSTÉMY	50
4.4.5	SANAČNÍ OMÍTKOVÉ SYSTÉMY	51

5.	VLHKOSTNÍ PRŮZKUM	52
5.1	MĚŘENÍ VLHKOSTI KAPACITNÍM VLHKOMĚREM.....	52
5.1.1	PRINCIP A PRŮBĚH MĚŘENÍ KAPACITNÍM VLHKOMĚREM.....	52
5.1.2	VÝSLEDKY MĚŘENÍ KAPACITNÍ METODOU	54
5.1.2.1	Tabelární zobrazení výsledků.....	54
5.1.2.2	Grafické zobrazení výsledků naměřených kapacitní metodou.....	57
5.1.3	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ KAPACITNÍ METODOU	58
5.2	MĚŘENÍ VLHKOSTI GRAVIMETRICKOU METODOU	58
5.2.1	PRINCIP A PRŮBĚH MĚŘENÍ VLHKOSTI GRAVIMETRICKOU METODOU	58
5.2.2	VÝSLEDKY MĚŘENÍ GRAVIMETRICKOU METODOU.....	60
5.2.2.1	Grafické zobrazení hodnot naměřených gravimetrickou metodou	60
5.2.2.2	Grafické zobrazení hodnot naměřených gravimetrickou metodou	60
5.2.3	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ GRAVIMETRICKOU METODOU ...	61
5.3	VLHKOST VZDUCHU VE VNITŘNÍM PROSTŘEDÍ.....	62
5.3.1	MĚŘENÍ VLHKOSTI VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ.....	62
	65
5.3.2	ZHODNOCENÍ VLHKOSTI VZDUCHU VE VNITŘNÍM PROSTŘEDÍ.....	66
5.4	PLÍSNĚ.....	67
5.4.1	BIOLOGICKÝ PRŮZKUM	67
5.4.2	DŮSLEDKY VÝSKYTU PLÍSNÍ.....	69
5.5	CHEMISMUS ZDIVA	69
5.5.1	MĚŘENÍ pH.....	70
5.5.2	KVALITATIVNÍ METODA	71
5.5.3	KVANTITATIVNÍ METODA	71
5.5.4	ZHODNOCENÍ OBSASHU SOLÍ	73
6.	POPIS A ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍCH OPATŘENÍ PROTI VNIKÁNÍ VLHKOSTI.	74

6.1 PROVĚTRÁVANÉ PODLAHY.....	74
6.2 PROVZDUŠŇOVACÍ KANÁLY	75
6.3 SANAČNÍ OMÍTKY	76
7. NÁVRH SANAČNÍCH OPATŘENÍ PROTI VNIKÁNÍ VLHKOSTI.....	78
7.1 POSTUP PROVÁDĚNÍ NAVRŽENÉ SANACE VLHKOSTI POMOCÍ CHEMICKÉ INJEKTÁŽE.....	79
7.2 POSTUP PROVÁDĚNÍ NAVRŽENÉ SANACE VLHKOSTI POMOCÍ VZDUCHOIZOLAČNÍCH SYSTÉMŮ	83
8. ANALÝZA NEJVÍCE NARUŠENÉHO KLENEBNÍHO PASU	86
9. ZÁVĚR.....	89
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	91
INTERNETOVÉ ZDROJE	91
PUBLIKACE	91
POUČITÉ NORMY	92
SEZNAM POUŽITÉHO SOFTWARE	92

1. ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá zejména sanací vlhkosti v objektu bývalé konírny v Jílovém u Prahy. Tento objekt byl vybrán z důvodu zjevných známek zvýšené vlhkosti a také z důvodu viditelného mechanického narušení klenebních pasů. Tyto poruchy se na objektu vyskytují i po provedení celkové rekonstrukce, během které byla v objektu vybudována řada sanačních opatření.

Cílem této bakalářské práce je navržení konkrétní sanace vlhkosti v objektu konírny.

Z důvodu zjištění a zhodnocení celkového stavu objektu bude proveden stavebně technický průzkum objektu se zaměřením na vlhkost. Součástí stavebně technického průzkumu bude také průzkum a dokumentace krovu objektu.

Před započítím vlhkostního průzkumu bude provedena rešerše literatury, týkající se zvýšené vlhkosti. Zde budou probrány příčiny a zdroje vlhkosti ve stavebních konstrukcích. Také zde budou popsány dnes používané metody sanace vlhkosti.

Za cílem zjištění rozsahu napadení vlhkostí bude provedeno měření vlhkosti, a to kapacitní a gravimetrickou metodou. Bude tedy proveden odběr vzorků v objektu a také laboratorní průzkum v chemické a mikrobiologické laboratoři katedry konstrukcí pozemních staveb. Vlhkostní mikroklima bude zhodnoceno na základě hodnot naměřených fakultou zapůjčeným dataloggerem.

Naměřené hodnoty budou následně zhodnoceny a na základě výsledků bude navržen konkrétní návrh sanační metody.

Součástí bakalářské práce je také provedení konstrukčně statické analýzy nejvíce narušeného klenebního pasu. Za tímto účelem bude klenební pas vymodelován v programu SCIA Engineer a na základě výsledků bude určena nejpravděpodobnější příčina vzniku trhliny.

Jako hlavní zdroj informací pro zpracování této bakalářské práce posloužil archiv muzea v Jílovém u Prahy. Pracovníci muzea umožnili autorce práce nahlédnout do dochované fotodokumentace a také do projektových dokumentací zpracovaných za účelem rekonstrukce objektu.

2. INFORMACE O OBJEKTU

2.1 UMÍSTĚNÍ OBJEKTU

Objekt konírny leží ve městě Jílové u Prahy, které se nachází přibližně 30 km jižně od Prahy a spadá pod okres Praha-západ.

Konírna se nachází na památkově chráněném území. Budova zaujímá téměř celou plochu parcely s parcelním číslem 2/2. Pozemek má mírně svažité terén směrem na východ a nachází se ve výšce 375,8 m n. m. [1]

Budova konírny byla původně součástí statku s popisným číslem 17. Statek sestával celkem ze tří budov. Objekt, sloužící k bydlení s vjezdem na statek, se nachází na západní části pozemku. Jeho průčelí směřuje do ulice Pod Mincovnou, která je součástí Masarykova náměstí. Z jižní strany tento objekt přiléhá k budově s č. p. 16. Kolmo na obytnou část statku je umístěna konírna. Konírna tvořila jižní hranici pozemku, která oddělovala komplexy objektů s č.p.17 a č.p.16. K východní části konírny přiléhá třetí budova – stodola. Tato budova je dnes v havarijním stavu.

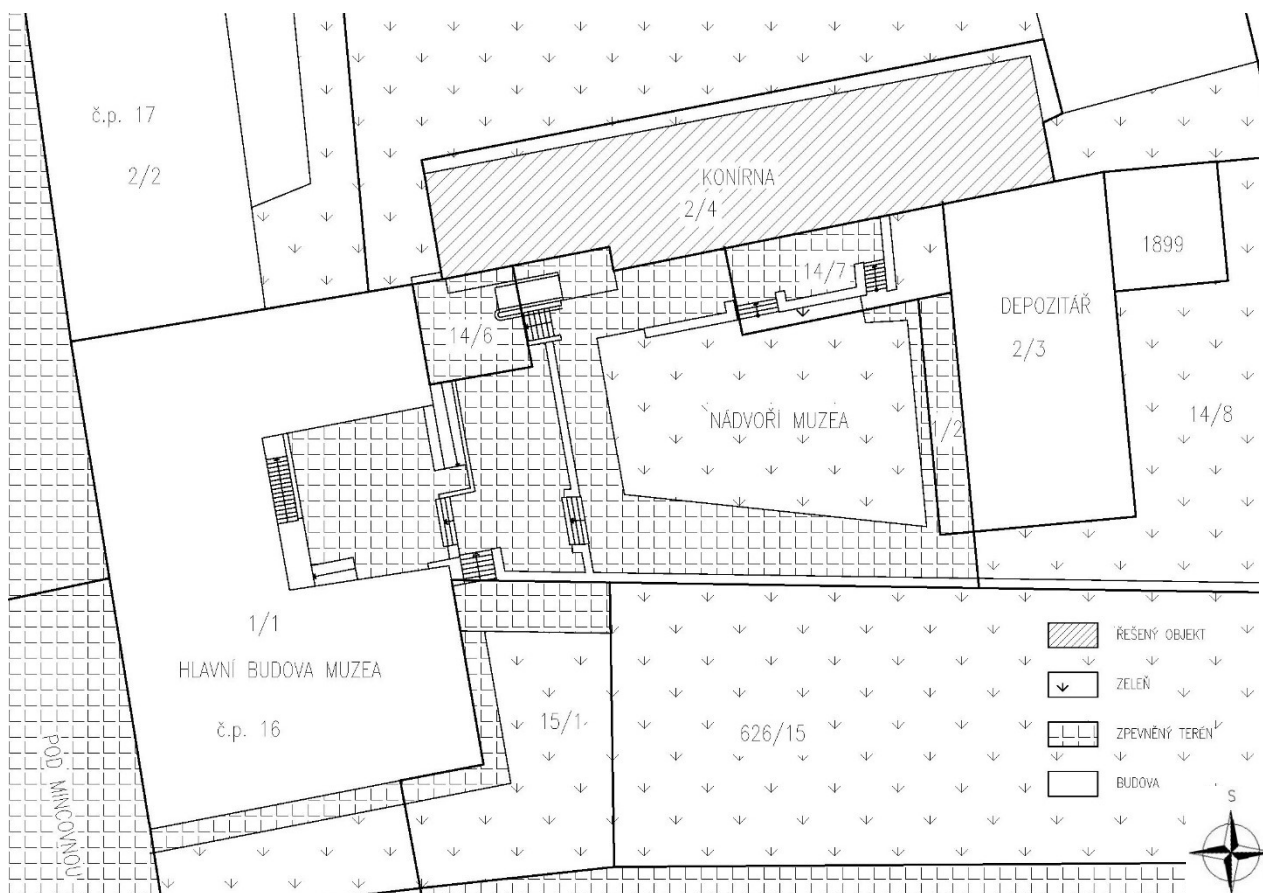
Dnes je objekt bývalé konírny součástí komplexu budov s č. p. 16 - Regionálního muzea a slouží jako výstavní a přednáškové prostory. Z jihozápadní strany navazuje budova konírny na vysokou ohradní zeď, která přiléhá k hlavní budově muzea. Na jihovýchodní části je kolmo k objektu situován přízemní objekt, sloužící jako dílny a depozitář muzea. Tento objekt je z komplexu budov Regionálního muzea nejmladší. Byl ke konírně přistaven v 80. letech 20. století. Tyto tři objekty tak ohraničují čtyřúhelníkové nádvoří muzea ze západní, severní a východní strany. Z jižní strany sousedí nádvoří s parkem.



Obrázek 1: Situace



Obrázek 2: Poloha objektu na mapě [3]



Obrázek 3: Schéma komplexu muzea

2.2 STRUČNÁ HISTORIE MĚSTA

Město bylo založeno ve 13. století, ačkoliv nejstarší dochovaná písemná zmínka pochází až z roku 1331. Z důvodu častých požárů je velká část jílovské historie utajena.

Jílové a jeho okolí je proslulé těžbou zlata. Je dokázáno, že v této oblasti získávali zlato rýžováním už Keltové přibližně 300 let př. n. l. Největší rozkvět zažilo město ve 14. století n.l. Během tohoto období se současně těžilo ve více než 800 štolách a veškeré vytěžené zlato se sváželo do budovy dnešního muzea. Za zlato vytěžené v Jílovém u Prahy a jeho okolí se na pražském Starém Městě vystavilo hned několik budov (např. Karolinum). Jílovské zlato je také součástí českých korunovačních klenotů. Za tuto roli bylo město oceněno Karlem IV. řadou městských práv a výsad a bylo prohlášeno za královské město.

Konec rozkvětu města přinesly husitské války, kvůli kterým byla těžba na Jílovsku zcela přerušena. Většina dolů byla během válek zatopena.

Až za vlády Vladislava Jagellonského byla městu privilegia udělená Karlem IV. vrácena. Částečně byla obnovena i těžba zlata. Krátce potom, co začalo město opět vzkvétat, vypukla třicetiletá válka, při které velká část města vyhořela. I po této válce došlo k obnově těžby. Nikdy se již však městu nedařilo tak, jako za vlády Karla IV. Za úplný konec těžby na Jílovsku

se považuje období mezi lety 1958-1968, kdy se kvůli změně ekonomických podmínek stala těžba zlata v této oblasti nevýdělečnou. [2] [20]

2.3 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O OBJEKTU

2.3.1 ARCHITEKTONICKÉ ŘEŠENÍ OBJEKTU

Půdorys objektu konírny je protáhlý, téměř pravidelného obdélníkového tvaru. Délka budovy je přibližně 38,5 m a šířka okolo 7,5 m. V západní části budovy je jižní obvodová zeď přibližně o 1,5 m odsazena, tím je rozpon západní části budovy menší než ve východní části. V této oblasti je předsazená dřevěná konstrukce s venkovním schodištěm a ochozem navazující na vchod z prvního nadzemního podlaží. Konstrukce pokračuje nad ochozem až ke konstrukci krovu.

Objekt je nepodsklepená patrová budova se ztužujícími zdmi v příčném směru. Do těchto příčných ztužujících zdí a do klenebních pasů jsou v celé východní a střední části přízemí valeny segmentové cihelné klenby. Rozpon klenebních pasů je přibližně 6 m, valené klenby mají rozpon okolo 2,5 m. V západní části budovy se namísto valených kleneb původně nacházely dřevěné stropy. Dnes zde jsou ocelobetonové stropy. V této části budovy se také nachází betonové zalomené schodiště vedoucí až do prostoru podkroví.

Druhé nadzemní podlaží je z velké části propojeno s podkrovím. Pouze v západní části objektu je patro od podkroví odděleno.

Budova je ukončená pravidelnou sedlovou střechou. Krov je tvořen tesařsky vázanou ležatou stolicí. Ztužení krovu v podélném směru je řešeno pomocí pásků.

2.3.2 PROVOZNÍ A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ

Vstup do objektu je umožněn z jižní strany budovy. V suterénu se nachází dva vchody, jeden v západní a jeden ve východní části budovy. Vchod do prvního nadzemního podlaží je zpřístupněn pomocí dřevěného předsazeného venkovního schodiště.

V prvním nadzemním podlaží se ve východní části nachází jedna menší výstavní místnost, ve střední části budovy je potom jeden velký výstavní prostor. V západní části se nachází hygienické zařízení, schodiště vedoucí do druhého nadzemního podlaží, místnost původně sloužící jako kuchyňka a jedna místnost tvořící zázemí pro personál. Schodiště a tyto dvě zmíněné místnosti jsou přibližně o 0,75 m výš než zbytek prvního nadzemního podlaží. K překonání tohoto výškového rozdílu jsou před zmíněnými prostory umístěny tři schodišťové stupně.

V západní části druhého nadzemního podlaží se opět nachází hygienické zařízení. V této části je také umístěno schodiště vedoucí do prostor podkroví. Ve střední části tohoto podlaží, kde se nachází i vchod do tohoto podlaží z venkovního předsazeného schodiště, je kuchyňský kout spojený s menšími výstavními prostory. Téměř celou východní část druhého nadzemního podlaží pak tvoří jeden velký přednáškový sál s pódium. Za tímto přednáškovým sálem je malá místnost určená pro skladování nábytku, která zároveň umožňuje přístup do vedlejší budovy. I tato malá místnost je oddělena od prostor podkroví. Do podkrovní místnosti vede menší dřevěné schodiště.

V západní části podkroví se nachází menší depozitář rozdělený do dvou místností. Střední prostor podkroví je propojen s druhým nadzemním podlažím. Ve východní části podkroví je malý, téměř nevyužitelný prostor se schodištěm o ploše přibližně 15 m².



Obrázek 5: Pohled na severní a západní fasádu objektu



Obrázek 4: Pohled na jižní stranu objektu

3. STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM

3.1 ZÁKLADNÍ POPIS KONSTRUKCÍ

Řešený objekt je dvoupodlažní budova téměř pravidelného obdélníkového tvaru s příčným nosným systémem. Nosné zdivo v prvním nadzemním podlaží je z lomového kamene na vápennou maltu o tloušťce 0,85 – 1,15 m. Jižní obvodová zeď je ve spodní části zesílena cihelným zdivem. V druhém nadzemním podlaží je zdivo převážně cihlové o tloušťce přibližně 0,6 m. Zdivo je opatřeno vápennou omítkou, ve spodní části vícevrstvou sanační omítkou.

První podlaží je zastropeno z větší části cihlovou segmentovou klenbou valenou do klenebních pasů a nosných zdí. Valené klenby vykazují tloušťku 0,15 m, rozpětí okolo 2,7 m a vzepětí 0,3 m. Klenební pasy vykazují tloušťku proměnnou. Nejmenší tloušťku vykazují klenební pasy ve vrcholu, kolem 0,5 m¹. Rozpětí těchto pasů se pohybuje převážně okolo 6 m a vzepětí je přibližně 1,25 m. V západní části objektu je nad prvním nadzemním podlažím ocelobetonový strop, tvořený trapézovým plechem uloženým na ocelové I profily, které jsou usazené do kapes v nosných zdech. Takto vytvořená konstrukce je z vrchní strany opatřena nadbetonávkou.

Druhé nadzemní podlaží je z velké části propojeno s prostorem podkroví. V západní a východní části objektu je toto podlaží od podkroví odděleno obdobným ocelobetonovým stropem, který byl použit v západní části prvního nadzemního podlaží.

Konstrukci krovu tvoří ležatá stolice s podélným ztužením řešeným pásky. Střecha je sedlová s keramickou krytinou.

Okenní otvory jsou vyplněny většinou dvoukřídlými okny s dvojskly z dřevěného masivu. Některá jsou pak doplněna dvoukřídlými okenicemi. V jižní šikmině střechy jsou osazena tři a v severní šikmině je jedno okno opět z dřevěného masivu. Vstupní dveře jsou dřevěné kazetové, některé jsou doplněny o prosklený nadsvětlík. Vnitřní dveře jsou také kazetové z dřevěného masivu osazené do dřevěné zárubně.

3.2 HISTORIE OBJEKTU

Komplex objektů s č. p. 17, ke kterému původně náležela i budova konírny, byl vystaven s největší pravděpodobností na přelomu 16. a 17. století. V knize Paměti královského horního města Jílového, jejímž autorem je známý historik Jílového – Leopold Čihák², je možné se dočíst

¹ Geometrie klenebních pasů byla odvozena z fotodokumentace průběhu rekonstrukce v roce 2004-2009.

² Leopold Čihák (1832–1915) byl obchodník a starosta v Jílovém u Prahy. Zajímal se o historii města, o které napsal i několik knih např. Paměti královského horního města Jílového. Byl vášnivým sběratelem historických

o nejstarším známém majiteli tohoto domu – Ezechielovi Osvaldovi. Úmrtí Ezechiela Osvalda je v této knize datováno do roku 1629. V knize však není zmíněno, zda byl Ezechiel Osvald majitelem prvním. [29]

V knize je uvedeno, že následující majitelé změnili funkci tohoto objektu na hostinec. To se ale pravděpodobně týkalo pouze části obytné budovy. Dá se předpokládat, že konírna dále plnila funkci hospodářskou. [29]

Na konci 19. století byl objekt konírny navýšen o jedno nadzemní podlaží. Toto podlaží bylo téměř v celém objektu propojeno s prostorem podkroví a plnilo funkci seníku. Odlišný datum výstavby dokazuje i použitý materiál a tloušťka zdiva. Zatímco první nadzemní podlaží je převážně kamenné a vykazuje tloušťku v rozmezí 0,85 – 1,15 m, druhé nadzemní podlaží je zcela cihlové o tloušťce přibližně 0,6 m.

Půdorys objektu se se při této stavební úpravě nikterak neměnil. Ze stejné doby je možné předpokládat i většinu prvků z konstrukce krovu ve východní a střední části objektu.

Po této stavební úpravě se na budově až do poloviny dvacátého století žádné změny neprováděly.

Krátce před druhou světovou válkou dostala celou tuto zemědělskou usedlost s č. p. 17 do vlastnictví paní Skřivánková. Ani během jejího vlastnictví k žádným velkým stavebním



Obrázek 6 Pohled do dvora objektů s č.p. 17; na pravé části fotografie severní strana objektu konírny; okolo roku 1970

předmětů. V roce 1891 založil v Jílovém u Prahy muzeum, do kterého svěřil své sbírky historických předmětů a dokumentů. [3]

úpravám na objektech nedošlo, pravděpodobně z důvodu trvání války, během které se stavební práce neprováděly. Také údržba objektu byla zanedbána a budova v tomto období chátrala. To dokazuje i fotodokumentace získaná z archivu muzea.

Po válce pronajímala paní Skřivánková celou zemědělskou usedlost strojní a traktorové stanici. V roce 1960 byla pod nátlakem donucena tyto nemovitosti převést do vlastnictví jednotného zemědělského družstva.

Od této doby už objekt konírny nesloužil k ustájení koní. Zemědělské družstvo zde skladovalo hnojiva a pesticidy. Ve zúžené západní části objektu vybudovalo JZD dvě obytné místnosti bez hygienického zařízení. V těchto dvou obytných místnostech byla provedena rákosová omítka. Střešní krytina byla už v této době poškozená a do prostor podkroví a prvního nadzemního podlaží zatékalo. Většina klenebních oblouků byla popraskaná. Během této doby pravděpodobně došlo ke stabilizaci dnes nejvíce narušeného klenebního pasu zděným pilířem.



Obrázek 7: Podepření klenebního pásu zděným pilířem

V roce 1986 JZD předalo bezúplatně objekt konírny do vlastnictví muzea. Budova se v této době nacházela v havarijním stavu. Jižní strana objektu byla stabilizována dřevěnými trámy a zbytek objektu byl obehnán drátěným plotem, aby bylo zabráněno přístupu k bortícím se konstrukcím.



Obrázek 9: Stabilizace jižní nosné zdi objektu konírny pomocí dřevěných trámů; pořízeno okolo roku 1980



Obrázek 8: Na pravé straně fotografie severní strana konírny, bortící se objekt stodoly sousedící s konírnou; pořízeno okolo roku 1980

V období mezi lety 1990 a 1992 byla na objektu provedena řada oprav. Bylo vyspraveno veškeré obvodové zdivo. Hloubka základů pod jižní nosnou stěnou byla vyhodnocena za nedostačující. Z toho důvody byly základy prohloubeny, rozšířeny a podbetonovány. Na tento rozšířený základ bylo provedeno zesílení jižní nosné zdi cihelným zdivem. Tento postup mohl částečně zabránit vodorovnému posunu zdiva-podpor klenebních pasů z jižní strany. Zároveň byly ale v obvodovém zdivu proraženy nové okenní a dveřní otvory, zejména na jižní obvodové stěně. Tím došlo pravděpodobně k poměrně výraznému odtížení a také

k narušení obvodových zdí, které mohly mít za následek i jejich deformaci a tím pravděpodobně i narušení klenebních pasů. Některé okenní a dveřní výplně byly později osazeny. Probourané otvory na jižní obvodové stěně byly částečně opět zazděny. Jejich polohu naznačuje světlejší odstín fasádní omítky. Celý východní štít objektu byl z důvodu jeho havarijního stavu zbourán a nově vystavěn.

Ke zpevnění klenebních pasů v západní části objektu došlo pomocí ocelových táhel. Pro pořádání výstav a přednášek bylo však potřebné využívat i druhé nadzemní podlaží. Z toho důvodu byly nad valenými klenbami provedeny zásypy a betonové armované podlahy. Tím došlo k poměrně velkému přitížení klenebních konstrukcí (v rozmezí 3,72 - 7,14 kN/m²)³, které také mohlo mít za následek jejich narušení.

Během těchto stavebních úprav byly provedeny i opravy krovu. V západní části budovy byla část krovu vystavěna zcela nově, ve zbylé části, byly nefunkční prvky nahrazeny. Na krov byla osazena nová střešní krytina včetně nového laťování a zateplení. Na střechu byly instalovány nové klempířské prvky – svody a žlaby. Tím bylo zabráněno zatékání dešťové vody do konstrukce. Na objekt byl umístěn hromosvod a uzemnění.

Budova byla nově nahrubo omítnuta. Později se ukázalo, že tato omítka měla velký podíl cementové příměsi, což pravděpodobně způsobovalo nedostatečnou difúzi vodních par a tím i špatné vysoušení zdiva.



Obrázek 11: Jižní fasáda konírny po rekonstrukci v letech 1990-1992



Obrázek 10: Severní fasáda po rekonstrukci 1990-1992

V roce 1992 se o objekt konírny přihlásili příbuzní poválečných majitelů a zvažovalo se převedení budovy na restituenty. Z toho důvodu byly opravy objektu na delší dobu přerušeny

³ Uvažováno pro zásyp kleneb, jehož tloušťka se pohybuje od 0,05 – 0,335 m, tloušťku roznášecí betonové vrstvy 0,05 m a tloušťku betonové podlahy 0,08 m

a po čase se začaly objevovat další důkazy degračních procesů. Uznání Regionálního muzea v Jílovém u Prahy právoplatným majitelem proběhlo až v roce 2003.

K zahájení kompletní rekonstrukce objektu konírny došlo až v roce 2004. Do té doby byl objekt prázdný. Sloužil pouze jako prostor pro skladování zahradního nábytku.

Během této rekonstrukce byly vybourány a nově vyzděny veškeré části konstrukcí, které se nacházely v havarijním stavu. Poloha nově vyzděných prvků spolu s polohou původních prvků je patrná z příloženého výkresu. Bylo odstraněno dočasné podepření klenebních pasů. Celá budova byla ztužena v příčném i podélném směru pomocí ocelových táhel o průměru 25 mm.

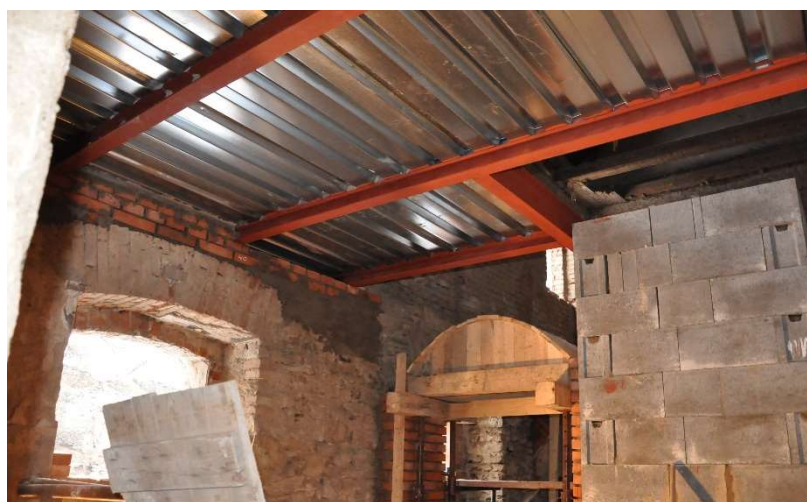


Obrázek 12: Příprava příčných a podélných táhel



Obrázek 13: Kotevní deska ocelového táhla

V západní části objektu byla původní dřevěná stropní konstrukce nahrazena ocelobetonovou stropní konstrukcí z trapézového plechu s nadbetonávkou na I nosnících uložených do kapes v nosném zdivu. V této části bylo také vybudováno nové železobetonové zalomené schodiště s výtahovou šachtou z prolévaných prefabrikovaných tvárnic. Před rekonstrukcí schodiště zcela

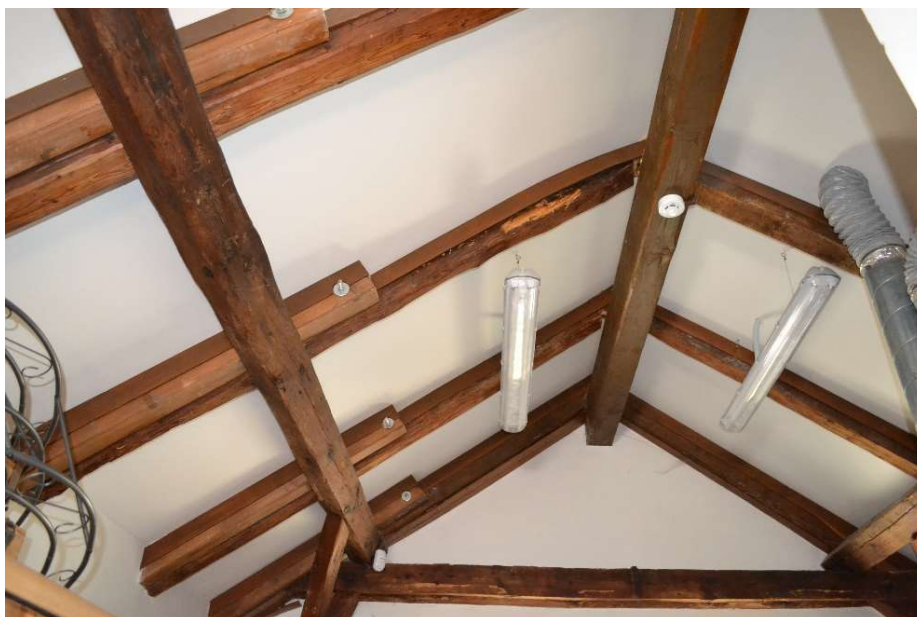


Obrázek 14: Ocelobetonový strop v západní části objektu, výstavba výtahové šachty

chybělo. Pod nově vyžděnými svislými konstrukcemi byly vybetonovány nové základy z prostého betonu.

Betonové podlahy v přízemí, pocházející z dřívější rekonstrukce, byly odstraněny a nahrazeny provětrávanou podlahou. V patře byly taktéž odstraněny původní betonové podlahy a na stávající zásyp byly provedeny podlahy nové, rovněž betonové, ale nově opatřené tepelnou izolací.

Konstrukce krovu v západní části byla rozšířena tak, aby šířka střechy byla po celé délce objektu stejná. Vzniklo tak zastřešení i pro dřevěnou pavlač. Toto rozšíření části krovu bylo provedeno tak, že se na stávající krokev pomocí šroubů v oblasti nad středovou vaznicí napojila krokev nová. Tato přidaná krokev je v exteriéru podepřena sloupkem, který je součástí dřevěné předsazené pavlače. Do této rozšířené části krovu se přidala nově i vrcholová vaznice. Ta je z jedné strany uložena do západního štítu a z druhé strany do nosné zdi ve střední části budovy. Uprostřed rozpětí je vaznice uložena do konstrukce výtahové šachy. Veškeré prvky konstrukce krovu byly opatřeny protipožárním a lazurovacím nátěrem. Celý krov byl během této rekonstrukce nově zateplen lehkou sendvičovou konstrukcí z minerálních desek a rohoží z dřevěné vlny a cementu. Z důvodu přitížení konstrukce krovu novým zateplením, byly krokev opatřeny novým dřevěným profilem a tím došlo ke zvýšení jejich únosnosti.



Obrázek 15: Rozšíření krovu: napojené krokev, přidaná vrcholová vaznice

Objekt byl během této rekonstrukce také napojen na inženýrské sítě. V přízemí a v patře bylo vybudováno nové hygienické zařízení a dvě kuchyňky.

3.3 OKOLNÍ VLIVY

Objekt se nachází v mírně svažitém terénu. Z jižní strany k objektu přiléhá betonový chodník s kamennou dlažbou z hrubozrnného pískovce, který je spádován směrem od objektu. Ze západní, severní a východní strany je objekt obklopen mírně svahovaným travnatým terénem.

Objekt konírny je v současné době stále namáhán zemní vlhkostí, a to i přes to že během poslední rekonstrukce byla po obvodu objektu vybudována vzduchová izolace v podobě vysoušecích kanálů. Tyto vysoušecí kanály byly vystaveny ze speciálních prefabrikovaných tvarovek. Vzduchové dutiny byly z vnější strany opatřeny spádovanou drenážní trubkou.

Střecha objektu je opatřena dešťovými žlaby a svody, které svádí vodu ze střechy do dešťové kanalizace.

Krátce po dokončení rekonstrukce došlo ke změně vedení muzea, která měla za následek i mírnou změnu provozu. V té době se v konírně přestalo pravidelně vytápět a větrat. Tento způsob provozu pokračuje až do současnosti. Objekt konírny se vytápí pouze před přednáškami a vernisážemi, kterých se účastní větší počet lidí. V zimním období se v objektu nevětrá, aby nedocházelo k úniku tepla.

3.4 GEOLOGICKÉ POMĚRY A ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

V těsné blízkosti objektu konírny nebyl v minulosti proveden žádný geologický vrt. Bylo proto na České geologické službě zažádáno o 5 vrtů, které se nacházejí poblíž budovy z různých stran. Z těchto získaných geologických vrtů bylo odvozeno, že se v oblasti základové spáry objektu pravděpodobně vyskytuje hlína jílovitá nebo hlína písčitá. Výskyt jílu v podzákladí by potvrzovala i realizace zesilování a prohlubování základů při dřívějších rekonstrukcích.

Vzhledem k tomu, že v historii v Jílovém a jeho okolí probíhala těžba zlata a celé území je poddolované, se dá předpokládat výskyt štol i v okolí budovy konírny. Přítomnost štol v blízkosti objektu může mít za následek nerovnoměrné sedání základových konstrukcí.

Původní základy jsou tvořeny kamenným zdivem, zděným na hlínu. Základy pod jižní nosnou zdí byly v průběhu rekonstrukce mezi lety 1990-1992 prohloubeny a podbetonovány.

Hloubka dostatečně únosného základového podloží byla při rekonstrukci v roce 2004-2008 stanovena na 1,5 m. Do této hloubky byly z prostého betonu vytvořeny základy pod nové nosné konstrukce a opěrné zdi.

3.5 NOSNÉ KONSTRUKCE

3.5.1 SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

3.5.1.1 Popis svislých nosných konstrukcí

Nosné svislé konstrukce tvoří obvodové zdi a zdi v příčném směru. Konstrukčně lze toto uspořádání zařadit mezi příčný stěnový systém neboli jednotrakt se ztužujícími zdmi v příčném směru.

Použitý stavební materiál pro tyto konstrukce byl zjištěn z technických zpráv k rekonstrukcím a lze jej pozorovat i z doložených fotografií.

Nosné zdivo prvního nadzemního podlaží je provedeno z lomového kamene na vápennou maltu. Druh použitého kamene pro výstavbu je s největší pravděpodobností metabazit. Během rekonstrukce v letech 1990-1992 bylo provedeno zesílení jižní nosné zdi. Před zesílením byla ze zdiva odstraněna omítka, vyškrábnuty spáry a takto odhalené zdivo bylo očištěno. K zesílení byly použity ostře pálené plné cihly na jemnozrnnou cementovou maltu. Dnes zde zdivo



Obrázek 16: Pohled na odhalenou severní fasádu



Obrázek 17: Zesílená jižní obvodová zeď

ve spodní části objektu dosahuje tloušťky až 1,15 m.

Zdivo prvního nadzemního podlaží severní, východní a západní části objektu má po výšce konstantní tloušťku přibližně 0,85 m, tloušťka vnitřních nosných stěn se pohybuje okolo 0,65 m. Toto zdivo lze zařadit dle normy ČSN 73 2310 jako zdivo lomové, jehož pevnost v tahu závisí na druhu malty a pohybuje se v rozmezí 0,1 – 1 MPa.

Obvodové a vnitřní nosné zdi v druhém nadzemním podlaží jsou vyžděny klasickými plnými pálenými cihlami na vápenno – cementovou maltu a vykazují tloušťku přibližně 0,6 m.

Během poslední rekonstrukce byl v západní části vybudován nový zděný pilíř pro uložení klenebního pasu a ocelového průvlaku pro stropní konstrukci. Dále byla vyzděna nová výtahová šachta z prefabrikovaných betonových tvarovek, které byly po vystavění dovyztuženy betonářskou ocelí a prolity betonem. Šachta prochází oběma podlažími a končí až u konstrukce krovu. Pro tuto výtahovou šachtu a zděný pilíř byly vytvořeny základy z prostého betonu do hloubky 1,5 m.



Obrázek 18: Průběh zdění výtahové šachty



Obrázek 19: Nově vyzděný pilíř

3.5.1.2 Popis poruch na svislých nosných konstrukcích

Zdivo v prvním nadzemním podlaží jeví v interiéru viditelné známky vlhkosti. Téměř po celém vnitřním obvodu v oblasti u podlahy opadáva vlivem vlhkosti nátěr stěn. Nejvíce je tímto způsobem narušená západní část objektu, kde se známky vlhkosti nachází téměř po celé výšce prvního podlaží.



Obrázek 20: Opadající nátěr u okenního nadpraží v západní části budovy



Obrázek 11: Známky vlhkosti v oblasti u podlahy

Tímto způsobem je narušena velká část jižní nosné zdi. Směrem na severovýchod projevující se známky vlhkosti klesají. Odpovídají tomu i výsledky měření.

Vlhkost v konstrukcích je pravděpodobně způsobena nedostatečnými opatřeními proti vztlínající vlhkosti, která byla provedena během poslední rekonstrukce. Vlhkost se v konstrukci ale také kumuluje pravděpodobně i z důvodu nedostatečného proudění vzduchu a vytápění. Výsledkům vlhkostního průzkumu i navrženému způsobu sanace budou níže věnovány samostatné kapitoly.

Ve východní části objektu se vyskytují svislé trhliny. Tyto trhliny mohou být způsobeny svislým přetížením. Mohou být ale také následkem pohybu základů nebo rozpínáním konstrukce v oblasti stropu z důvodu uvolnění ztužujících táhel.



Obrázek 21: Trhliny ve východní části objektu

Na nosné zdi v podkroví ve střední části objektu se nachází trhlina způsobená velkým přetížením od uložení dodatečně přidané vrcholové vaznice.



Obrázek 22: Trhlina pod vrcholovou vaznicí

Na jižní fasádě jsou patrné trhliny, které vedou z rohů okenních otvorů svisle nahoru. Šikmé trhliny z rohů otvorů jsou obvykle charakteristickým projevem dynamických účinků.



Obrázek 23: Trhliny na jižní fasádě

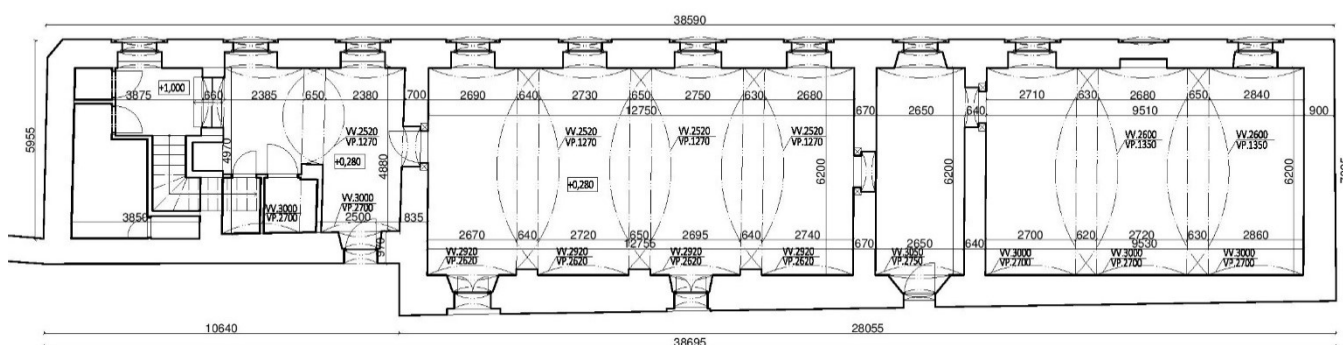
Mechanické porušení záklenků, které ve většině případů pokračuje i do konstrukce nosných zdí je popsáno v následující kapitole věnované poruchám vodorovných nosných konstrukcí

3.5.2 VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

3.5.2.1 Popis vodorovných nosných konstrukcí

První nadzemní podlaží je převážně klenuto segmentovými cihelnými valenými klenbami o rozpětí přibližně 2,7 m, vzezpetí 0,3 m a tloušťce 0,15 m. Tloušťka klenby odpovídá skladebnému rozměru použitých cihel. Tyto valené klenby jsou uloženy do cihelných klenebních pasů o rozponu přibližně 6 m a vzezpetí 1,25 m.

V části západní třetiny budovy, v oblasti, kde je budova zúžena, jsou valené klenby o menším rozpětí okolo 2,38 m a stejném vzezpetí 0,3 m. Tyto klenby jsou částečně uloženy do klenebního pasu o rozpětí 2,8 m a částečně do průvlaku tvořeného ocelovými válcovanými I profily. Oba tyto prvky jsou opřeny do sloupu, který se nachází mezi nimi a z druhé strany do nosné obvodové zdi.



Obrázek 24: Schéma půdorysu INP

Stropy ve zbylé západní části prvního nadzemního podlaží a také stropy v druhém nadzemním podlaží jsou tvořeny trapézovým plechem s nadbetonávkou na ocelových válcovaných I nosnících. Typ nosníků byl volen podle rozpětí, do kterého byl umístěn.

Překlady jsou v tomto objektu převážně klenuté z cihelného pásu. U otvorů, vytvořených během poslední rekonstrukce objektu v období mezi lety 2004 a 2008, jsou překlady z ocelových válcovaných nosníků I. To se týká většiny interiérových dveřních otvorů. Výjimku



Obrázek 25: Kamenné ostění během rekonstrukce



Obrázek 13 Kamenné ostění

tvoří dva případy, ve kterých jsou u interiérových dveří použita původní kamenná ostění s odlehčující klenbou.

3.5.2.2 Popis poruch na vodorovných nosných konstrukcích

Ve většině klenebních pasů o šestimetrovém rozponu se nachází přibližně v jedné třetině až jedné polovině rozpětí v severní části trhlina, která většinou pokračuje do přilehlých valených kleneb. Toto narušení kleneb je pravděpodobně způsobeno pohybem klenebních podpor. V dalších kapitolách bude provedena a popsána analýza nejvíce narušeného klenebního pásu, při které bude analyzována nejpravděpodobnější příčina tohoto porušení.



Obrázek 26: porušení klenebního pasu



Obrázek 27: Detail trhliny na klenebním pasu

Také u překladů je patrné mechanické porušení. Téměř v každém okenním a dveřním nadpraží v prvním nadzemním podlaží lze nalézt svislou trhlinu. Trhliny tohoto typu mohou vznikat působením dynamických účinků ale také například v důsledku velkého svislého zatížení. Toto zatížení mohlo vzniknout například vybudováním nové podlahy nad prvním nadzemním podlažím nebo vystavěním druhého patra na konci 19. století.



Obrázek 28: Trhlina v nadpraží

3.5.3 STŘECHA A KROV

3.5.3.1 Popis střechy

Objekt konírny je zastřešen sedlovou střechou se štíty o rozměrech 39,5 m x 9 m. Střešní plocha má sklon 35° a směřuje na severní straně do pozemku s č. p. 17 a na jižní straně do nádvoří muzea. Ukončení střechy je tvořeno přibližně 0,6m dlouhým přesahem. Přesah střechy byl nově vyřešen při poslední rekonstrukci. Na stávající krokve byly během této rekonstrukce v oblasti přesahu přidány vždy další dvě krokve a na horní z nich byla umístěna nová hoblovaná pohledová prkna.



Obrázek 29: Přesah střechy

V jižní šikmině střechy byla během poslední rekonstrukce osazena tři nová kyvná střešní okna. V západním a východním štítě byla taktéž vybudována okna nová.

Na střeše se nachází keramická krytina z pálených tašek typu Holand. Střešní krytina byla pořízena při stavebních úpravách v letech 1990-1992. Při rekonstrukci mezi lety 2004-2009 bylo provedeno nové laťování a zateplení střechy. Střešní krytina byla posléze přeskládána a doplněna z důvodu zvětšení plochy střechy. Nově byla střešní krytina doplněna o provětrávací tvarovky u hřebene. Pod okapnicí se nově umístily plastové pásy proti hmyzu.

Střešní krytina byla doplněna o klempířské prvky z měděného plechu a pásoviny. Na střešní krytině se dnes nachází dešťové žlaby, svody a oplechování včetně sněhových zachytávačů.

3.5.3.2 Komínová tělesa

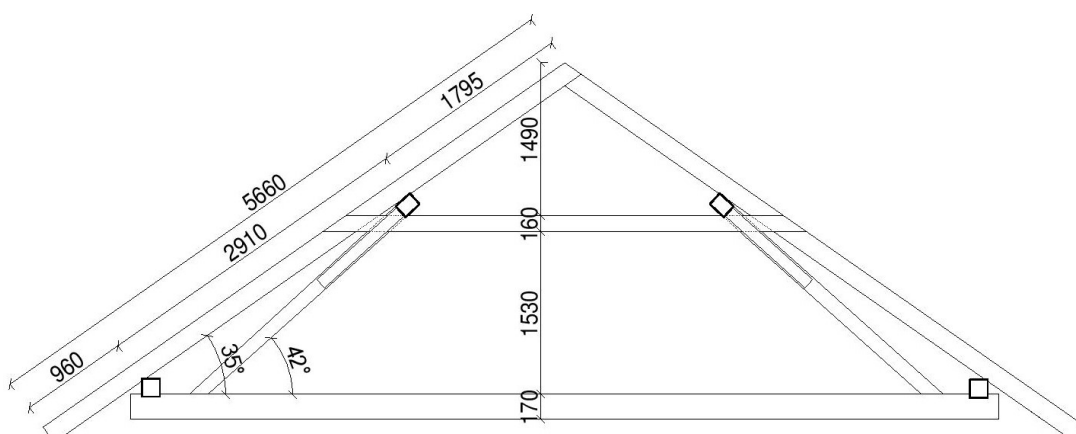
Na střeše objektu konírny se nachází dvě komínová tělesa, která byla vystavěna v průběhu poslední rekonstrukce. Tyto komíny neslouží k odtahu spalin. Byly vybudovány pouze

za účelem větrání. Komín ve střední části střechy slouží k větrání přednáškového sálu. Komín ve východní části střechy slouží k provětrávání podlahy v suterénu.

3.5.3.3 Popis krovu

Krov je tvořen vaznicovou soustavou se stojatou stolicí se šikmými sloupky. Stojatá stolice se šikmými sloupky se velmi podobá ležaté stolici. Období výstavby, přítomnost kleštín a také malý sklon střechy⁴ spíše odpovídá stojaté stolici se šikmými sloupky. Sklon střechy je 35° a šikmé sloupky svírají s vazným trámem úhel 42° .

U vaznicových soustav je velký rozdíl mezi jalovou a plnou vazbou. Jalovou vazbu zde tvoří vždy dvojice krokví, která se opírá o středovou a spodní vaznici. Pomocí těchto vaznic se přenáší zatížení do vazeb plných. Plné vazby jsou zde tvořeny opět dvojicí krokví a dvojicí šikmých sloupků, které podpírají středovou vaznici. Středové vaznice jsou šikmo pootočené tak, aby byly rovnoběžně s vrchní rovinou šikmých sloupků. Šikmé sloupky se ve spodní části opírají o vazný trám v blízkosti uložení vazného trámu do zdiva. Přenášením zatížení do blízkosti uložení trámu se snižuje namáhání vazného trámu ohybovým momentem. Z toho důvodu jsou pak nároky na dimenze vazného trámu nižší. Vazný trám je uložen do kapes v obvodovém zdivu. Na vazné trámy je rovnoběžně se středovou vaznicí, ale již bez pootočení, uložena spodní vaznice. Na každém šikmém sloupku se pak nachází dvojice pásků, které zmenšují rozpon mezi plnými vazbami a v krovu zároveň zajišťují podélnou tuhost konstrukce. Dále plnou vazbu tvoří dvojice kleštín z fošen, které zajišťují příčnou tuhost krovu a částečně také podpírají vaznici.

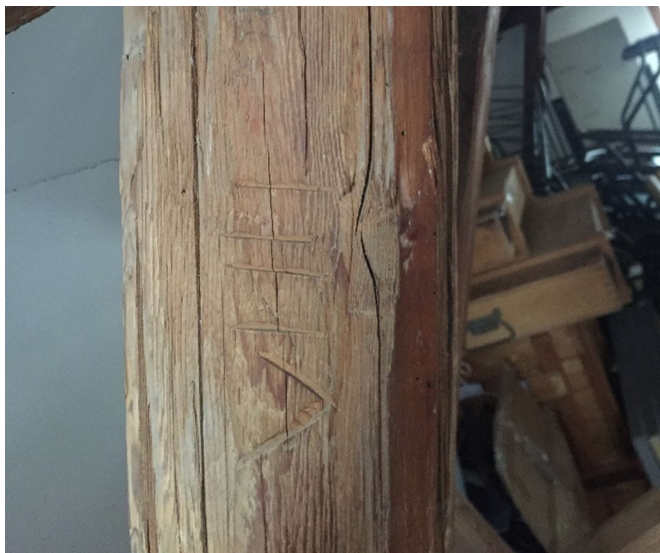


Obrázek 30: Schéma plné vazby krovu

⁴ Udává se, že pro správnou funkci ležaté stolice by vzpěry měly mít sklon 50° až 60° . V případech, kdy vzpěradla svírají úhel méně než 40° , konstrukce krovu s ležatou stolicí již nevyhovuje. [26]

V tomto krovu se vyskytuje 10 plných vazeb, mezi kterými se vždy vyskytují tři jalové vazby. Výjimku tvoří západní část krovu, kde se mezi plnými vazbami nachází čtyři jalové. Celkem má tedy krov 28 jalových vazeb. Vzdálenost krokví se pohybuje okolo 1 m.

Krov je zhotoven z tesaného smrkového dřeva. Na původních prvcích krovu jsou patrné značky provedené sekyrou.



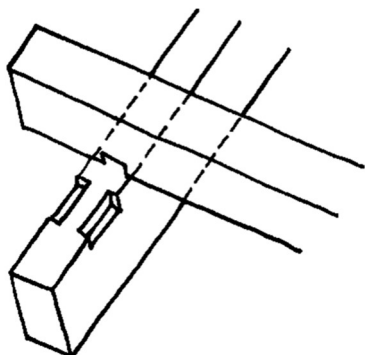
Obrázek 32: Sekyrou vytvořená značka šikmého sloupku



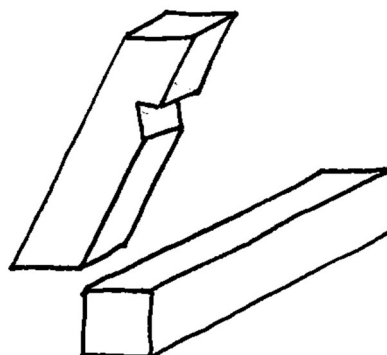
Obrázek 31: Sekyrou vytvořená značka na pásku

3.5.3.4 Užití tesařské spoje

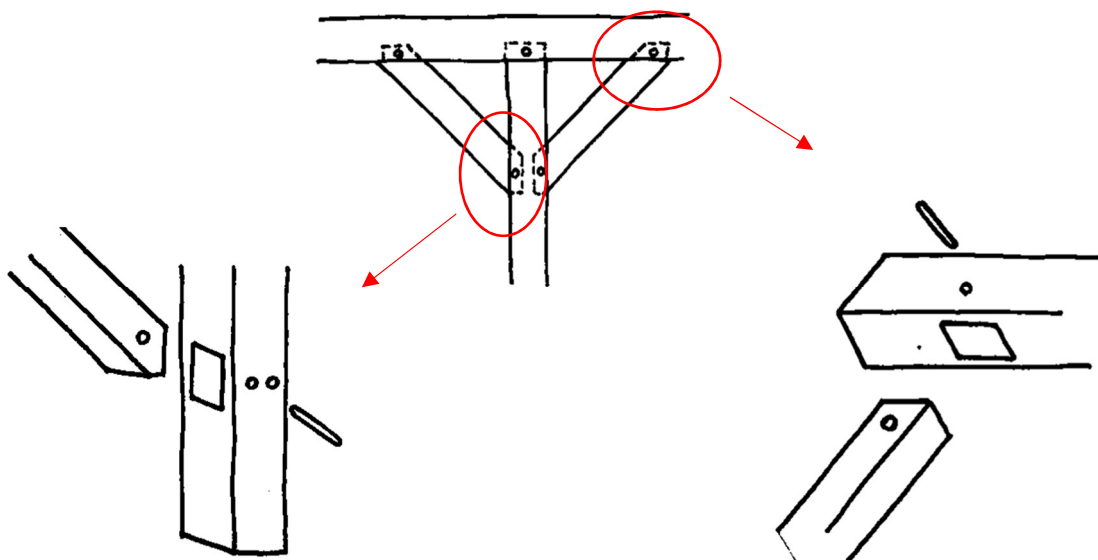
Konstrukce krovu je tesařsky vázaná, jednotlivé užití tesařské spoje jsou znázorněny následujícími schémata.



Obrázek 37: Kampaní vazného tramu na spodní vaznici

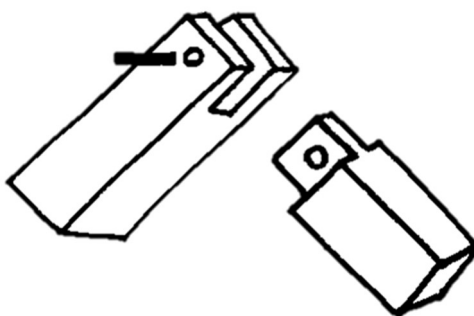


Obrázek 36: Osedláni krokve na středovou vaznici



Obrázek 34: Čepování pásku do sloupku

Obrázek 35: Čepování pásku do středové vaznice



Obrázek 33: Čepování krokvi

3.5.3.5 Popis poruch krovu

Povrch dřeva je přirozeně nahnědlý. Místy je patrný výskyt dřevokazného hmyzu, konkrétně červotoče proužkovaného a tesaříka krovového.



Obrázek 38: Výletové otvory červotoče z pásku



Obrázek 39: Krokev napadené tesaříkem

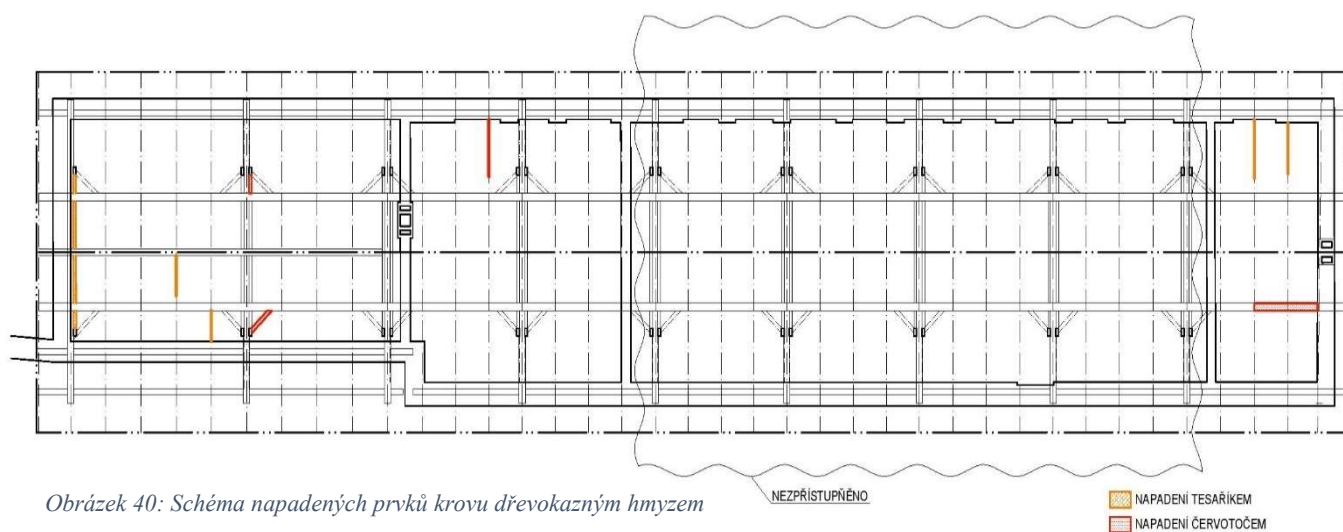
Podle velikosti otvorů se v konstrukci krovu vyskytoval červotoč proužkovaný. Tento druh červotoč napadá především jehličnaté dřevo. Samička červotoče klade do starých výletových otvoru nebo do štěrbin ve dřevě larvy. Tyto larvy vytváří ve dřevě chodby. Vývoj larvy červotoče proužkovaného trvá 1 až 3 roky. Červotoč v konstrukci krovu v objektu konírný se dnes již nejeví jako aktivní. Při poklepu na konstrukci s výletovými otvory se z napadeného prvku nesype požerkový prášek.

Také tesařík krovový napadá zejména jehličnaté dřevo. Vývoj larvy trvá 3 až 10 let. Vylíhlé larvy tesaříka vyhlodávají chodby těsně pod povrchem dřevěného prvku, kde zanechávají požerky.

Krov je celkově poměrně v dobrém stavu. Část krovu, která je propojena s druhým nadzemním podlažím nemohla být důkladně prozkoumána, na první pohled se ale jeví v pořádku. Na konstrukci krovu nejsou patrné žádné deformace. Ani známky výskytu

dřevokazných hub po vizuální prohlídce nebyly nalezeny. Rozsah napadení dřevokazným hmyzem není příliš velký.

Schéma napadených prvků dřevokazným hmyzem v objektu konírny je přiloženo níže.



Obrázek 40: Schéma napadených prvků krovu dřevokazným hmyzem

3.5.3.6 Technologie opravy krovu

Před samotným návrhem opravy krovu by bylo vhodné zjistit hloubku napadení dřevěných prvků, a to buď proklepáním nebo provedením vrtů. V případech, kdy je napadení omezeno na povrchovou vrstvu prvku a průřez prvku zůstal po napadení škůdcem dostatečný, aby vyhověl statickým požadavkům, je možné prvek nechat ve stavbě i takto narušený. Tento postup se uplatňuje zejména nejedná-li se o aktivní napadení škůdcem. [26] V případě krovu konírny lze k tomuto řešení přistoupit u prvků napadených červotočem, a to z důvodu, že se toto napadení nejeví jako aktivní a prvky takto napadené jsou schopné i nadále plnit svou statickou funkci.

U prvků napadených tesaříkem by bylo vhodné provedení vrtů pro určení hloubky napadení. Pokud narušení prvku postihuje maximálně 30 % průřezu je možné tento prvek po odstranění napadené části plombovat přesně upravenou vložkou. Při větším narušení je třeba použít protézu o shodných rozměrech a tvaru jako měl narušený prvek. V obou případech se jako nově vkládané dřevo použije dřevo řádně vysušené stejného druhu a podobné struktury.

3.5.3.7 Historie krovu

Konstrukce krovu byla, jak již bylo zmíněno, s největší pravděpodobností vystavěna na konci 19. století, při stavebních úpravách konírny, kdy se celý objekt navyšoval o druhé nadzemní podlaží. Veškeré poškozené prvky byly při opravách konírny mezi lety 1990-1992 nahrazeny, a to zejména v západní části budovy. Velká část krovu je ale původní. Při poslední rekonstrukci v letech 2004-2008 byl krov v západní části rozšířen tak, aby měl po celé délce stejnou šířku. Toto rozšíření bylo provedeno tak, že na původní kratší krokve byly pomocí ocelových šroubů navázány v úrovni těsně nad středovou vaznicí krokve nové. Do této rozšířené části krovu byla nově umístěna vrcholová vaznice. Ta je z jedné strany uložena do západního štítu a z druhé strany do nosné zdi. Přibližně ve středu rozpětí je vaznice podpírána výtahovou šachtou.



Obrázek 41: Tvar střechy před rozšířením;



Obrázek 42: Tvar střechy po rozšíření

Během této poslední rekonstrukce byly pohledové prvky krovu opatřeny lazurovacím lakem a protipožárním nátěrem.

3.6 SCHODIŠTĚ

3.6.1 VNITŘNÍ SCHODIŠTĚ

3.6.1.1 Popis vnitřních schodišť

V objektu konírny se nachází jedno hlavní vnitřní schodiště. Toto schodiště je železobetonové deskové zalomené a vede z prvního nadzemního podlaží až do prostor podkroví. Schodiště je situováno v západní části budovy. Přímá část schodiště v prvním nadzemním podlaží směřuje na jih a přibližně v půlce ramene se schodiště stáčí směrem na východ. To samé se zrcadlově opakuje v části schodiště vedoucího do podkroví. Půdorysný

rozměr stupňů nacházejících se v přímé části schodiště je 260x1000 mm. Výšky stupňů jsou 169 mm. Zábradlí u tohoto schodiště je ocelové s dřevěným madlem.



Obrázek 43: Vnitřní deskové schodiště v 2 NP

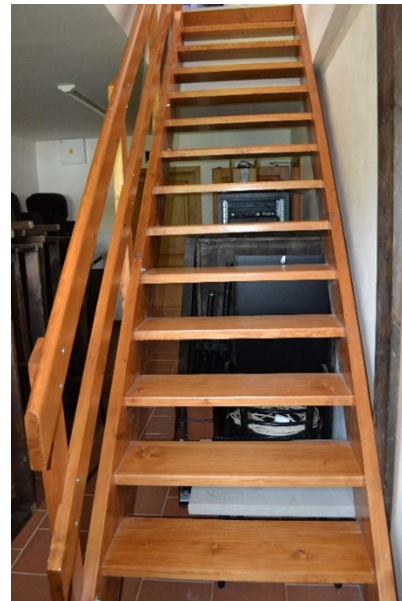


Obrázek 44: Vnitřní deskové schodiště v podkroví

Čtyřstupňové betonové schodiště pomáhající překonávat výškový rozdíl podlah v prvním nadzemním podlaží se nachází taktéž v západní části objektu. Půdorysný rozměr stupňů je 280x1500 mm a výška stupně je 160 mm. Podél tohoto schodiště je na pravé straně na stěnu připevněno dřevěné madlo.



Obrázek 46: Čtyřstupňové betonové schodiště



Obrázek 45: Celodřevěné schodnicové schodiště vedoucí z 2NP do podkroví

Ve východní části objektu se nachází schodiště vedoucí z druhého nadzemního podlaží do podkroví. Toto schodiště je řešeno jako schodnicové v celodřevěném provedení. Schodnicové stupně jsou tvořeny dřevěnými deskami, které jsou z obou stran napojeny do schodnic. Půdorysný rozměr stupňů je 220x900 mm a výška stupně 200 mm. Zábradlí tohoto schodiště se nachází pouze na levé straně a je také dřevěné.

3.6.1.2 Popis poruch vnitřních schodišť

Vnitřní schodiště jsou celkově v dobrém stavu, nejsou na nich patrné žádné závažné poruchy. Pouze na některých površích jsou zjevné známky mírného opotřebení.

3.6.2 VENKOVNÍ SCHODIŠTĚ

Na jižní straně objektu se nachází venkovní dřevěné schodiště s krytou pavlačí. Toto schodiště je řešeno jako tesařsky vázaná konstrukce z hraněného řeziva. Nosná konstrukce tohoto předsazeného schodiště je kotvena do základových patek, do obvodového pláště a do konstrukce krovu. Schodiště je řešeno jako schodnicové s půdorysným rozměrem stupně 280x1420 mm. Výška stupně je 129 mm. Na obou schodišťových ramenech jsou umístěna dřevěná zábradlí. I toto venkovní schodiště je v dobrém stavu bez zjevných známek napadení dřevokazným hmyzem, či dřevokaznými houbami.



Obrázek 47: Venkovní schodiště

3.7 NENOSNÉ KONSTRUKCE

3.7.1 PŘÍČKY

Příčky v objektu slouží zejména k oddělení prostoru pro personál od výstavních a přednáškových místností a k vytvoření prostoru pro hygienické zařízení.

Příčky jsou vyzděny z podélně děrovaných cihel o tloušťkách 100 a 150 mm. Příčky oddělující vytápěné výstavní prostory od prostorů zázemí, které jsou pouze temperovány, jsou opatřeny zateplovací sádkartonovou předstěnou. Na této předstěně jsou přichyceny podhledové akustické desky značky Knauf typ Claneo. Ze stejných pohledových desek je tvořen podhled v podkroví.

Na příčkách nejsou patrné žádné poruchy.

3.7.2 PODHLEDY

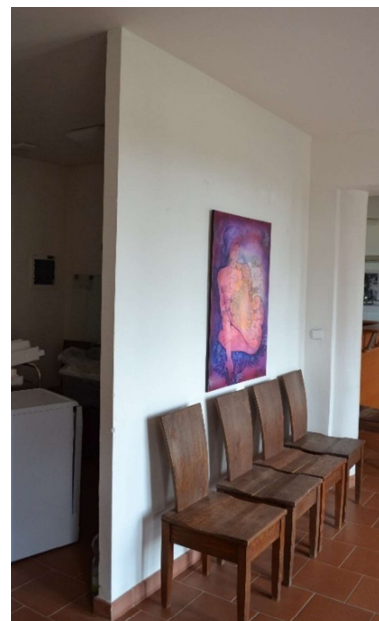
Podhled v přednáškovém sálu, kde je umožněn průhled do konstrukce krovu, je tvořen stejnými akustickými podhledovými deskami, které byly zmíněny v kapitole o příčkách.

Podhledy v místnostech hygienického zařízení, v místnostech sloužící pro zázemí personálu a v předsáli velkého přednáškového sálu v druhém nadzemním podlaží jsou ze sádkartonových desek na lehkém ocelovém roštu.

Kromě drobných trhlinek ve štku v oblasti rohů mezi zdí a podhledem se na těchto konstrukcích nevyskytují žádné poruchy.



Obrázek 48: Podhledové akustické desky na podhledu krovu a přilehlé příčce



Obrázek 49 Příčka oddělující prostory zázemí od vstupní síně

3.8 OMÍTKY A MALBY

3.8.1 VNITŘNÍ POVRCHY

Vnitřní omítky jsou dvouvrstvé vápenné štukované. V přízemí je aplikována vícevrstvá sanační omítka. Veškeré interiérové plochy stěn měly být při rekonstrukci opatřeny difuzním

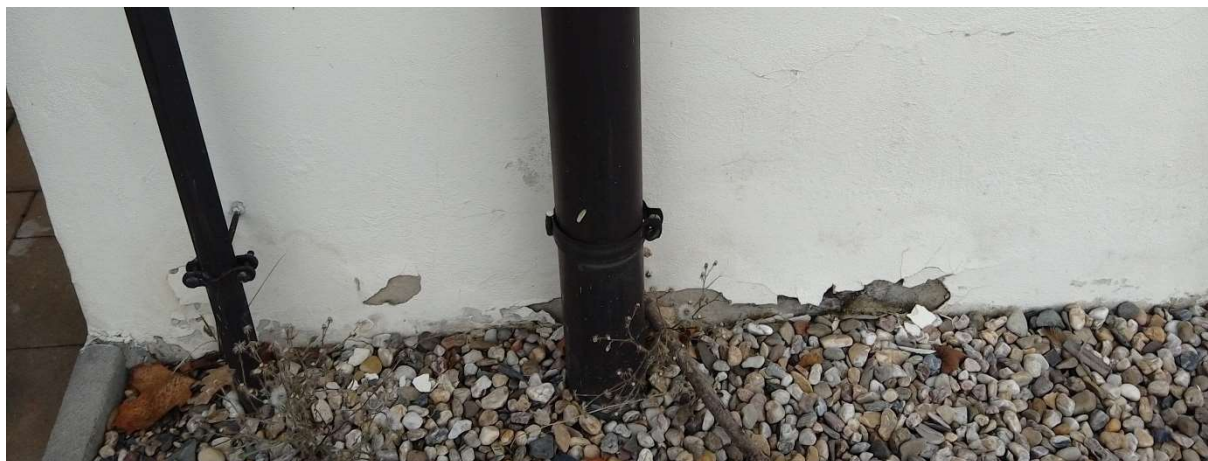
nátěrem s bílým odstínem. Je ale pravděpodobné, že v období po této rekonstrukci byla provedena nová výmalba, při které již nebyly použity difuzně propustné nátěry. Z toho důvodu je dnes pravděpodobně vnitřní povrchová úprava v prvním nadzemním podlaží porušena. Malba v některých místech opadává a pod omítkou se místy tvoří výdutě.

V hygienickém zázemí a také za kuchyňskou linkou jsou stěny obloženy keramickým omyvatelným obkladem.

3.8.2 VNĚJŠÍ POVRCHY

Vnější fasádní omítky jsou vápenné, aby byla umožněna difuze vodních par. Omítky byly během poslední rekonstrukce nanášeny tak, aby byly zachovány nepravidelné rovinatosti povrchu. Na soklových partiích se nachází vícevrstvá sanační omítka. Konečnou povrchovou úpravu tvoří fasádní vápenná barva s okrovým odstínem.

Fasádní omítky jsou v některých místech porušeny trhlinami. Ve spodní části soklové oblasti jsou místy také zjevné výdutě od působící vlhkosti.



Obrázek 50: Mírné narušení fasádní omítky ve spodní části soklové omítky

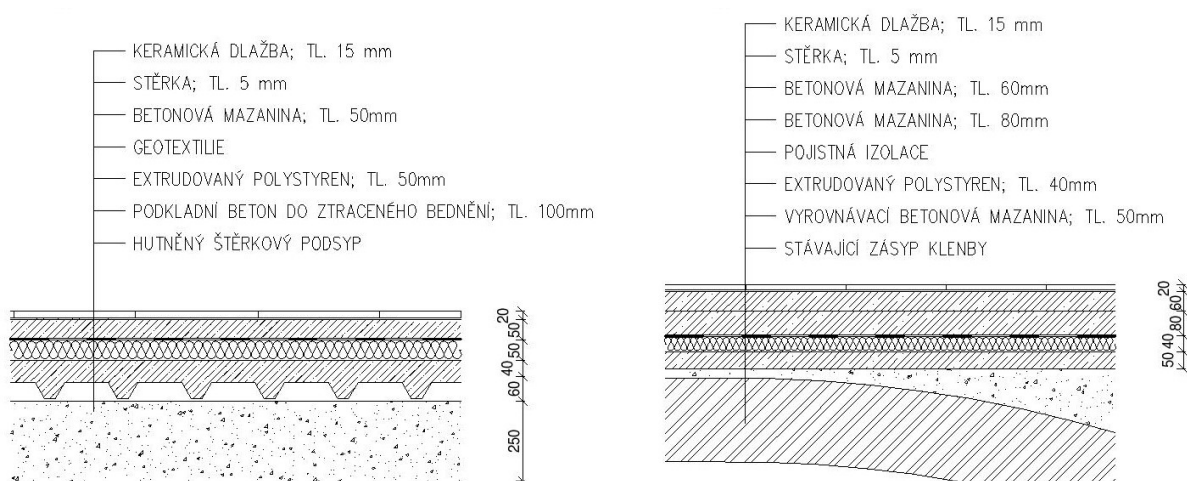
3.9 PODLAHY

V přízemí objektu se nachází provětrávané podlahy. Podkladní beton s výztuží je zde položen do ztraceného plastového bednění, které pod konstrukcí podlahy umožňuje proudění vzduchu. Nášlapnou vrstvu zde tvoří neglazovaná keramická dlažba s cihelným střepem.

V druhém nadzemním podlaží se nachází betonové podlahy provedené na stávající zásyp kleneb. Nášlapnou vrstvu zde tvoří obdobná dlažba jako v přízemí.

Dlažba v hygienickém zařízení je glazovaná bílá. Nášlapná vrstva v podkroví budovy, které slouží pouze jako zázemí pro personál, je tvořena PVC.

Podlahy jsou, až na mírné projevy opotřebení časem, bez závad.



Obrázek 51: Skladba provětrávané podlahy v přízemí (vlevo) a nad valenými klenbami v druhé, nadzemní podlaží (vpravo)



Obrázek 52: Nášlapná vrstva z neglazované dlažby v přízemí

3.10 VÝPLNĚ OTVORŮ

3.10.1 DVEŘE

Vstupní dveře v přízemí jsou z dřevěného masivu s prosklenými tabulemi široké 900 mm a vysoké 1970 mm. Druhé vstupní dveře v přízemí ve východní části objektu jsou dřevěné kazetové se stejnými rozměry. Nad těmito dveřmi je umístěn prosklený nadsvětlík. Vstupní dveře do druhého nadzemního podlaží jsou dvoukřídlé, taktéž z dřevěného masivu s prosklenými tabulemi. Šířka těchto dveří je 1450 mm a výška 1970 mm. I nad těmito dvoukřídlými dveřmi se nachází prosklený nadsvětlík.

Interiérové dveře jsou provedeny z dřevěného masivu s jednoduchou kazetovou výplní. Veškeré dveře jsou osazeny do dřevěné obložkové zárubně.

3.10.2 OKNA

Veškerá okna jsou z dřevěného masivu s hnědým odstínem zasklená čirým dvojsklem. Okna v jižní obvodové stěně jsou dvoukřídlá francouzská doplněná dvoukřídlými okenicemi. V severním průčelí se nachází okna výklopná s kovanou mříží. Obdobná kovaná mříž se nachází také v okenních otvorech v obou štítech a v přízemním okně v západním průčelí. Okna ve štítech podkroví jsou neotevíratelná protipožární. V jižní šikmině střechy jsou osazena tři kyvná střešní okna. V severní šikmině střechy se nachází jedno menší střešní okno.

4. VLHKOST

4.1 ÚVOD DO TEMATIKY VLHKOSTI

Tato část bakalářské práce je věnována tématu vlhkosti ve stavebních materiálech. Budou zde probrány příčiny výskytu vlhkosti v konstrukcích a následně i známé metody její sanace.

Pojem vlhkost obecně znamená fyzikálně rozptýlená voda v jiné látce. Vlhkost ve stavebním materiálu vyjadřuje množství vody obsažené v látce, konkrétně tedy v jejích pórech. Pro vyjádření vlhkosti v materiálu se používá buď hmotnostní, či objemová vlhkost. [21]

Součástí této bakalářské práce je také pomocí vázkové metody stanovit hmotnostní vlhkost konstrukcí objektu konírny. Hmotnostní vlhkost je možné vyjádřit ze vztahu:

$$u_m = \frac{m_v - m_s}{m_s} * 100,$$

kde u_m je hmotnostní vlhkost v procentech, m_v je hmotnost odebraného vzorku a m_s je hmotnost vysušeného vzorku. Objemová hmotnost se pak vyjadřuje ze vztahu

$$u_v = \frac{V_v}{V_s} * 100$$

kde u_v je objemová vlhkost v procentech, V_v je objem kapalné vody a V_s je objem vysušeného vzorku. [21]

Za daných atmosférických podmínek se v každé pevné látce vyskytuje určité množství vlhkosti. Toto množství vlhkosti v látce je závislé na pórovitosti materiálu, na tvaru a velikosti pórů v materiálu, teplotě a vzdušné vlhkosti, ve které se materiál nachází a také na obsaženém množství solí. [22]

Spolu s vodou jsou do konstrukce často vnášeny také soli. Ty při vypařování vlhkosti z konstrukce vytvářejí solné výkvěty. Výkvěty jsou tvořeny rychle narůstajícími krystaly, které svou strukturou narušují strukturu zdiva. Mají tedy za následek destruktivní působení na stavební materiál. Norma ČSN P 0610 Hydroizolace staveb-sanace vlhkého zdiva-základní ustanovení stanovuje stupně zasolení pro sírany, chloridy a dusičnany. Výskyt solí ve vodě také ovlivňuje vzlínavost materiálu. Sole se usazují na stěnách pórů, tím zmenšují jejich průměr a zároveň tak zvětšují maximální výšku vzlinutí. [23]

Častým důsledkem vysoké vlhkosti v konstrukcích je výskyt bakterií, plísní a dalších mikrobiologických škůdců.

V normě ČSN P 73 0610 jsou mimo salinity klasifikovány i hodnoty vlhkosti zdiva a vlhkosti vnitřního vzduchu. Konkrétní hodnoty budou zmíněny níže při samotném vlhkostním průzkumu

4.2 ZDROJE A PŘÍČINY VÝSKYTU VLHKOSTI

Do stavebních konstrukcí se voda dostává ve formě kapalného i plynného skupenství. Většina stavebních materiálů a z nich tvořených konstrukcí mají pórovitou strukturu, a tedy také schopnost tuto vlhkost přijímat. [22]

Pro návrh správné sanační metody je nutné zjistit způsob transportu vlhkosti do stavebního materiálu v daném případě. V porézních materiálech dochází k transportu vody v plynné i kapalně fázi, a to různými způsoby. Obecně lze říci, že k transportu vodní páry dochází pomocí difuze a transport kapaliny v porézním materiálu je umožněn díky kapilárnímu vedení. [21]

Častým druhem transportu vody do stavební konstrukce je kapilární vztlínání. Tím se rozumí vzestup vody v pórovité látce důsledkem kapilární elevace nad úroveň hladiny vody. Jakmile se porézní materiál dostane do kontaktu s vodou, začne docházet k nasávání vody, a to nezávisle na sklonu póru. Tento transport kapaliny se projevuje u materiálů s průměrem pórů od 10^{-7} do 10^{-4} m. Tento proces transportu kapaliny je ovlivněn tvarem a poloměrem pórů, ale také systémem jejich propojení a povrchu pórů. Výška vztlínání lze vypočítat ze vztahu:

$$h = \frac{2 * \sigma * \cos\theta}{r * \rho * g}$$

Z toho vyplývá, že výška vztlínání u stavebních konstrukcí je přímo úměrná povrchovému napětí v prostředí voda-vzduch (σ) a úhlu smáčení kapaliny (θ) a nepřímo úměrná velikosti póru (r), měrné hmotnosti kapaliny (ρ). g značí v rovnici tíhové zrychlení. Skutečná výška vztlínání bývá v praxi ale nižší z důvodu současně probíhajícího odpařování.

Z výše zmíněného vzorce plyne, že se zmenšujícím se poloměrem pórů roste výška vztlínání. Čím je ale poloměr póru v materiálu větší tím se zvětšuje množství pronikající vlhkosti. K největšímu transportu kapaliny dochází u pórů o poloměru 10^{-5} m. Okolo této hodnoty se také pohybuje střední poloměr kapilár ve zdivu. Tomuto poloměru odpovídá výška vztlínání přibližně 1,49 m.

Současně s vodou vztlíná do stavebních konstrukcí z podzákladí také sůl a minerály. Tyto látky krystalizují a sedimentují na stěnách pórů, tím se poloměr pórů zmenšuje a výška vztlínání roste. Z toho důvodu může být u starších konstrukcí výška vztlínání vyšší než u nových. [21], [22], [23]

V prostředí dochází k pohybu vlhkosti také z důvodu rozdílných parciálních tlaků. Tento pohyb vodní páry se nazývá difuze. Prostředí se tímto způsobem snaží docílit stavu zvanému

rovnovážná vlhkost. Ta je charakterizována nulovým přírůstkem vlhkosti za stálé teploty a relativní vlhkosti. Stejně tak ve stavebním materiálu obklopeném vzduchem dochází k pohybu vlhkosti. V případě, že vzduch obklopující konstrukci má vyšší parciální tlak vodní páry než samotná konstrukce, vede snaha prostředí o docílení rovnovážné vlhkosti k přijímání vlhkosti konstrukcí. Tím se vlhkost v konstrukci zvyšuje, tento jev se nazývá sorpce. Ve vzduchu, u kterého vlhkost klesá, dochází k opačnému jevu, neboli desorpci. V opačném případě, kdy je parciální tlak vodní páry v konstrukci vyšší než v okolním vzduchu, dochází ze stejného důvodu ke snižování vlhkosti v materiálu. K difuzi vodní páry dochází v každé látce, která má póry větší než $2,78 \cdot 10^{-10}$ m. Tato velikost totiž odpovídá střední volné dráze molekuly vody, v látkách s menšími póry difuze vodní páry neprobíhá. Aby v materiálu mohlo docházet k transportu vodní páry difuzí, nesmí být kapiláry a póry plně zaplněny vodou ale alespoň částečně vzduchem. [21]

V prostředí, ve kterých se stavební konstrukce vyskytují, je hned několik možných zdrojů vlhkosti.

Jedním z možných zdrojů vlhkosti v konstrukci může být voda srážková, která pochází z dešťových nebo sněhových srážek. Voda srážková ve formě kapek dopadá na střešní krytiny, ze kterých je poté pomocí okapových žlabů a dešťových svodů sváděna na úroveň terénu. Voda srážková může být také hnaná větrem. Ta dopadá na obvodové zdivo někdy i o značném tlaku a může pronikat do poměrně značných hloubek konstrukce. Srážková voda odstříkující působí zejména na soklovou oblast, na kterou se dopadající srážková voda odráží od okolního terénu objektu. Srážková voda se do konstrukce může také dostat skrz komínové a větrací průduchy nebo také po povrchu okolní stavby, při nesprávném vyspádování přilehlého terénu. [22]

Častým zdrojem vlhkosti je voda vztlínající. Ta do objektu proniká konstrukcemi, které jsou v kontaktu se zemínou. Podzemní voda vztlíná pomocí kapilarity zeminy ke konstrukci nebo se v podobě vodní páry pomocí difuze dopraví až ke konstrukci základů, a to i v případě, že se hladina podzemní vody nachází podstatně níže než základová spára. Difundovaná vodní pára posléze na základovém zdivu zkondenzuje a tím se přemění opět na vodu. Přilehlá stavební konstrukce pak zkondenzovanou vodu transportuje do vyšších poloh. [22]

Dalším možným zdrojem vlhkosti je voda kondenzovaná, která se na povrch konstrukce dostane difuzí vodní páry obsažené ve vzduchu. Vzduch vždy obsahuje určité množství vodní páry. Vlhkost se do vzduchu dostává různými způsoby, například činností člověka: vaření, praní a sušení prádla, ale také i dýcháním. Množství vodní páry obsažené ve vzduchu lze charakterizovat relativní vlhkostí, která vyjadřuje poměr částečného tlaku vodní páry v daném prostředí a částečného tlaku nasycené vodní páry.

$$\varphi = \frac{p_v}{p_{v,sat}} * 100$$

Hodnota relativní vlhkosti vzduchu je závislá na teplotě. Čím vyšší je teplota vzduchu tím vyšší je částečný tlak nasycené vodní páry. Z toho vyplývá, že oteplením vzduchu lze snížit relativní vlhkost vzduchu. V případě, že dojde k vyrovnání částečného tlaku vodní páry v prostředí a částečného tlaku nasycené vodní páry

$$p_v = p_{v,sat}$$

dosáhl vzduch 100% relativní vlhkosti a při jakémkoli poklesu teploty, či zvýšení hodnoty p_v dojde ke kondenzaci nadbytečné vodní páry. To se pak v tomto prostředí projeví jako mlha, rosa nebo jinovatka. [21] Ze stejného důvodu může dojít ke kondenzaci vodní páry na stavební konstrukci. Když teplota povrchu konstrukce klesne pod hodnotu teploty rosného bodu, což je teplota, při které má vzduch 100% relativní vlhkost dojde na této části konstrukce ke kondenzaci. Ke srážení vody tedy dochází na nejstudenějším místě. [24] K tomuto jevu tedy často dochází v oblastech tepelných mostů, ale také jak již bylo výše zmíněno v oblasti základů. V kapitole vlhkostní průzkum je umístěna tabulka znázorňující klasifikaci vlhkosti vzduchu ve vnitřním prostředí podle normy ČSN P 73 06130.

I uvnitř stavebních konstrukcí může docházet ke kapilární kondenzaci. To je dáno Thompsonovým jevem, podle kterého je tlak vodní páry nad zakřivenou hladinou vyšší než nad rovnou hladinou. Kapilární kondenzace je tedy závislá na četnosti pórů a jejich poloměrech. V jemných kapilárách dochází ke kondenzaci vodní páry před dosažením nasyceného tlaku vodní páry. Například u kapilár s poloměrem pórů okolo 10^{-6} dochází ke kapilární kondenzaci již při relativní vlhkosti vzduch 75 %. [21]

Voda se může do stavební konstrukce dostat také pomocí hydrostatického tlaku. Po období dešťů nebo při tání sněhu se do zeminy dostává velké množství vody. V případě, že tato voda v zemině narazí na méně propustnou vrstvu, může najít jiný směr cesty, například i v chybně provedené hydroizolaci, nebo v hydroizolaci, která na toto působení není navržena. Tím se voda může dostat přímo do konstrukce. Tato voda se také může kumulovat ve více propustné zemině například v nedostatečně zhutněném zásypu mezi výkopem a stavební konstrukcí. Pak přímo působí na izolaci proti zemní vlhkosti, která většinou tento tlak nepřenesa a poruší se.

Voda se také může vyskytnout ve stavební konstrukci tak, že ji z okolního vlhkého vzduch přejímají soli obsažené ve zdivu, které mají hygroskopické vlastnosti. Tyto soli se do konstrukce mohou dostat například z vody odstříkující z nasolených komunikací, nebo přímo z deště obsahujícího oxid uhličitý, siřičitý atd. Zdivo, které obsahuje velké množství solí s těmito vlastnostmi, pak ovlivňuje rovnovážnou vlhkost, která u těchto konstrukcí může být

až několikanásobně větší než u konstrukcí bez solí. Hygroskopické vlastnosti zdiva způsobuje i přítomnost některých mikroorganismů – plísní, bakterií a řas, ale také některé samotné stavební materiály jako cementové malty nebo sádra. [22]

Voda se také v konstrukci může objevit kvůli nevhodné stavebními úpravě v okolí stavby nebo přímo na objektu. Poměrně častou úpravou tohoto typu je například provedení kamenných nepropustných soklových omítek bránících konstrukci před odstříkující dešťovou vodou. Tento obklad sice chrání soklovou oblast před nově se vyskytující vlhkostí, ale zároveň zabraňuje odpařování vlhkosti ven z konstrukce. Z toho důvodu ve většině případech vlhkost vystoupala do vyšších úrovní nad tento soklový obklad. Další takovouto nevhodnou úpravou může být například odstranění studny z blízkosti objektu, což má za následek zvýšení hladiny podzemní vody v blízkém okolí zrušené studny. Nevhodné je budování asfaltových chodníků v okolí objektu, které brání průniku vodní páry ze země do ovzduší. Voda pak v této formě při transportu může nalézt jinou cestu, například do přilehlé stavební konstrukce.

Určité množství vody může být do konstrukce zabudováno již při výstavbě objektu. Tato voda se označuje jako voda zabudovaná nebo také technologická.

Tyto různé zdroje vody se v konstrukci mohou ocitnout různými způsoby. Například smáčením, prosakováním, kapilárním vztlínáním, vnitřní a povrchovou kondenzací, sorpcí. Technologická voda může být do konstrukce zakomponována během výrobního procesu, voda také může v konstrukci vzniknout při chemických reakcích nebo může být do konstrukce dopravena pomocí mikroorganismů. [23]

4.3 PROJEVY VLHKOSTI

Při výskytu vysoké vlhkosti zdiva jsou často zřetelné vlhkostní mapy. Pod okraji těchto map se nachází viditelné poruchy povrchů, například výdutě maleb a omítek. Omítky a malby v soklové části zdiva se rozpadají. V konstrukci se pak vytváří optimální podmínky pro vývoj mikroorganismů jako jsou bakterie, plísně a řasy. Ty potom spolu s vlhkostí negativně ovlivňují pevnost, ale také estetické, tepelně technické, hygienické a další fyzikální vlastnosti zdiva. Negativně mohou působit také na člověka. Dochází k deformacím a hnilobě dřevěných konstrukcí a vzdouvání podlah. [24], [21]

4.4 SANAČNÍ METODY

Základní metody sanace vlhkého zdiva lze obecně rozdělit na přímé a nepřímé. Přímé metody předpokládají přímý zásah do stavební konstrukce. Mezi tyto metody patří například

mechanické, chemické, elektroosmotické metody, nebo metody prováděné pomocí vzduchových izolačních systému. Mezi nepřímé metody lze potom zařadit například odvodnění horninového prostředí v okolí stavby, úpravy povrchu terénu, větrání prostor budovy nebo sušení vnitřních povrchů konstrukcí proudem teplého vzduchu. Existují také metody sanace vlhkého zdiva, které jsou označovány jako doplňkové. Mezi ty potom patří například aplikace sanačních omítek, úpravy vnějšího povrchu konstrukce vodoodpudivými barvami nebo povlaky z hydroizolačních materiálů.

Tato část bakalářské práce je věnována některým z nich. [22]

4.4.1 MECHANICKÉ METODY

Mechanické metody spočívají v podřezání nebo probourání stavební konstrukce a v dodatečném vložení vodonepropustné vrstvy. Po vytvoření vodorovné spáry se do konstrukce vkládá hydroizolační vrstva, a to ve formě asfaltových pásů, pásů z PVC, sklolaminátových desek nebo nerezavějících plechů. U všech těchto materiálů se musí dbát na důkladné provedení spojů, aby bylo zabráněno průchodu vody a vodní páry.

Dodatečně vloženou hydroizolační vrstvu je posléze nutné propojit hydroizolací podlahy a u obvodových zdí i se svislou hydroizolací z vnější strany zdi. Po provedení těchto sanací vlhkého zdiva je nutné ošetřit zdivo nad i pod dodatečně vloženou vodorovnou izolací. Ze zdiva nad dodatečně vloženou hydroizolací se doporučuje odstranit omítky do výšky přibližně 800 mm nad viditelnou hranicí vlhkosti nebo nad průzkumem vymezenou hranicí poškození. V této oblasti je vhodné provést vyškrábání spár do hloubky 20 mm a mechanicky očistit zdivo. Na vnější straně je možné také provést sanační omítku. Do zdiva pod dodatečně vloženou hydroizolací je vhodné aplikovat například větrané sokly nebo vodotěsné stěrky. [25]

Tento způsob sanování vlhkosti zdiva se navrhuje v případech, ve kterých je hlavním zdrojem vlhkosti v konstrukci voda vztlínající z podloží nebo z přilehlé zeminy. Jelikož tento postup vyžaduje poměrně velký zásah do konstrukce, není vhodné ho aplikovat u historických a památkově chráněných objektů. Tento zásah má také nemalý vliv na statické působení zdiva a dochází při něm k sednutí zdiva. Z toho důvodu není také vhodné tento způsob sanace navrhovat u konstrukcí podpírající klenby. Rovněž nelze tento typ sanace provádět u zdiva o velkých tloušťkách a složitých půdorysných profilech.

Jednou z mechanických metod sanace vlhkého zdiva je probourávání zdiva, a to ručně nebo za pomoci pneumatických či elektrických kladiv. Po vysekání otvoru ve zdivu o šířce 800-1200 mm se otvor vyčistí, spodní plocha otvoru se vyrovná a opatří se cementovým potěrem.

Na tento připravený povrch se po zatvrdnutí cementového potěru položí povlaková izolace, a to buď modifikovaný asfaltový pás typu S s nenasákavou vložkou nebo vhodný typ polymerní fólie. Aby hydroizolace správně plnila svou funkci, musí se provádět dostatečné přesahy pásů okolo 100 až 150 mm. Na tuto hydroizolační vrstvu se poté nanese vrstva cementové malty a otvor se zazdí. Poslední ložná spára se cementovou maltou zainjektuje a opatří se plastovými klíny. Tímto postupem se po jednotlivých pracovních úsecích, jejichž velikost je dána velikostí probouraného otvoru, vkládá hydroizolace po celém půdorysu objektu.

U zdiva s vodorovnou ložnou spárou je vhodnější zdivo podřezávat buď ruční nebo strojní pilou s elektromotorem, a to řetězovou nebo kotoučovou. Pomocí pily se odstraní celá vodorovná ložná spára. Do této spáry se po důkladném očištění pomocí tkaniny na ocelových tyčích vloží hydroizolace opět s patřičnými přesahy. Při těchto metodách je pro hydroizolaci vhodné použít tvrdší materiál například sklolaminátové desky, aby se do drážky lépe vkládaly.

U zdiva, u kterého se nenachází vodorovná ložná spára lze použít lanovou pilu. Tuto pilu lze použít téměř na jakýkoliv druh zdiva, cihelný, kamenný nebo smíšený. Lze s ní prořezat i zeď betonovou. Je možné provádět vodorovné i svislé řezy. Při řezání je nutné intenzivní chlazení vodou v řezné drážce. Do těchto drážek se posléze vkládá hydroizolace opět s danými přesahy.

Další metodou, kterou lze zařadit mezi mechanické je metoda HW⁵. Ta spočívá v zarážení nerezavějících vlnitých plechů z chromniklové oceli do vodorovné ložné spáry. Tyto plechy mají obvykle tloušťku 1,5mm a výšku vlny 5-6 mm. Spoje jednotlivých plechů se řeší překrytím o 2 až 3 vlny. Plechy jsou do ložné spáry zdiva zaráženy pomocí mechanického zařízení, jehož hlavní částí je pneumatické nebo elektrické kladivo, které je opatřeno čelistmi, ve kterých jsou uchyceny zmíněné plechy. Toto kladivo pomocí úderů zaráží plechy do zdi. [25] [23]

Mechanické metody jsou jednou z nejspolehlivějších metod zabraňujících vzlínání vody ve stavební konstrukci. Jejich účinnost závisí zejména na řešení složitějších detailů a na kvalitě provedení.

4.4.2 CHEMICKÉ METODY

Sanace vlhkého zdiva pomocí chemických metod obecně spočívají opět ve vytvoření vodonepropustné vrstvy. Tato clona se vytváří pomocí soustavy vrtů v rovině nebo ploše, do které se po očištění otvorů vpraví účinné chemické látky hydrofobního nebo utěšňovacího

⁵ Metoda HW byla vyvinuta v Rakousku v roce 1975 a je pojmenovaná podle autorů H. Häbocka a B. Weinzierla [25]

charakteru. Tato injektovaná látka pak po proniknutí do pórů zdiva vytvoří jednu celistvou hydroizolační vrstvu. Sklon, vzdálenost a průměr vrtů je závislý na použitém injektážním prostředku, použitých metodách a vlastnostech sanovaného zdiva. [21]

Tento typ sanace je účinný u materiálů s převládajícím obsahem kapilárně aktivních pórů. Provádí se u cihelného, kamenného i smíšeného zdiva, nelze však provádět u zdiva s dutinami. Běžně se toto sanační opatření používá proti účinkům vztlínající vody a často tam, kde z technických důvodů nebo z důvodů památkové péče není možné zdivo sanovat některou z mechanických metod. [21] [25]

Nejběžnějším a nejužívanějším způsobem aplikace injektážního prostředku jsou beztlakové injektáže. Injektážní látka se při tomto způsobu do vrtu dostává pomocí kapilární nasákavosti, případně se zde využívá působení mírného hydrostatického tlaku sloupce kapaliny ze zásobníku. Vrty jsou při této metodě aplikace injektážního roztoku v osové vzdálenosti 100-125 mm. Průměry vrtů se pohybují v rozmezí 20-38 mm a úklon vrtu závisí na tloušťce zdiva. Po vyvrtání těchto otvorů je nutné z jejich povrchu odstranit prach, který by mohl zabránit kapilární nasákavosti zdiva. U této metody je vhodné používat nízkoviskózní injektážní prostředky například silikáty, silany nebo silikonové mikroemulze, které snadno a dostatečně daleko penetrují do struktury zdiva. [21] [25]

Tlakové injektáže se používají u velmi zavlhělého zdiva. Rozteč vrtů se při této aplikaci pohybuje v rozmezí 100-300 mm a průměry vrtů mezi 10 a 12 mm. Do vyvrtaných otvorů se osadí injektážní ventily, skrz které se chemická látka vhání do zdiva o nepřetržitém tlaku nepřesahujícím 1000 kPa. Tlaková injektáž je oproti beztlakové injektáži rychlejší provádění, k vyššímu stupni naplnění kapilár však nedochází. [21] [25]

Existují také zvláštní způsoby injektáže, například termicky aktivované injektáže, které spočívají ve vysušení zdiva po vytvoření vrtů. Zdivo se před aplikací injektážní látky v místě vrtů zahřeje na 200 °C. Jako injektážní látka je při tomto způsobu injektáže použitý roztavený parafin. [21] [25]

Dalším příkladem zvláštního způsobu realizace infuzní clony je metoda následné infuze, při které jsou do zdiva aplikovány dva infuzní prostředky. Jeden s hydrofobizační a jeden s utěšňovací funkcí. Tím dojde jednak k utěsnění struktury konstrukce a zároveň k dosažení výrazných vodoodpudivých vlastností konstrukce. Takto vytvořená clona je stálá za všech vlhkostních podmínek. [21] [25]

4.4.3 ELEKTROOSMOTICKÉ METODY

Elektroosmotické metody jsou založeny na principu elektrokinetických jevů⁶. Tento jev se projeví při zavedení stejnosměrného napětí do U trubice naplněné vodou s práškovým křemenem na dně. U záporného pólu – katody vystoupí hladina vody výše a u kladného pólu – anody se hladina vody sníží. Poblíž stěny kapiláry se vyskytují kladné částice, pokud se do této kapilární soustavy zapojí zdroj stejnosměrného proudu, začnou se kladné částice a s nimi i molekuly vody pohybovat směrem ke katodě. Tento jev se aplikuje i na materiály stavebních konstrukcí a využívá se k sanační praxi. [22]

Z několika typů elektroosmotických metod sanace vlhkého zdiva se dnes nejhojněji používá aktivní elektroosmóza. Při instalaci aktivní elektroosmózy se umístí jedna elektroda na zeď a jedna do země. Zední elektroda je pak napojená na kladný pól napájecího zařízení a zemní elektroda na záporný. Takto zapojené elektrické pole pak ve stavební konstrukci působí přímo proti silám vztlínající vody. Zední elektrody většinou představují pásové vodiče umístěné na jedné nebo na obou stranách stěny. Tyto pásové elektrody mohou nabývat různých šířek a mohou také tvořit i celé plochy. Na stěnu se aplikují ve formě nátěru nebo umělohmotných pásů s příměsí uhlíku. Používají se také tyčové elektrody, které se umísťují do vyvrtaných otvorů ve zdivu a vzájemně se propojují vodičem nebo smyčkové elektrody, které tvoří pouze vodič, který svými smyčkami zasahuje do vyvrtaných otvorů. Důležité je, aby elektrody správně přilnuly k sanovanému zdivu. Zemní elektrody jsou většinou tyčové nebo pásové. Napájecí zařízení je napojeno přes transformátor na vnitřní rozvod elektřiny a jeho napětí se pohybuje v rozmezí 1–10 V. [22] [25]

Tyto vysušovací metody jsou vhodné pro všechny typy pórovitého materiálu, ve kterých dochází k pohybu vody vlivem kapilárních sil. Účinnost elektroosmózy negativně ovlivňují bludné proudy v zeminách, existence kovů v konstrukci (nechráněné kovové potrubí, výztuž ve zdivu), přítomnost anorganických hygroskopických solí nebo kyselost materiálu stavební konstrukce (při $\text{pH} > 6$). Elektroosmotické metody nejsou účinné proti působení tlakové vody⁷, není taktéž možné pomocí elektroosmózy zabránit difúzi vodní páry skrze zdivo. [22] [25]

⁶ Elektrokinetický jev objevil v roce 1807 prof. F. F. Reuss z moskevské univerzity [21] [25]

⁷ Tlaková voda může na stavební konstrukci působit vlivem vysoké hladiny podzemní vody nebo také v případě poškození kanalizačního potrubí. [25]

4.4.4 VZDUCHOVÉ IZOLAČNÍ SYSTÉMY

Vzduchové izolační systémy spočívají v oddělení stavební konstrukce od zdroje vlhkosti vzduchovou dutinou s trvalým přísunem a odvodem vzduchu. Cirkulace vzduchu je zajištěna buď výškovým rozdílem nasávacích a výdechových otvorů, nebo nuceně pomocí ventilátorů.

Jednou z možností opatření vzduchové izolace je zřízení provětrávaných štol po obvodu objektu. Tyto štoly tvoří vzduchové dutiny, které chrání svislé stavební konstrukce od zemní vlhkosti. Provětrávané štoly se běžně umísťují na vnější stranu obvodové zdi. Mohou být umístěny ale i z vnitřní strany, nebo také z obou stran obvodové zdi. Před samotným budováním provětrávané štoly se okolo obvodového zdiva provede výkop. Cílem je obnažit co největší plochu podzemních konstrukcí. Po provedení výkopu se musí obnažené zdivo důkladně očistit. Nejprve se tedy odstraní případná omítka a posléze se vyškrábou spáry minimálně do hloubky 20 mm. Aby byla na zdivu ponechána co největší vysoušecí plocha, je vhodné tyto spáry nechat vyškrábnuté, pokud to soudržnost zbylé malty povoluje. Dno a zastřešení provětrávané štoly se spádují směrem od budovy. Minimální šířka štoly je 150 mm, je ale vhodné provést štolu průchozí, tzn. o šířce min. 500 mm. Do vzduchových dutin se posléze zajistí přívod a odvod vzduchu. Vzduch může být do štoly přiváděn z exteriéru nebo z interiéru. Stejně tak odvod vzduchu může být zajištěn do interiéru nebo do exteriéru. Před návrhem odvětrávání štoly směrem do interiéru je nutné posoudit mikroklima vnitřního prostoru. Odváděný vzduch může obsahovat takové množství vlhkosti, které by mohlo mít v interiéru další nežádoucí účinky. Důležitý je takový výškový rozdíl nasávacího a výdechového otvoru, který umožňuje dostatečnou výměnu vzduchu. Proto je vhodné vzduch odvádět pomocí větracích komínů, které tvoří většinou umělohmotná trubka vložená do vysekané drážky ve zdivu nebo lze využít stávající nepoužívaný komín. Pokud má komín vyústění na střeše, je nutné tento otvor opatřit větrací hlavicí se sítkou. Nasávací otvor se pak umísťuje co nejbližší ke štole a opatří se mřížkou, aby bylo zabráněno vnikání nečistot. Na vnější straně vzduchových dutin je vhodné vytvořit drenážní systém, aby se v této oblasti neshromažďovala vlhkost, která by pak mohla vnikat do konstrukce základů nebo podzemní stavby. [21] [22]

Další formou vzduchových izolačních systému jsou provětrávané sokly. V tomto případě se vytvoří vzduchová dutina mezi zdivem a konstrukcí soklu. Zdivo v soklové části se nejprve oseká, očistí, spáry se vyškrábnou opět alespoň do 20 mm, a pokud je to možné, ponechá se zdivo bez povrchové úpravy. Před takto připravené zdivo se na hydroizolaci vystaví nová soklová přízdívka. V případě, že je předsazena, v horní části se provede zešíkmení,

či oplechování. Cirkulace vzduchu v soklové dutině se zajistí opět nasávacími a výdechovými otvory s dostatečným výškovým rozdílem obdobně jako u provětrávaných štol.

Jinou možností použití vzduchových izolačních systémů jako sanaci vlhkých konstrukcí jsou provětrávané podlahy. Vzduchová mezera v podlaze se tvoří například zastropením nebo pomocí speciálních tvarovek. Optimální výška vzduchové dutiny je 80-120 mm. I takto vytvořená vzduchová dutina musí mít své vlastní nasávací a výdechové otvory. Nasávání vzduchu je vhodné volit z exteriéru a pro odvod vzduchu je při rekonstrukcích vhodné využít nepoužívaná komínová tělesa. [22]

4.4.5 SANAČNÍ OMÍTKOVÉ SYSTÉMY

Sanační omítky se používají jako doplňková sanace vlhkého zdiva. Po provedení výše zmíněných sanací zůstává zdivo ještě určitou dobu vlhké. Proto je nutné na zdivo aplikovat sanační omítku, která na rozdíl od obyčejných omítek nezabraňuje vysušování.

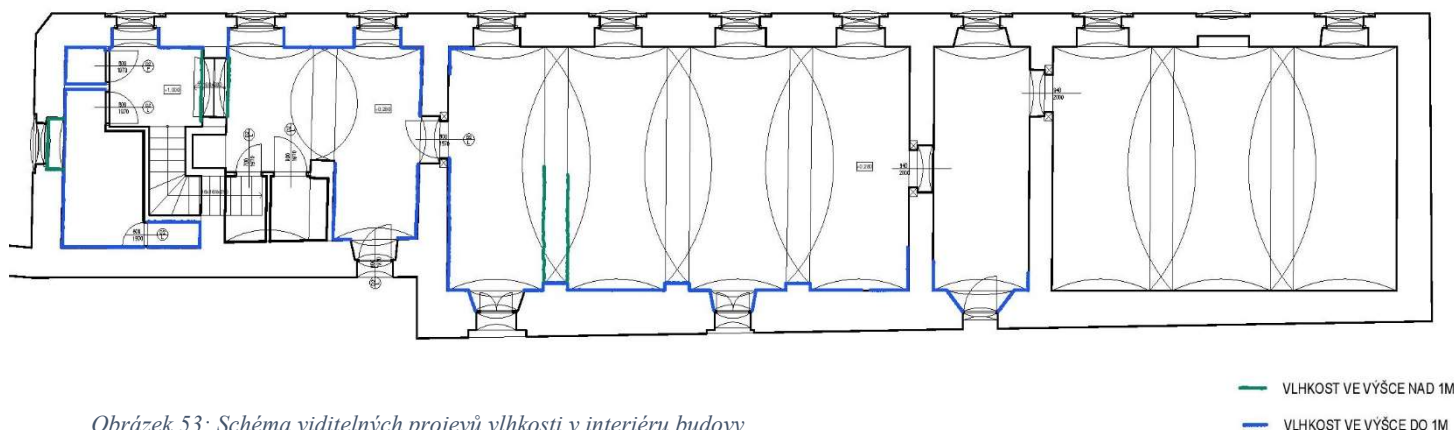
Sanační omítky jsou omítky, které mají vysokou pórovitost s póry o větších průměrech než běžné omítky. Tato vysoká pórovitost umožňuje ukládání solí ve struktuře omítky. Sanační omítky mají také nízký difuzní odpor, díky kterému není zabráněno difundování vody ven z konstrukce. Tyto omítky jsou vnitřně hydrofobizované, z toho důvodu mají minimální kapilární nasákavost, a tak brání transportu solí v omítce.

Před aplikací sanační omítky se na zdivu musí nejprve připravit podklad. Zdivo se očistí ocelovým kartáčem a spáry se vyškrábou opět do hloubky 20 mm. Pro zajištění přilnavosti omítky k podkladu se na zdivo nejprve aplikuje omítkový podhoz. Ten se nanáší buď síťovaně nebo celoplošně. Na omítkový podhoz se aplikuje základní omítka. Tato omítka slouží k zachycování rozpustných solí a má za úkol vyrovnat nerovný podklad. Povrch základní omítky se hned po aplikaci zdrsňuje vodorovnými rýhami. Na tuto vrstvu se již nanáší sanační omítka v jedné nebo ve dvou vrstvách o minimální tloušťce 20 mm. Na sanační omítku se nanáší vrchní omítka ve formě jemné sanační omítky. Aplikace vrchní omítky musí být v souladu s technologickými předpisy, aby nedošlo k narušení provzdušnění omítky.

5. VLHKOSTNÍ PRŮZKUM

Během stavebně technického průzkumu byly zaznamenány zjevné závady způsobené vlivem působení vlhkosti. Vlhkost pronikající do interiéru způsobuje poruchy zejména v prvním nadzemním podlaží. Důsledkem vnikání vlhkosti do interiéru je narušená povrchová úprava na téměř všech svislých konstrukcích v přízemí. Toto narušení dosahuje různých výšek. V těchto oblastech se také vyskytují solné výkvěty. V méně provětrávaných místech objektu se vyskytují také plísně. Na fasádě objektu jsou zjevné výdutě vzniklé vlivem působení vlhkosti

Z důvodu patrného působení vlhkosti, byl proveden vlhkostní průzkum. Nejprve bylo provedeno měření kapacitním vlhkoměrem, který ukázal oblasti s vysokou vlhkostí. Následně bylo provedeno měření gravimetrickou metodou pro zjištění přesnějších hodnot vlhkosti konstrukce.



5.1 MĚŘENÍ VLHKOSTI KAPACITNÍM VLHKOMĚREM

5.1.1 PRINCIP A PRŮBĚH MĚŘENÍ KAPACITNÍM VLHKOMĚREM

Měření vlhkosti kapacitním vlhkoměrem je nepřímá nedestruktivní metoda. Pomocí nepřímé metody se měří fyzikální veličina, která se mění s vlhkostí materiálu. Pomocí této veličiny se pak vlhkost materiálu odvodí. Nedestruktivní metoda nevyžaduje zásah do konstrukce, měření spočívá nejčastěji přiložením přístroje k měřenému materiálu.

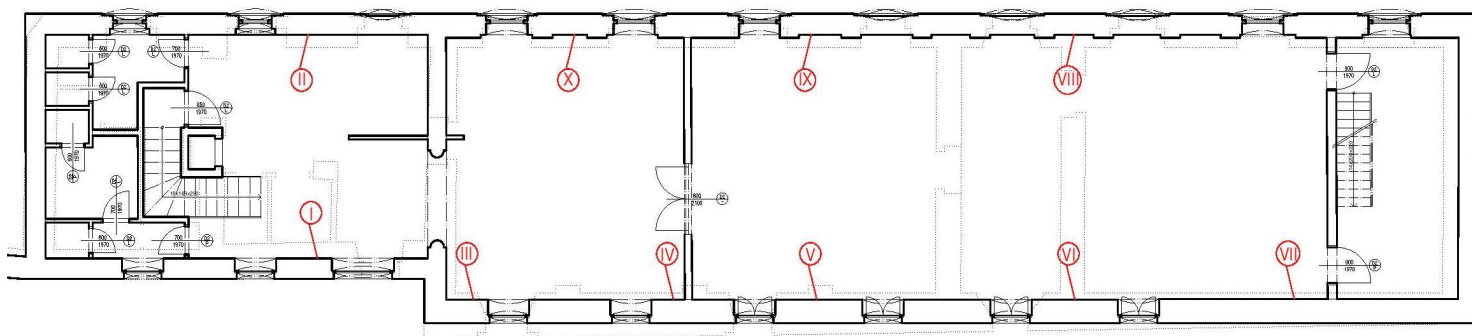
Pro měření vlhkosti touto metodou byl použit přístroj Greisinger GMI 15, vypůjčený z laboratoře Katedry konstrukcí pozemních staveb. Tento přístroj se používá pro orientační indikování vlhkosti stavebních hmot jako je zdivo, omítka, beton nebo dřevo. V případě konírný se jednalo o omítky. Přístroj je schopen určit vlhkost omítky až do hloubky cca 40 mm.

Tento indikátor vlhkosti pracuje na kapacitním principu. Dielektrikem⁸ kondenzátoru je v tomto měřicím přístroji hygroskopický materiál, který při sorpci vlhkosti zmenšuje kapacitu kondenzátoru. Měřenou veličinou je tedy změna kapacity kondenzátoru, pomocí které se určí vlhkost materiálu. [6] [7] [11]

Na zadní straně kapacitního vlhkoměru je umístěna sonda, která se přikládá na měřený materiál. Povrch měřené konstrukce musí být hladký, aby měření bylo co nejpřesnější. Proto je nutné před samotným měřením povrch konstrukce očistit, případně zbrousit. Po přiložení přístroje na konstrukci se na displeji ihned zobrazí naměřená hodnota, podle které lze posléze zjistit vlhkostní stav konstrukce.

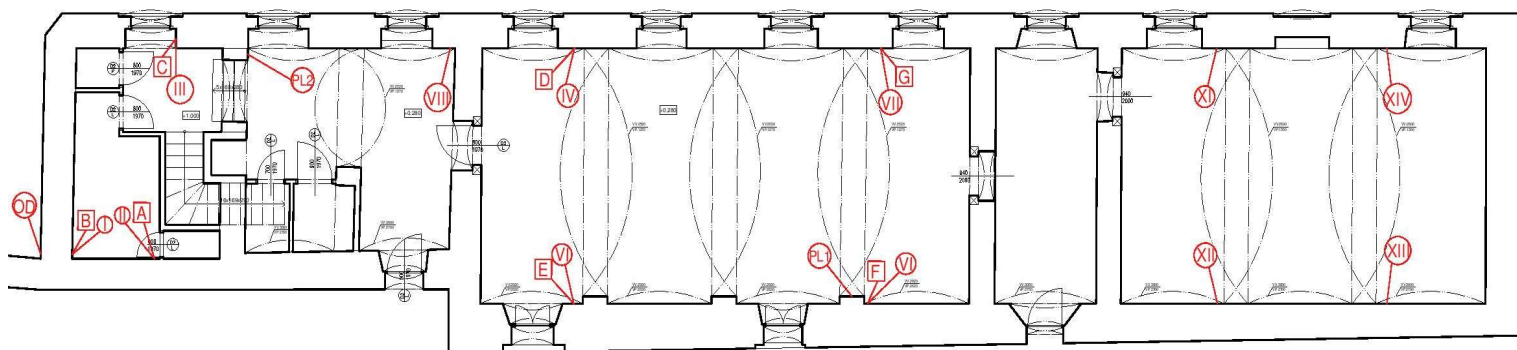
K výhodám měření vlhkosti touto metodou patří zanedbatelný vliv okolní teploty na naměřené výsledky. Kladem také je, že je tento způsob zjišťování vlhkosti velmi snadný, rychlý a výsledky měření se zjistí hned na místě. Pro vlhkost v rozmezí 0-6 % lze pomocí této metody získat poměrně přesné hodnoty. Se zvyšující se vlhkostí ale klesá přesnost této metody. [21]

2 NADZEMNÍ PODLAŽÍ



Obrázek 54: Vyznačení odběrových a měřených míst ve 2NP

1 NADZEMNÍ PODLAŽÍ



Obrázek 55: Vyznačení odběrových a měřených míst v 1NP

⁸ Dielektrikum je v tomto případě izolant (může být ale i polovodič), který se využívá například k hromadění elektrické energie v kondenzátoru.

5.1.2 VÝSLEDKY MĚŘENÍ KAPACITNÍ METODOU

Touto metodou byla změřena vlhkost v prvním a v druhém nadzemním podlaží. V prvním nadzemním podlaží celkem na 14 místech vždy ve třech výškách nad sebou, a to konkrétně ve výšce 30 cm, 90 cm a 150 cm. Pouze v místech, kde probíhal také odběr vzorků pro gravimetrickou metodu se výšky měření lišily. Cílem bylo tyto dvě měření provést pro stejná místa, aby bylo možné naměřené hodnoty těmito dvěma způsoby navzájem porovnat. Místo odběru vzorků pro vázkovou metodu se muselo určit tak, aby byl, pokud možno, odebrán vždy stejný materiál zdiva (především malta) a to z důvodu různých vlastností (pórovitost, velikost a tvar pórů, nasákavost) použitých stavebních materiálů ve zdivu (kámen, cihla, malta).

Ve druhém nadzemním podlaží se měřilo celkem na 11 místech opět vždy v již zmíněných třech výškách.

5.1.2.1 Tabelární zobrazení výsledků

Následující naměřené hodnoty jsou klasifikovány dle návodu k obsluze pro digitální indikátor vlhkosti dřeva a stavebních hmot GMI 15. Naměřené hodnoty v tabulkách a grafech tedy neodpovídají hmotnostní vlhkosti zdiva, ale pouze číslu odečtenému z displeje zmíněného kapacitního indikátoru vlhkosti.

Beton / potěr

Displej Stav vlhkosti materiálu

05 = **Suchý**

6 9 = **Vlhký** - normální stupeň vlhkosti

10 ... = **Mokrý** - příliš vlhký pro další zpracování
Doporučeno vyčkat dosažení standardních hodnot (6 9)

Přístroj GMI15 indikuje hodnotu vlhkosti u betonu a omítek do hloubky cca. 4 cm.

Upozornění: Hodnocení vlhkosti materiálu "suchý" je závislý na měřeném materiálu (vyšší u různých typů keramických obkladů). Odstupňování je potom relativní k tomuto nulovému bodu.

Obrázek 56: Výstřižek z návodu k obsluze pro digitální indikátor vlhkosti dřeva a stavebních materiálů GMI 15

Klasifikace naměřených hodnot

Stupeň vlhkosti	Vlhkost zdiva w v % hmotnosti
suchý	0 až 5
normální	6 až 9
mokrý	10 a více

Tabulka 1: Klasifikace hodnot naměřených kapacitní metodou dle návodu k obsluze GMI15

1. NADZEMNÍ PODLAŽÍ

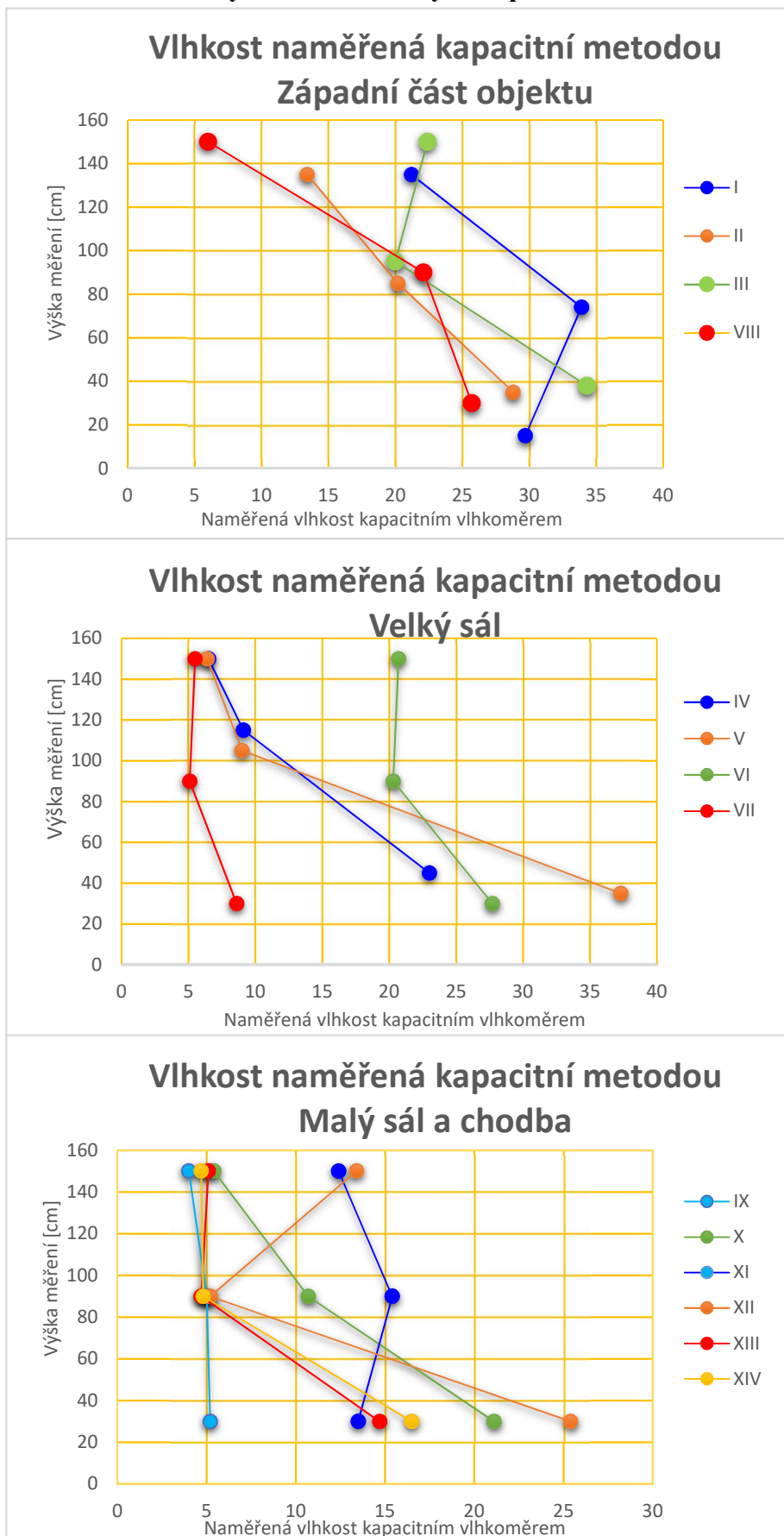
Vzorek	Popis odběrního místa	Výška měření[cm]	Kapacitní metoda	Vyhodnocení
I	Západní část budovy jižní zeď Temperovaná místnost	15	29,7	mokrý
		74	33,9	mokrý
		135	21,2	mokrý
II	Západní část budovy západní zeď Temperovaná místnost	35	28,8	mokrý
		85	20,2	mokrý
		135	13,4	mokrý
III	Západní část budovy severní zeď Temperovaná místnost	38	34,3	mokrý
		95	20	mokrý
		150	22,4	mokrý
IV	Střední část budovy severní zeď Vytápěná místnost	45	23	mokrý
		115	9,1	normální
		150	6,5	normální
V	Střední část budovy jižní zeď Vytápěná místnost	35	37,3	mokrý
		105	9	normální
		150	6,4	normální
VI	Střední část budovy jižní zeď Vytápěná místnost	30	27,7	mokrý
		90	20,3	mokrý
		150	20,7	mokrý
VII	Střední část budovy severní zeď Vytápěná místnost	30	8,6	normální
		90	5,1	normální
		150	5,5	normální
VIII	Západní část budovy severní zeď Temperovaná místnost	30	25,7	mokrý
		90	22,1	mokrý
		150	6	normální
IX	Střední část budovy severní zeď Temperovaná místnost	30	5,2	normální
		90	5	normální
		150	4	normální
X	Střední část budovy jižní zeď Temperovaná místnost	30	21,1	mokrý
		90	10,7	mokrý
		150	5,4	normální
XI	Východní část budovy severní zeď Vytápěná místnost	30	13,5	mokrý
		90	15,4	mokrý
		150	12,4	mokrý
XII	Východní část budovy jižní zeď Vytápěná místnost	30	25,4	mokrý
		90	5,2	normální
		150	13,4	mokrý
XIII	Východní část budovy severní zeď Vytápěná místnost	30	14,7	mokrý
		90	4,7	normální
		150	5,1	normální
XIV	Východní část budovy jižní zeď Vytápěná místnost	30	16,5	mokrý
		90	4,8	normální
		150	4,7	normální

2. NADZEMNÍ PODLAŽÍ

Vzorek	Popis odběrního místa	Výška měření[cm]	Kapacitní metoda	Vyhodnocení
I	Západní část budovy jižní zeď Temperovaná místnost	30	4,8	suchý
		90	5,1	suchý
		150	4,5	suchý
II	Západní část budovy severní zeď Temperovaná místnost	30	6,2	normální
		90	3,4	suchý
		150	4,1	suchý
III	Střední část budovy jižní zeď Vytápěná místnost	30	4,5	suchý
		90	6	normální
		150	6,3	normální
IV	Střední část budovy jižní zeď Vytápěná místnost	30	5,2	suchý
		90	4,7	suchý
		150	5,9	suchý
V	Střední část budovy jižní zeď Vytápěná místnost	30	4,2	suchý
		90	8,5	normální
		150	5,4	normální
VI	Střední část budovy jižní zeď Vytápěná místnost	30	7,4	normální
		90	8,5	normální
		150	4,6	suchý
VII	Střední část budovy severní zeď Vytápěná místnost	30	13,1	mokrý
		90	12,5	mokrý
		150	14,8	mokrý
VIII	Střední část budovy severní zeď Vytápěná místnost	30	5,8	suchý
		90	4,8	suchý
		150	3,2	suchý
IX	Střední část budovy severní zeď Vytápěná místnost	30	5,6	suchý
		90	5,2	suchý
		150	4	suchý

Tabulka 2: Výsledky měření kapacitní metodou a klasifikace hodnot

5.1.2.2 Grafické zobrazení výsledků naměřených kapacitní metodou



Obrázek 57: Grafické znázornění hodnot naměřených kapacitní metodou

Výše je uvedeno grafické znázornění naměřených hodnot v prvním nadzemním podlaží pro snadnější představu průběhu vlhkosti po výšce konstrukce. Druhé nadzemní podlaží je podle výsledků kapacitní metody relativně suché, z toho důvodu zde není průběh vlhkosti po výšce dále zkoumán.

5.1.3 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ KAPACITNÍ METODOU

Pomocí kapacitního indikátoru byl prokázán výskyt zvýšené vlhkosti v objektu, a to zejména v prvním nadzemním podlaží. Zvýšená vlhkost se nachází téměř v celém rozsahu tohoto podlaží. Z výše uvedených grafů je možné odečíst, že u většiny případů vlhkost s výškou klesá. Tento fakt by dokazoval, že vlhkost do konstrukce vniká z podzákladí nebo z povrchu terénu a pomocí kapilární vzlínivosti zdíva se dostává do vyšších úrovní, ve kterých bylo provedeno měření.

Z naměřených hodnot je také možné odečíst, že jižní obvodová zeď v prvním nadzemním podlaží je více zasažená vlhkostí než severní. Stejně tak v západní části budovy byly naměřené hodnoty vyšší než ve východní. Směrem na severo-východ tedy vlhkost v objektu klesá. Takovému výskytu vlhkosti odpovídají i zjevně viditelné známky vlhkosti na svislých konstrukcích.

Druhé nadzemní podlaží se jeví jako relativně suché. Pouze na měřeném místě s označením VII, se naměřila zvýšená vlhkost. Po další prohlídce objektu bylo zjištěno, že se v tomto místě ze strany exteriéru nachází okapový svod. Tento svod patrně špatně plní svou funkci a na stěnu v tomto místě zatéká.

5.2 MĚŘENÍ VLHKOSTI GRAVIMETRICKOU METODOU

5.2.1 PRINCIP A PRŮBĚH MĚŘENÍ VLHKOSTI GRAVIMETRICKOU METODOU

Jelikož kapacitní metoda prokázala výskyt vlhkosti v objektu, bylo provedeno také stanovení vlhkosti gravimetrickou metodou. Gravimetrická metoda je, na rozdíl od kapacitní metody, metoda přímá a destruktivní. U přímé metody je měřenou veličinou právě zjišťované množství vody v materiálu. Destruktivní znamená, že tato metoda vyžaduje zásah do konstrukce, tedy odběr vzorků materiálu pro určení vlhkosti.

Odběr vzorku pro tuto metodu měření vlhkosti je možný buď odsekáním, nebo vývrtem. Vzhledem k požadavku narušení co nejmenší plochy povrchové úpravy byl zvolen odběr vzorku vývrtem. Při odběru vzorků tímto způsobem může dojít k odpaření části vlhkosti

zahřátím vrtáku. Může tedy dojít k chybě měření. Z důvodu různých nasákavostí materiálů ve zdivu (malta, cihla, kámen) je vhodné odebírat ze zdiva vzorky ze stejného materiálu.

K odběru vzorků z objektu konírny pro tuto bakalářskou práci došlo 15. března mezi 7. a 10. hodinou při venkovní teplotě 7 °C. Vzorky byly odebrány v prvním nadzemním podlaží, kde byla pomocí kapacitní metody zjištěna zvýšená vlhkost. Byly zde odebrány vzorky malty o hmotnosti přibližně 60 g. Na pěti místech byly odebrány vzorky vždy ve třech výškách, které byly směřovány do stejných výškových úrovní jako při měření kapacitní metodou. Ne vždy bylo v tomto místě možné najít ložnou spáru pro odebrání malty. Z toho důvodu se výšky takto odebraných vzorků liší. Na dalších dvou místech byly odebrány vzorky pouze v jedné výškové úrovni. Celkem bylo tedy odebráno 17 vzorků. Odebrané vzorky byly uloženy do těsně uzavíratelných nádob a převezeny do chemické a mikrobiologické laboratoře Katedry pozemních staveb na Fakultě stavební ČVUT.

Vlhkostní průzkum v laboratoři začal ve 12:30 hodin téhož dne. Měření probíhalo za přítomnosti odborného pracovníka laboratoře. Vzorky byly umístěny do hliníkových misek a zváženy. K vážení byla použita váha s přesností na desetiny gramu Denver Instrument Company AC-12K. Hmotnost misek se pohybovala mezi hodnotou 1,6 a 1,7 g. Zvážené a označené vzorky byly umístěny do laboratorní sušárny. V laboratorní sušárně se vzorky vysoušely při teplotě 70-105 °C. Jelikož laboratoř není o víkendu v provozu, vysoušení probíhalo během čtvrtěčního odpoledne, kdy byly vzorky do pece uloženy, v pátek a část pondělí.

V pondělí 19. 3., tedy třetí den vysoušení, v půl třetí odpoledne proběhlo první převážení vzorků. Naměřené hmotnosti jsou uvedeny níže v příložené tabulce. Sušení vzorků poté pokračovalo až do dosažení konstantní hmotnosti. Ve čtvrtek 22.3. byly vzorky podruhé a naposledy převáženy a posléze zlikvidovány. Hmotnostní rozdíl prvního a druhého převážení po vysoušení byl minimální a u většiny vzorků nulový.

Hmotnostní vlhkost u_m vzorků byla stanovena pomocí výše již zmíněného vzorce:

$$u_m = \frac{m_v - m_s}{m_s} * 100\%,$$

kde m_v je hmotnost odebraného vzorku, v tomto případě měření, hmotnost navážená 15.3. a m_s je hmotnost vysušeného vzorku odečtená při druhém převážení 22.3.

5.2.2 VÝSLEDKY MĚŘENÍ GRAVIMETRICKOU METODOU

5.2.2.1 Grafické zobrazení hodnot naměřených gravimetrickou metodou

Naměřené a vypočítané výsledky vlhkosti vzorků byly klasifikovány dle normy ČSN P 73 0610, dle také výše již zmíněné tabulky.

Vlhkost zdiva

Stupeň vlhkosti	Vlhkost zdiva w v % hmotnosti
velmi nízká	$w < 3$
nízká	$3 \leq w \leq 5$
zvýšená	$5 \leq w \leq 7,5$
vysoká	$7,5 \leq w \leq 10$
velmi vysoká	$w > 10$

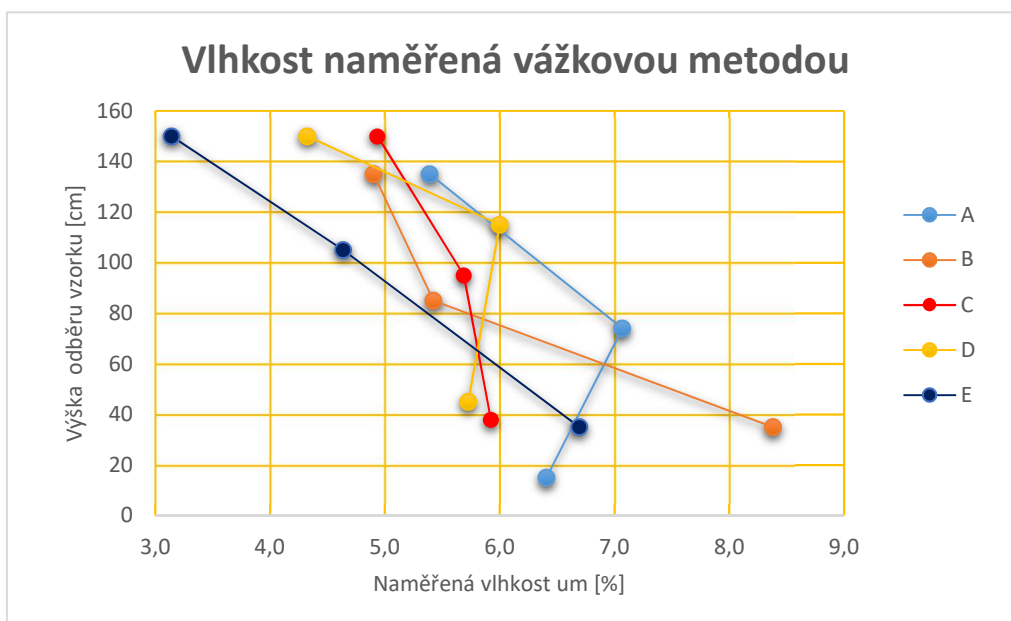
Tabulka 3: Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610

Vzorek	Výška odběru [cm]	Materiál	m 15.3. g	m 19.3. g	u_m 19.3. %	m 22.3. g	u_m 22.3. %	Vyhodnocení
A	15	Omítka +malta	59,8	56,2	6,4	56,2	6,4	zvýšená
	74	Omítka +malta	62,1	58	7,1	58	7,1	zvýšená
	135	Omítka +malta	74,3	70,5	5,4	70,5	5,4	zvýšená
B	35	Omítka +malta	93,1	85,9	8,4	85,9	8,4	vysoká
	85	Omítka +malta	62,2	59	5,4	59	5,4	zvýšená
	135	Omítka +malta	74,9	71,4	4,9	71,4	4,9	nízká
C	38	Omítka +malta	60,8	57,4	5,9	57,4	5,9	zvýšená
	95	Omítka +malta	57,6	54,5	5,7	54,5	5,7	zvýšená
	150	Omítka +malta	57,4	54,7	4,9	54,7	4,9	nízká
D	45	Omítka +malta	44,3	41,9	5,7	41,9	5,7	zvýšená
	115	Omítka +malta	42,4	40	6,0	40	6,0	zvýšená
	150	Omítka +malta	38,6	37	4,3	36,9	4,6	nízká
E	35	Omítka +malta	52,6	49,3	6,7	49,3	6,7	zvýšená
	105	Omítka +malta	51,9	49,6	4,6	49,6	4,6	nízká
	150	Omítka +malta	52,5	50,9	3,1	50,9	3,1	nízká
F	15	Omítka +malta	68,4	65,1	5,1	65,1	5,1	zvýšená
G	74	Omítka +malta	59,9	58,2	2,9	58,2	2,9	nízká

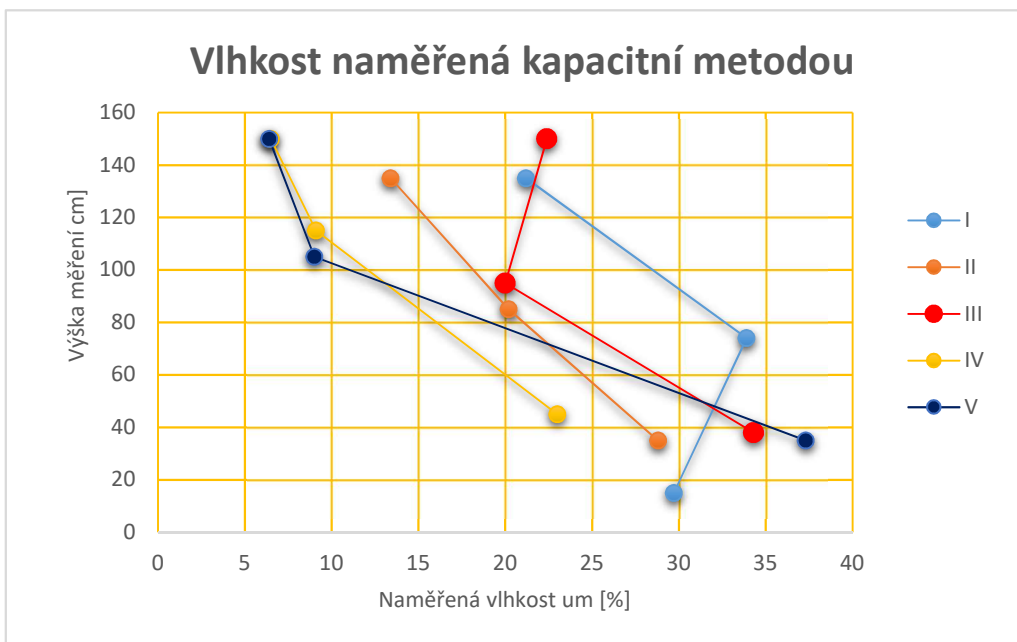
Tabulka 4: Výsledky měření vlhkosti gravimetrickou metodou a vyhodnocení naměřených hodnot

5.2.2.2 Grafické zobrazení hodnot naměřených gravimetrickou metodou

Na následující straně je pro přehlednost uvedeno grafické znázornění průběhu vlhkosti po výšce konstrukce naměřené pomocí gravimetrické hodnoty. Pro srovnání byl pod tento graf umístěn graf s hodnotami naměřenými kapacitní metodou ve stejných odběrových místech. Odběrové místo A je totožné s měřeným místem I atd.



Obrázek 59: Grafické znázornění průběhu vlhkosti po výšce konstrukce z hodnot naměřených gravimetrickou metodou



Obrázek 58: Grafické znázornění průběhu vlhkosti po výšce konstrukce z hodnot naměřených kapacitní metodou

5.2.3 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ GRAVIMETRICKU METODOU

Nejvyšší naměřená vlhkost vázkovou metodou se pohybuje v nejnižších odběrných místech průměrně okolo 6 až 7 % hmotnostní vlhkosti. Odběry vzorků v nejnižších výškových úrovních se pohybovaly v rozmezí 15 až 45 cm nad podlahou. S rostoucí výškou hmotnostní vlhkost převážně klesá.

Pouze u vzorku A se ve druhé výškové úrovni o výšce 74 cm vyskytuje poměrně vysoká hmotnostní vlhkost v porovnání s ostatními naměřenými hodnotami. Naměřená hodnota v tomto místě činí a to 7,1 %, což je nepatrně vyšší hodnota než hmotnostní vlhkost naměřená u tohoto odběrového místa v nižší úrovni. Vzorek A byl odebrán v místnosti zázemí personálu, který není vytápěn, ani větrán. Z toho důvodu je možné, že vlhkost v tomto místě ze strany interiéru vyvzlínala do vyšší úrovně. Průběh vlhkosti tohoto vzorku po výšce se shoduje při měření gravimetrickou i kapacitní metodou.

Celkově nejvyšší naměřená hmotnostní vlhkost 8,4 %, byla naměřena v nejnižší úrovni odběru vzorku B ve výšce 35 cm. I tento vzorek byl odebrán v nevytápěné a nevětrané místnosti na západní obvodové zdi.

Nejmenší naměřená hmotnostní vlhkost 2,9 % je u vzorku G, která se nachází na severní obvodové zdi ve výšce 74 cm.

Výsledky této metody tedy převážně potvrzují závěr odvozený z měření vlhkosti kapacitní metodou a potvrzují, že vlhkost do konstrukce proniká převážně z podloží a přilehlého terénu.

5.3 VLHKOST VZDUCHU VE VNITŘNÍM PROSTŘEDÍ

5.3.1 MĚŘENÍ VLHKOSTI VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

Jak již bylo výše zmíněno, v objektu konírny se vyskytují známky vlhkosti i ve vyšších polohách. Tento jev by mohla mít za následek vysoká relativní vlhkost v interiéru budovy. Bylo tedy měřeno také klima vnitřního prostředí.

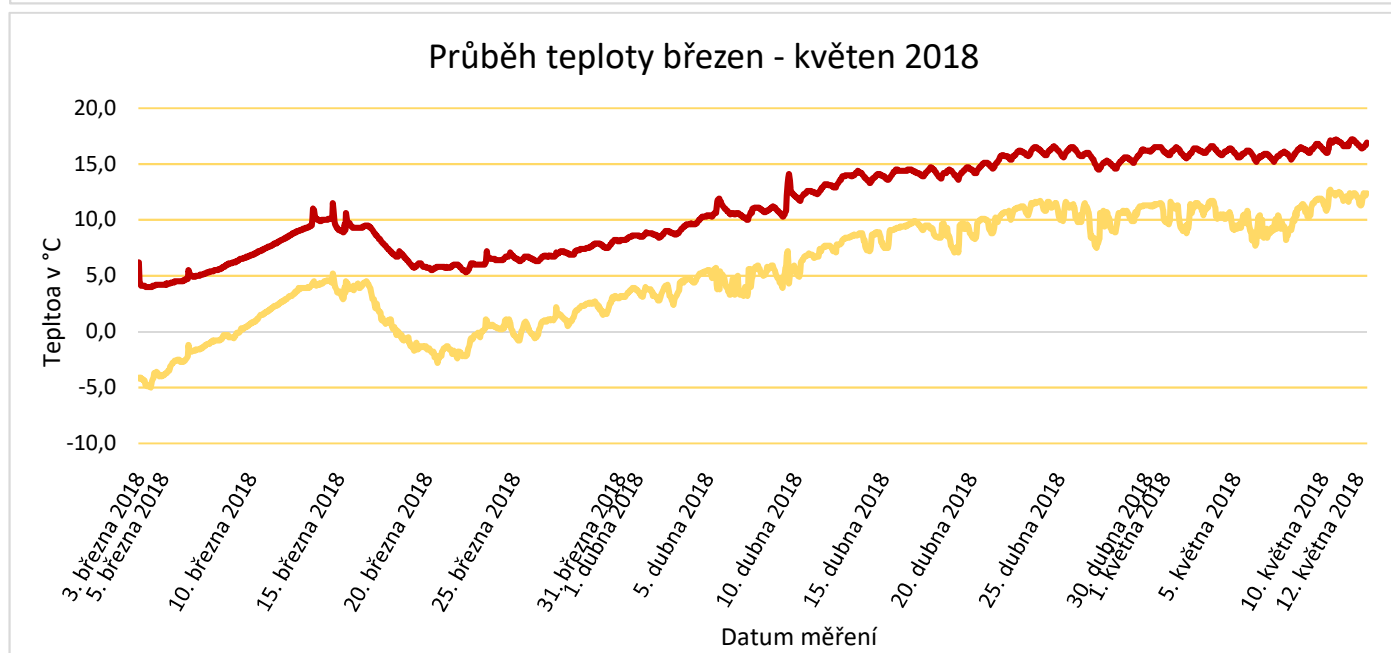
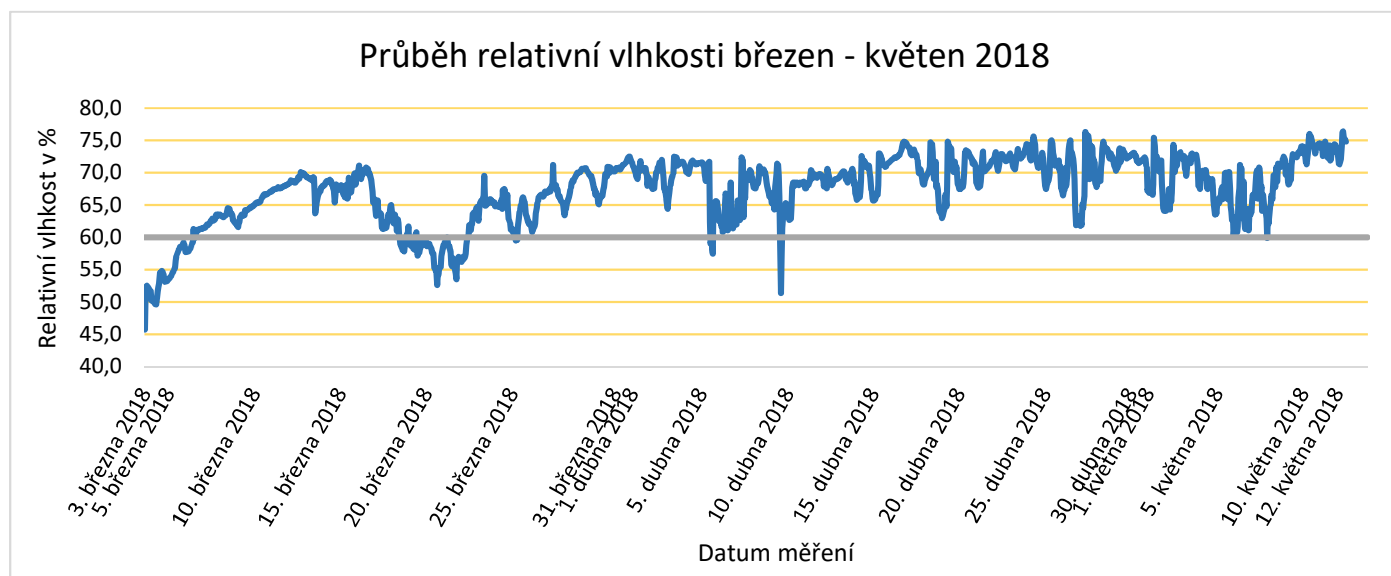
Dle ČSN P 73 0610 je rozděleno klima vnitřního prostředí do čtyř kategorií:

Vlhkost vzduchu ve vnitřním prostředí	
Vlhkostní klima vnitřního prostředí	Relativní vlhkost vzduchu (%)
suché	<50
normální	50 až 60
vlhké	60 až 75
mokré	>10

Obrázek 60: Klasifikace vlhkosti vzduchu ve vnitřním prostředí dle ČSN P 73 0610

Z mechanické laboratoře fakulty stavební byl pro měření vlhkosti ve vnitřním prostředí vypůjčen datalogger, který byl umístěn do temperované místnosti v přízemí objektu. Tento datalogger snímal a ukládal do své paměti teplotu a hodnotu relativní vlhkosti, a to vždy v hodinovém intervalu. Pro daný okamžik byla také vyhodnocena teplota rosného bodu. Měření tímto přístrojem započalo na začátku března a bylo ukončeno v polovině května, aby se data stihla zpracovat před odevzdáním bakalářské práce. Pro přehlednost získaných dat byly zpracovány do formy grafu, který vyjadřuje průběh teplot, teplot rosných bodů a relativní

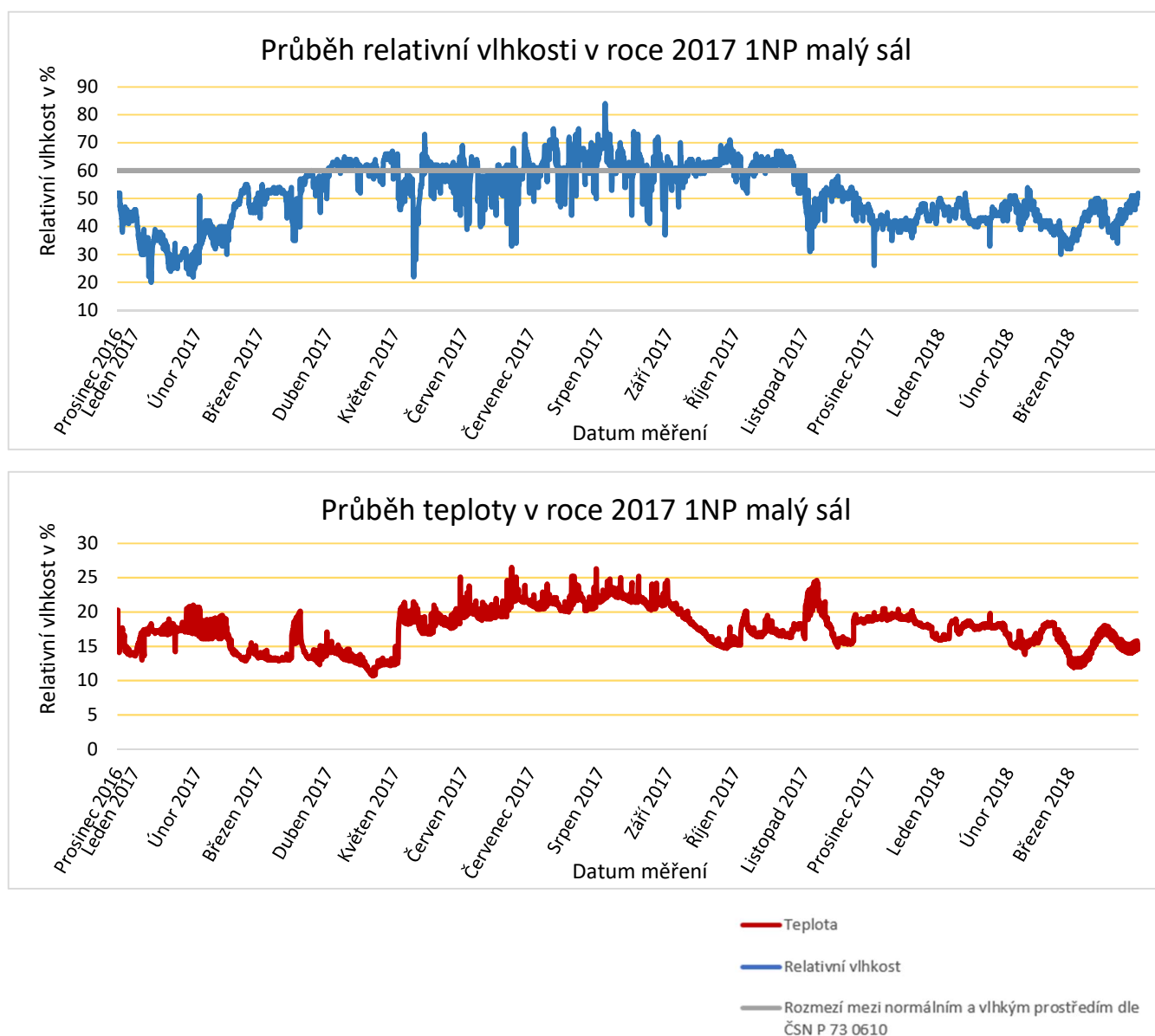
vlhkosti v průběhu těchto tří měřených měsíců. Pro názornost byla do grafu také vyznačena hodnota 60 %. Tato hodnota je rozhraním mezi normálním a vlhkým prostředím dle normy ČSN P 73 0610, jak je zřejmé i z výše uvedené tabulky.



- Teplota
- Relativní vlhkost
- Teplota rosného bodu
- Rozhraní mezi normálním a vlhkým prostředím dle ČSN P 73 0610

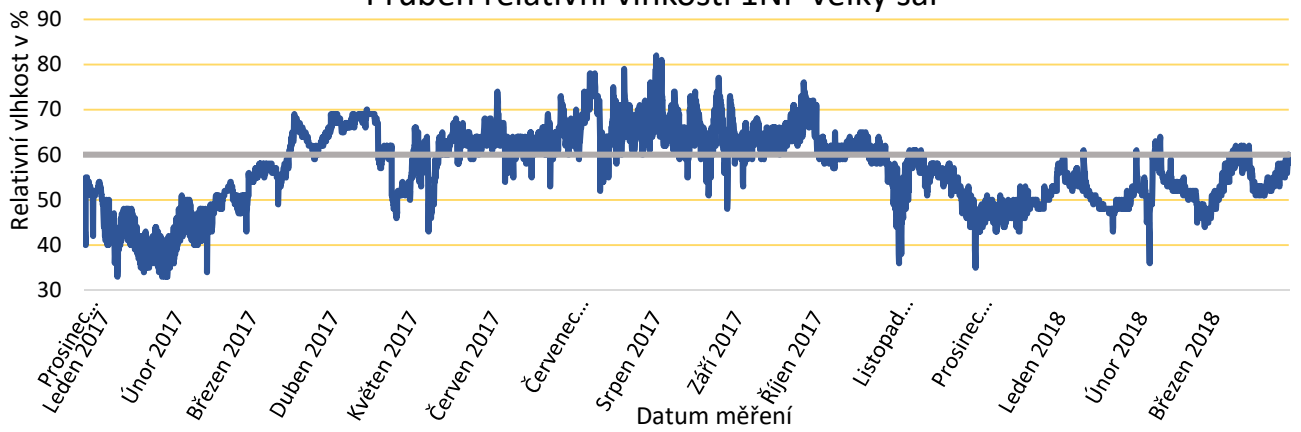
Z naměřených hodnot je zřejmé, že relativní vlhkost vzduchu je v temperované místnosti poměrně vysoká. Pouze zřídka zde klesne pod vyznačených 60 %. Místnost není vytápěná, a tak se zde teplota v těchto měsících pohybovala v rozmezí 5 až 15 °C.

Od přírodovědce a geologa muzea v Jílovém u Prahy, RNDr. Jana Váni, byla získána data z dataloggerů, které byly v muzeu umístěny již od konce roku 2016. Celkem byly v konírně po tuto dobu umístěny tři datalogery. Jeden byl umístěn v přízemí objektu ve velkém přednáškovém sále Tento sál je během roku mírně vytápěný. Druhý datalogger byl umístěn také v přízemí, ale v malém výstavním sále, který se v konírně vyskytuje ve východní části objektu. I tato místnost je mírně vytápěná. Třetí datalogger byl umístěn v druhém nadzemním podlaží v přednáškovém sále. Z těchto získaných dat byly pro názornost v této bakalářské práci opět vytvořeny grafy, které znázorňují změny vlhkosti a teploty v měřených místnostech v průběhu roku. Tyto datalogery již nevyhodnocovaly teplotu rosného bodu. I v těchto grafech je opět pro přehlednost vyznačena hranice mezi normálním a vlhkým prostředím. Časový interval mezi snímáním měřených dat u těchto dataloggerů byl nastaven na dvě hodiny.

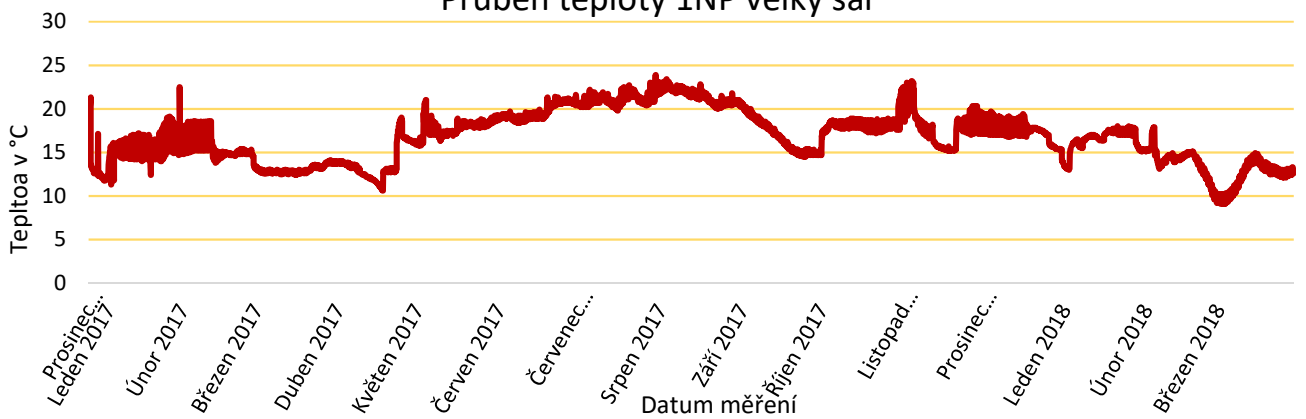


Obrázek 61: Grafy znázorňující průběh teploty a relativní vlhkosti v čase

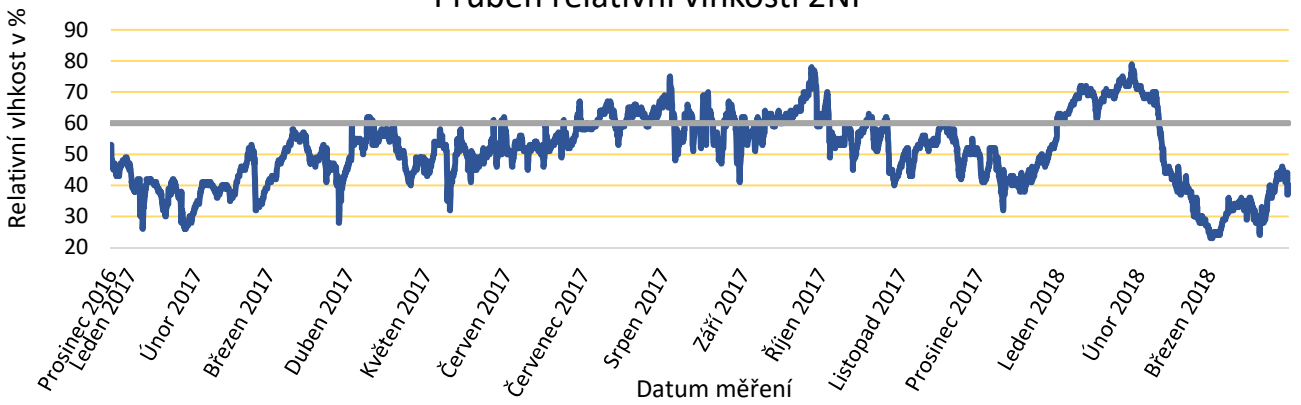
Průběh relativní vlhkosti 1NP velký sál



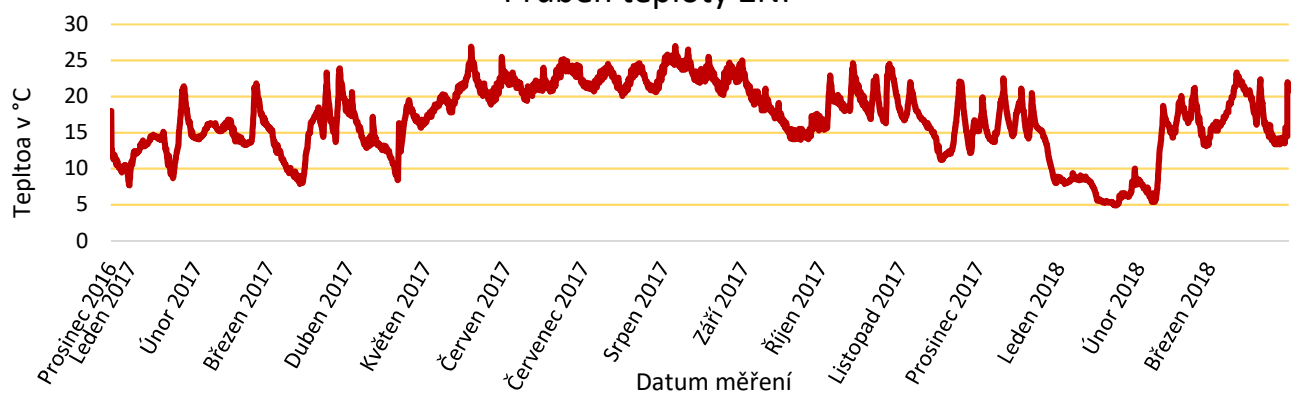
Průběh teploty 1NP velký sál



Průběh relativní vlhkosti 2NP



Průběh teploty 2NP



5.3.2 ZHODNOCENÍ VLHKOSTI VZDUCHU VE VNITŘNÍM PROSTŘEDÍ

Z uvedených grafů, vyjadřujících průběh teploty a relativní vlhkosti v čase, bylo zjištěno, že ve velké části budovy v letním období dosahuje relativní vlhkost poměrně vysokých hodnot. V temperované místnosti se udržuje vysoká relativní vlhkost i během jarních měsíců, v nichž probíhalo měření. Dle výše uvedené klasifikace je vlhkostní klima vnitřního prostředí konírný, a to zejména v prvním nadzemním podlaží, v letním období vlhké, někdy i mokré. Nejvyšší relativní vlhkosti v letních měsících dosahuje vzduch ve velkém sále v přízemí. Zde jsou také projevy vlhkosti, tedy poškozená povrchová úprava, nejpatrnější.

Velké kolísání hodnot relativní vlhkosti bez zjevného vzrůstu teploty může být způsobeno nutností odvlhčovat vzduch během výstav exponátů, které jsou na vlhký vzduch náchylné. Za tímto účelem muzeum pořídilo do výstavních prostorů hned několik odvlhčovačů vzduchu.

Na grafech je také zjevné náhlé a krátkodobé vytápění místností, například před vernisážemi, přednáškami nebo jinými speciálními akcemi, kterých se účastní více lidí. Toto nepravidelné krátkodobé vytápění má za následek prudký pokles relativní vlhkosti, jelikož ohřátý vzduch je schopen pojmout větší množství vody. Pokud se při tomto náhlém vytápění povrchy konstrukcí nezahřejí dostatečně rychle a jejich teplota bude v danou chvíli nižší než teplota rosného bodu, bude na nich docházet ke kondenzaci vodní páry.

Jedním ze zdrojů vlhkosti v interiéru je odváděný vzduch z provětrávaných podlah. Systém provětrávaných podlah v objektu konírný byl vybudován během poslední rekonstrukce. Nasávací otvory jsou umístěny v podlaze v interiéru převážně v severní části budovy opatřené ocelovým podlahovým roštem. V objektu jsou pak umístěny celkem 4 výdechové otvory



Obrázek 62: Výdechové otvory z provětrávané podlahy

opatřené ventilační plastovou mřížkou. Dva otvory jsou umístěné na střední nosné stěně v prvním nadzemním podlaží těsně pod stropem směrem do velkého výstavního sálu. Vzduch do této úrovně proudí pomocí komínového efektu drážkou ve zdi. Vlhký vzduch se tedy z konstrukce podlahy přemístí do interiéru objektu. Ve východní obvodové zdi se nachází zbylé dva výdechové otvory. Drážka ve zdi v tomto případě pokračuje až do úrovně podkroví, kde ústí do komínového tělesa. Vlhký vzduch z provětrávané podlahy v této části objektu může tedy částečně vnikat do interiéru malého výstavního sálu, převážně ale pokračuje komínovým tělesem do exteriéru.

Dalším zdrojem vlhkosti v interiéru mohou být lidé, neboli návštěvníci muzea. Udává se, že jeden člověk za hodinu vyprodukuje 50-300 g vody. [21] Při větším množství návštěvníků v objektu se tedy i tento faktor může na hodnotě relativní vlhkosti znatelně projevit.

5.4 PLÍSNĚ

5.4.1 BIOLOGICKÝ PRŮZKUM

V místech, kde se déle vyskytuje zvýšená relativní vlhkost vnitřního ovzduší, dochází často k rozvoji mikroorganismů na vlhkých stavebních konstrukcích. Pro rozvoj mikroflóry je optimální relativní vlhkost vzduchu okolo 80 % a vlhkost omítek přesahující 4 %. Avšak plísně klíčí již při relativní vlhkosti okolo 60 %. [21]

Jelikož se tyto vlhkostní podmínky v objektu konírný v letním období nachází, byl proveden i odběr vzorku povrchové úpravy stěny, pro kultivaci plísní.

Odběr vzorku malby byl proveden na místě, u kterého byl předpokládán výskyt plísně, a to konkrétně v prvním nadzemním podlaží ve střední části budovy u severní stěny. Místo je vyznačeno v půdoryse s označením polohy míst, u kterých byla měřena vlhkost jako PL1. K odběru vzorku byl použit sterilní vatový tampon na tyčince. Následně byl vzorek umístěn do uzavíratelného zipového sáčku a převezen spolu s odebranými vzorky pro měření vlhkosti gravimetrickou metodu do chemické a mikrobiologické laboratoře. Pro kultivaci plísně byl vytvořen Czapek-Doxův agar⁹. Připravený agar byl vlit do Petriho misky a po vychladnutí na něj byl umístěn odebraný vzorek. Takto připravený vzorek byl uložen do biologického termostatu, ve kterém je udržována stabilní teplota, která umožňuje rychlý růst plísní. O týden později byly již plísně dostatečně narostlé k určení jejich druhu. Zjevné byly po tomto časovém úseku tři odlišné druhy plísní. Na podložní sklíčko byl pomocí preparační jehly umístěn malý

⁹ Agar se používá jako živné médium pro kultivaci mikroorganismů a rostlin. Má vysokou gelující schopnost a vyrábí se z červených mořských řas. [8] Pro kultivaci mikroskopických hub, plísní a kvasinek se používá Czapek-Doxův agar.

vzorek plísňě do kapky destilované vody. Takto připravený preparát byl přikryt krycím sklíčkem a vložen do optického mikroskopu. Za pomoci odborného pracovníka laboratoře byly tyto plísně identifikovány jako *Cladosporium sp.*, *Acremonium sp.* a *Chaetomium sp.*



Obrázek 63: *Cladosporium*; snímek pořízený z mikroskopu



Obrázek 64: *Acremonium*; snímek pořízený z mikroskopu

5.4.2 DŮSLEDKY VÝSKYTU PLÍSNÍ

Větší koncentrace plísní může některým osobám se sníženou imunitou, starým lidem nebo malým dětem způsobit zdravotní potíže, například alergické rýmy, onemocnění dýchacích cest, kožní mykózy, kloubový revmatismus, svalové bolesti aj. [21]

Plísně, ale také bakterie a řasy ve stavebních konstrukcích mají snahu zachovat konstrukci vlhkou, nebo dokonce vlhkost stavební konstrukce zvyšovat. Důsledkem výskytu mikroorganismů ve stavební konstrukci pak může být i to, že se konstrukce stává hygroskopickou neboli schopnou přijímat vodu z okolí. Tento jev má pak vliv nejen na estetický vzhled konstrukce, ale zejména na pevnost stavebního materiálu. [22]

5.5 CHEMISMUS ZDIVA

Jelikož byl během vlhkostního průzkumu prokázán výskyt vyššího obsahu vlhkosti, který je v konstrukci často doprovázen i výskytem solí a na povrchu stěn v interiéru objektu se nachází viditelné výkvěty solí, které byly pomocí kolorimetrické metody prokázány jako dusičnany, bylo zhodnoceno jako vhodné, provést také chemismus zdiva.



Obrázek 66: Kolorimetricky prokázáný výskyt dusičnanů z odebraného vzorky solných výkvětů



Obrázek 65: Výkvěty solí na povrchové úpravě

Laboratorní průzkum chemismu byl proveden opět v chemické a mikrobiologické laboratoři. Průzkum salinity zdiva je finančně i časově náročnější než laboratorní průzkum vlhkosti. Z toho důvodu byla salinita určována na třech vzorcích. Jeden vzorek byl odebrán z exteriéru z ložné malty zdiva. Tento vzorek byl označen OD. Druhý vzorek tvořila malta z vytápěného prostoru v interiéru s označením F a třetí vzorek tvořila maltová spára z nevytápěného prostoru v interiéru objektu s označením B1. Odběrová místa jsou opět

vyznačena ve stejném půdoryse, jako jsou vyznačena odběrová místa plísni a vzorků pro gravimetrickou metodu.

Během tohoto průzkumu se zjišťoval výskyt amoniaku, chloridů, dusičnanů a síranů ve vzorcích a také hodnota pH jednotlivých vzorků.

Pro laboratorní průzkum salinity byly použity z každého vzorku 2 g. Toto množství se navážilo na obdobné váze, jaká byla použita pro gravimetrickou metodu, tedy na váze s přesností na desetiny gramu. Navážené dva gramy vzorku byly umístěny do Erlenmayerovy baňky, do které bylo přidáno 100 ml destilované vody. Takto připravené směsi se zahřály na 100 °C na deset minut a na dalších deset minut byly vystaveny ultrazvuku. Tím došlo k dokonalému promíchání směsí. Takto připravené vzorky se nechaly sedimentovat. Samotný laboratorní průzkum probíhal o dva dny později tedy 29. 3. 2018 od 11 hodin.



Obrázek 67: Usazené vzorky po odebrání výluhu

5.5.1 MĚŘENÍ pH

Na začátku laboratorního průzkumu se pomocí automatické pipety oddělil výluh od vzorku. Tento výluh se umístil do čistých skleněných nádob. Nejprve se z těchto výluhů zjistily hodnoty pH jednotlivých vzorků. Hodnota pH byla zjištěna kolorimetricky pomocí acidobazického indikátoru. Do připravených zkumavek se pomocí automatické pipety vždy odebral z každého vzorku 1 ml výluhu. Poté se do každé zkumavky přidaly tři kapky acidobazického indikátoru. Jednotlivé zkumavky byly důkladně protřepány. Po skončení reakce vzorku s indikátorem se barva roztoku změnila, v tomto případě zezelenala. Podle této barvy byla určena hodnota pH

jednotlivých vzorků porovnáním se stupnicí pH. Naměřená hodnota pH se u všech třech vzorků pohybovala okolo 7, byla tedy neutrální.

5.5.2 KVALITATIVNÍ METODA

Pro předběžné určení přítomnosti solí ve vzorcích se používá kvalitativní kolorimetrická metoda. Postup této metody je snadný, rychlý a finančně nenáročný. Obsah solí ve vzorku se zjistil namočením analytického testovacího proužku do výluhu. Podle sytosti zbarvení tohoto proužku se pak vyhodnotila přítomnost jednotlivých druhů solí.



Obrázek 68: Výsledky kvalitativní kolorimetrické metody

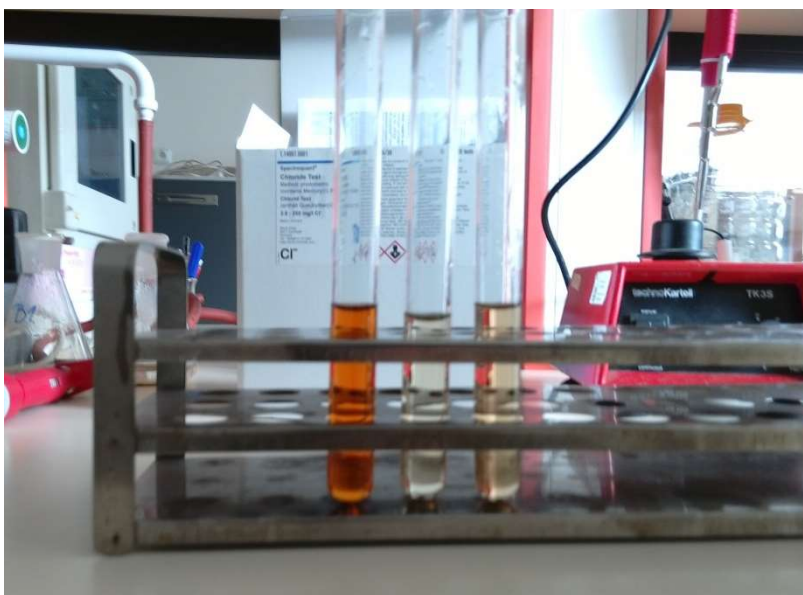
Výskyt dusičnanů ve výraznějším množství byl pomocí této metody prokázán pouze u vzorku F (na obrázku vlevo). Chloridy se ve vzorcích vyskytovaly pouze ve velmi malém množství. Ve větším množství se potom ve všech vzorcích vyskytovaly sírany.

5.5.3 KVANTITATIVNÍ METODA

Množství solí ve vzorcích bylo určeno fotometricky pomocí přístroje UV-VIS fotometru Spectoquant Pharo 300. Fotometr pracuje na principu absorpce záření za určitých vlnových délek v určitém prostředí. Velikost absorpce je pak závislá na koncentraci vzorku.

Měření množství solí probíhalo tak, že se do čistých zkumavek připravil roztok z výluhů s předepsanými činidly. Množství, druh činidel a následný postup byl prováděn dle předepsaných postupů a za dohledu odborné pracovnice laboratoře. V případech, kdy se soli

ve vzorcích vyskytovaly ve větší koncentraci bylo třeba provést ředění destilovanou vodou. V případě tohoto měření se ředil vzorek F pro určení množství dusičnanů a vzorek B1 pro určení množství síranů.



Obrázek 69: Roztoky připravené pro měření obsahu chloridů fotometrickou metodou

Fotometr udává výsledky měření v ml/l, norma ČSN P 73 0610 klasifikuje salinitu zdiva v jednotkách mg/g nebo v procentech hmotnosti. Proto bylo nutné naměřené hodnoty přepočítat na jednotky použité normou. Při tomto přepočtu se případné ředění vzorku zohlednilo.

Naměřené hodnoty byly klasifikovány dle výše zmíněné normy podle níže uvedené tabulky.

Salinita zdiva

Stupeň zasolení zdiva	Obsah solí v mg / g vzorku a v procentech hmotnosti					
	Chloridy		Dusičnany		Síraný	
	mg / g	% hmotnosti	mg / g	% hmotnosti	mg / g	% hmotnosti
nízký	<0,75	<0,075	<1,0	<0,1	<5,0	<0,5
zvýšený	0,75 až 2,0	0,075 až 0,20	1,0 až 2,5	0,1 až 0,25	5,0 až 20	0,5 až 2,0
vysoký	2,0 až 5,0	0,20 až 0,50	2,5 až 5,0	0,25 až 0,50	20 až 50	2,0 až 5,0
velmi vysoký	>5,0	>0,50	>5,0	>0,50	>50	>5,0

Tabulka 5: Klasifikace salinity zdiva dle normy ČSN P 730610

Vzorek	Jednotky	Naměřené hodnoty		
		B1 Malta; interiér	F Omítka; interiér	OD Exteriér; malta
Obsah chloridů	mg/g	0	2,9	0
Klasifikace		nízký	vysoký	nízký
Obsah dusičnanů	mg/g	0,11	11,55	1,45
Klasifikace		nízký	velmi vysoký	zvýšený
Obsah síranů	mg/g	37,5	2,2	6,4
Klasifikace		vysoký	nízký	zvýšený

Tabulka 6: Naměřený obsah solí z odebraných vzorky klasifikované dle ČSN P 0610

Vzorek	Jednotky	Naměřené hodnoty		
	B1	F	OD	
Popis vzorku	Malta; interiér	Malta; interiér	Exteriér; malta	
Obsah amoniaku	mg/g	0,05	0,09	0,18

Tabulka 7: Naměřený obsah amoniaku z odebraných vzorků

5.5.4 ZHODNOCENÍ OBSASHU SOLÍ

Laboratorní průzkum chemismu prokázal výskyt všech normou ČSN P 73 0610 klasifikovaných solí, tedy chloridů, dusičnanů i síranů. Výskyt dusičnanů byl vzhledem k dřívějšímu využití tohoto objektu očekáván. Nejčastějším zdrojem dusičnanů v konstrukci jsou totiž všeobecně výkaly. Jelikož byl objekt nejméně po dvě staletí používán jako konírna, je koncentrace dusičnanů v místě, kde byly koně ustájeni, velmi vysoká. Z nízké koncentrace dusičnanů na odběrovém místě B1 můžeme usoudit, že se zvířata v této oblasti nevyskytovala, nebo že bylo při odběru zasaženo do nové konstrukce, která se v objektu v době jeho využívání k původnímu účelu, ještě nevyskytovala.

Chloridy se do konstrukce mohly dostat z posypové soli použité v blízkosti objektu. Výskyt síranů, chloridů a dusičnanů může být zároveň i následkem kyselých dešťů.

Soli působí na stavební konstrukci nepříznivě. Narušují estetický vzhled objektu, ale mohou také reagovat se složkami stavebního materiálu a tím ho rozrušovat. Soli mají také hygroskopické vlastnosti a tím mohou také zvyšovat vlhkost zdiva. Největším problémem jsou ale u konstrukcí s obsahem solí tlaky, které vznikají při krystalizaci a rekrystalizaci solí. Při relativní vlhkosti vzduchu nad 75 % dochází ke krystalizaci často. Na stěny pórů v tomto případě působí krystalizační tlaky. Takto vysoká relativní vlhkost se ve vytápěných místnostech objektu konírny vyskytuje pouze zřídka. Zatímco v temperované místnosti, kde byla měřena relativní vlhkost v průběhu letního semestru, se 75% relativní vlhkost vyskytovala téměř po celou dobu měření.

Při častém kolísání teploty a relativní vlhkosti, ke kterému v objektu konírny dochází poměrně pravidelně, soli rekrystalizují. Při rekrystalizaci dochází k hydratačním tlakům, které často, stejně jako krystalizační tlaky, převyšují pevnost většiny stavebních hmot.

6. POPIS A ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍCH OPATŘENÍ PROTI VNIKÁNÍ VLHKOSTI

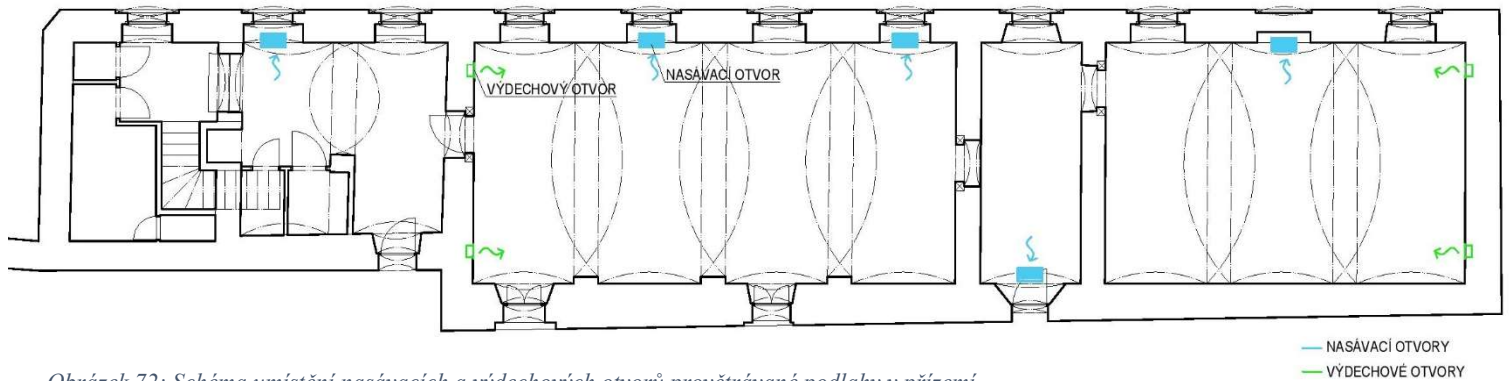
Během poslední rekonstrukce bylo v objektu konírně vybudováno hned několik opatření proti vnikání vlhkosti. Jelikož se i přes tato opatření v objektu vyskytuje zvýšená vlhkost, která byla prokázána na předchozích stránkách, jsou zde jednotlivá provedená sanační opatření popsána a zhodnocena.

6.1 PROVĚTRÁVANÉ PODLAHY

V přízemí byly vybudovány nové provětrávané podlahy. Ty byly vytvořeny betonem litým do ztraceného bednění, umožňuje proudění vzduchu pod konstrukcí podlahy. Jako bednění byly použity sanační a bednicí desky s nopy s názvem DESAN. Toto bednění vytvořilo v konstrukci podlahy provětrávanou vzduchovou dutinu o výšce 60 mm. Jako optimální výška dutiny pro zajištění proudění vzduchu se udává 80-120 mm. Je možné, že se stávající výškou dutiny nedochází k dostatečnému proudění vzduchu, a tedy ani odvádění vlhkosti z podzákladí.

Nasávací otvory pro tento vysoušecí systém se nachází v rovině podlahy a jsou překryté mřížemi z pásové oceli. Výdechové otvory provětrávané podlahy velkého sálu a vstupní síně jsou umístěny na nosné stěně ve střední části objektu. Výdechové otvory podlahy v malém sálu se nachází na východní obvodové stěně. Na obou stěnách jsou vždy dva výdechové otvory ústící do výstavních sálů. Pro proudění vzduchu je ve zdivu vytvořena drážka, která spojuje vzduchovou dutinu v podlaze s výdechovými otvory. Ve východní obvodové stěně drážka pokračuje až do podkroví, kde je napojena na komínové těleso. Výškový rozdíl nasávacího a výdechového otvoru je zde velký, a proto je zde pravděpodobně větrání účinnější. Navíc se vlhkost z oblasti podzákladí dostává zpět do interiéru jen částečně, na rozdíl od velkého výstavního sálu. Vhodné by bylo směřovat veškeré výdechové otvory do komínového tělesa, aby výškový rozdíl otvorů umožňoval dostatečné proudění vzduchu. V každém případě by bylo také vhodné vyústit výdechové otvory do exteriéru, aby se odváděnou vlhkostí nezatěžovalo vnitřní prostředí.

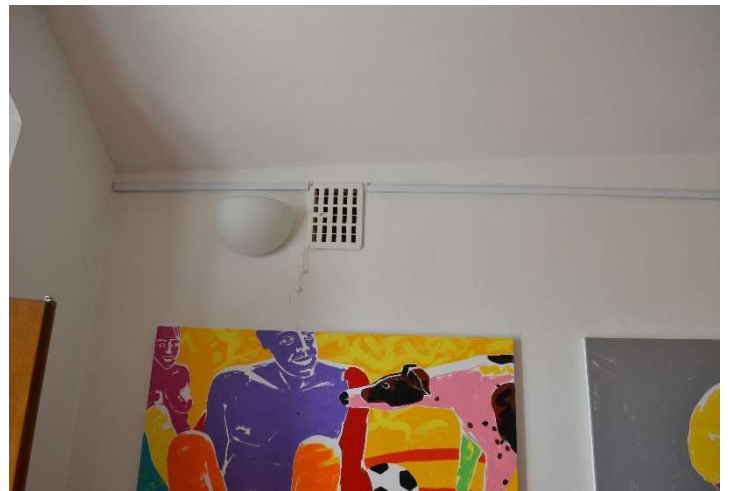
Dilatace mezi konstrukcí podlahy a vnitřním lícem základového zdiva je řešena pomocí nopové fólie.



Obrázek 72: Schéma umístění nasávacích a výdechových otvorů provětrávané podlahy v přízemí



Obrázek 70: Nasávací otvor provětrávané podlahy

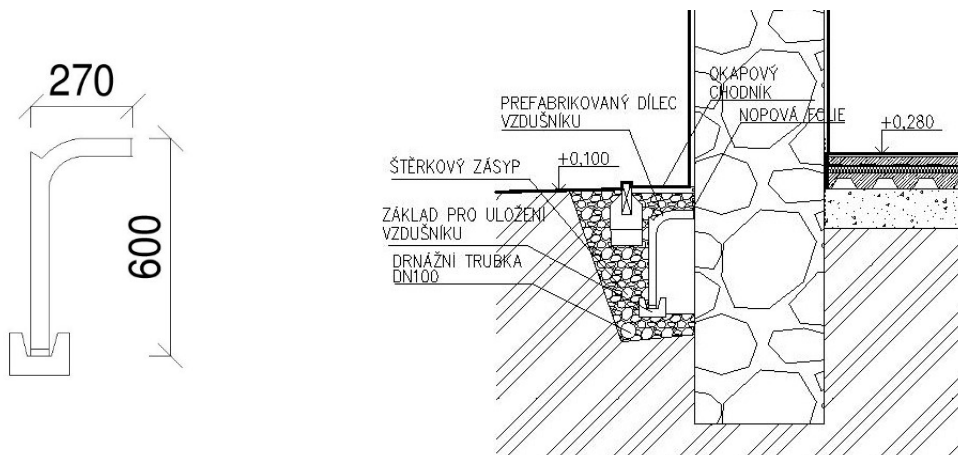


Obrázek 71: Výdechový otvor provětrávané podlahy

6.2 PROVZDUŠŇOVACÍ KANÁLY

Téměř po celém obvodu objektu byly vybudovány provzdušňovací kanály. Ty jsou vytvořeny pomocí speciálních prefabrikovaných dílců, které sestávají ze dvou částí. Základ pro uložení tvárnice vzdušníku je železobetonový. Druhý díl tvoří zmíněná tvárnice z polymeru o rozměrech 600 x 270 mm. Spodní díl je uložen na vrstvu zhutněného štěrkového zásypu. Na vnější straně vzduchových kanálů je provedena spádovaná drenáž. Kompletní provzdušňovací systém je zasypan štěrkem. Vrstva štěrkového lože však není oddělena od okolní zeminy žádnou separační vrstvou, aby nedocházelo k zanášení mezer mezi štěrkovými zrny jemnějšími částmi hlíny vyplavenými z přilehlého okolí. Stejně tak okolo drenážní trubky schází tato vrstva, která by měla zabraňovat zanášení jejich otvorů. To by posléze mohlo také zabraňovat plynulému odtékání vody. Pod konstrukcí provětrávaného kanálu by bylo vhodné umístit nepropustné spádované dno. Dno by zabraňovalo vzlínání vody do oblasti základů z podloží. U stávající konstrukce, u které nepropustné dno není, může také docházet ke kumulaci srážkové vody. V případě, že se do oblasti štěrkového zásypu dostane

větší množství vody z povrchu, které drenážní trubka nestihne včas odvést, dojde ke kumulaci vody u přechodu propustného štěrkového lože s původní zeminou, který je v těsné blízkosti základové konstrukce. Původní zemina je méně propustná, a tak trvá déle, než se do ní tato voda vsřebá. V okolí základů se z toho důvodu může vyskytovat poměrně vysoká vlhkost. Dno provětrávané štoly by bylo vhodné spádovat směrem k drenážní trubce, aby voda, která by se případně vyskytla v oblasti vzduchového kanálu, například v důsledku kondenzace, mohla



Obrázek 74: Schéma prefabrikovaných tvárnic vzdušníku Obrázek 73: Schéma stávajícího stavu vzduchových kanálů

plynule odtéct.

Provzdušňovací kanály po obvodu konírny nemají oddělené nasávací a výdechové otvory. Mají pouze otvory, které jsou ve výkresové dokumentaci označovány jako provětrávací. Tyto otvory jsou dozděny z cihel do úrovně terénu a jsou opatřeny páskovou mříží. Celkem se na systému obvodových provzdušňovacích kanálů nachází 5 provětrávacích otvorů o světlosti 670 x 300 mm. Podobně a ve stejných rozměrech jsou provedené i celkem tři revizní otvory. Strop vzduchových kanálů se nachází přibližně 150 mm pod terénem. Obvodová stěna je v místě nad provětrávanou šachtou, která je v kontaktu se zeminou opatřena nopovou folií.

Umístění provětrávacích otvorů umožňuje pravděpodobně zcela minimální proudění vzduchu. Větší vysoušecí efekt by štola měla při zajištění většího výškového rozdílu mezi nasávacími a výdechovými otvory. Při umístění otvorů v úrovni terénu také může docházet k zatékání do této konstrukce.

6.3 SANAČNÍ OMÍTKY

Fasádní omítky byly během rekonstrukce provedeny jako dvouvrstvé vápenné štukované. V soklové oblasti byla použita sanační omítka. Konečná povrchová úprava byla provedena fasádní vápennou barvou.

Na stěnách v interiéru objektu byly zhotoveny dvouvrstvé vápenné omítky. V přízemí objektu byly použity sanační omítky. Před nanesením omítky byly spáry zdiva proškrábnuty do hloubky 20 mm. Veškeré vnitřní povrchy byly posléze opatřeny difuzním nátěrem.

V průběhu provozu objektu byla pravděpodobně provedena nová výmalba, při které byl použit nátěr s velkým difuzním odporem. Tento nátěr brání zdivu dobře difundovat a z toho důvodu se na stěnách v přízemí tvoří mapy opadané povrchové úpravy.

7. NÁVRH SANAČNÍCH OPATŘENÍ PROTI VNIKÁNÍ VLHKOSTI

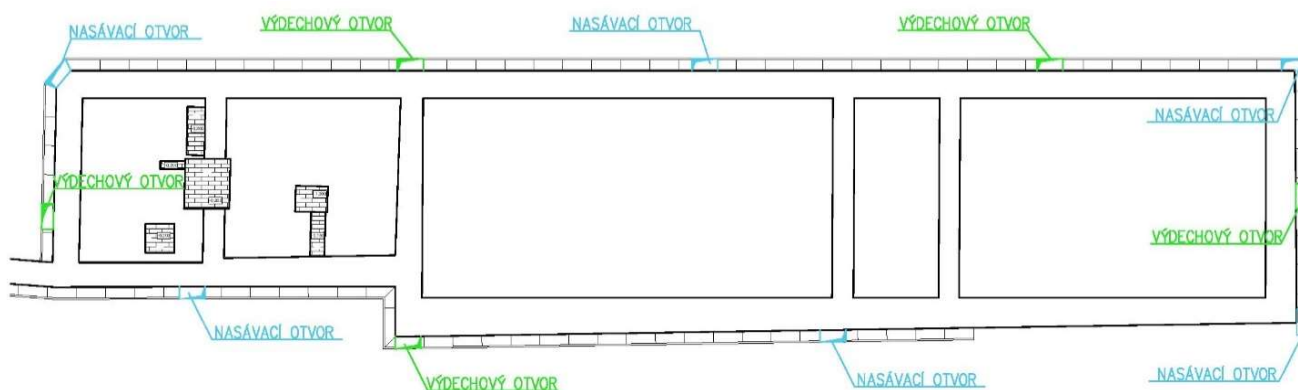
Jednou z variant navrhovaných sanačních opatření je provedení zlepšení funkčnosti stávajících vzduchových systémů. Tato varianta je navržena tak, aby byla zejména finančně málo náročná. Použitím této metody se nepředpokládá úplné a trvalé vyřešení vlhkostních problémů v objektu.

Výdechové otvory provětrávané podlahy se vyvedou do exteriéru. Ve střední části objektu se drážka ve zdi povede v obvodových stěnách namísto ve střední nosné stěně. Vyústění této drážky se bude nacházet v úrovni pod stropem ze strany exteriéru. Ve východní části se systém ponechá ve stejném stavu, jelikož pravděpodobně nedochází k velkému proudění vzduchu do interiéru místnosti. Většina vzduchu z provětrávané podlahy s největší pravděpodobností pokračuje až do komínového tělesa.

Pod systémem obvodových provzdušňovacích kanálů se původní zemina zhutní. Na tomto místě se vytvoří spádované dno se žlabem pro umístění drenážní trubky. Beton se vyztuží svařovanou kari sítí. Na železobetonovou desku se umístí vrchní díl prefabrikovaného vzdušníku. Do žlabu ve spádované betonové podkladní desce bude umístěna částečně perforovaná drenážní trubka DN 100. Celý systém se zasype štěrkem. Na štěrkové lože bude uložen vyspádovaný okapový chodník, pomocí kterého bude voda odtékat směrem od objektu a zároveň nebude zatékat do konstrukce provětrávací štolky.

Z některých provětrávacích otvorů se vytvoří výdechové otvory. Do otvoru se usadí roura, která povede podobně jako okapový svod až ke konstrukci střechy. V případě, že by tímto způsobem nebylo v provětrávaných štolách dosaženo dostatečného proudění vzduchu je možné do rour umístit ventilátory.

V přízemí v interiéru budou provedeny nové sanační omítky.



Obrázek 75: Schéma umístění nasávacích a výdechových otvorů provětrávané štolky po úpravách

V tomto případě sanace je nutná pravidelná údržba a kontrola vzduchových štol a drenáží. V objektu je také nutné udržovat stabilní teplotu dbát na dostatečné větrání. Při dodržení tohoto provozu by s největší pravděpodobností měla tato sanační opatření odstranit nadměrné množství vlhkosti z konstrukce.

Druhá navrhovaná varianta je mírně komplikovanější a také finančně nákladnější. Je kombinací využití mírně upravené stávající vzduchové izolace a nízkotlaké injektáže. U obvodových a vnitřních nosných zdí se dodatečně vytvoří horizontální clona pomocí pastózního injektážního prostředku na bázi silanu. Tento injektážní prostředek se do konstrukce aplikuje pomocí beztlakové nebo nízkotlaké injektáže a po reakci injektážního prostředku vznikne hydroizolační vrstva.

System stávajících vzduchových izolací se upraví výše již popsaným způsobem. V interiéru budou i při tomto sanačním opatření provedeny sanační omítky. Částečně budou provedeny nově i fasádní omítky.

Třetí variantou je využití pouze sanačních metod na principu vzduchových izolací. V této variantě sanačního návrhu se předpokládá zcela nové vybudování vzduchoizolačních systémů.

Uvádí se, že pomocí vzduchových izolačních systému je možno vlhkost konstrukce snížit maximálně o 2 až 3 % hmotnostní vlhkosti. I tímto malým poklesem vlhkosti by se docílilo, že by vlhkost ve většině konstrukcí objektu byla dle klasifikace ČSN P 73 0610 nízká, tedy pod 5 %. Naměřená hmotnostní vlhkost gravimetrickou metodou se totiž pohybuje nejvýše okolo 7 výjimečně 8 %.

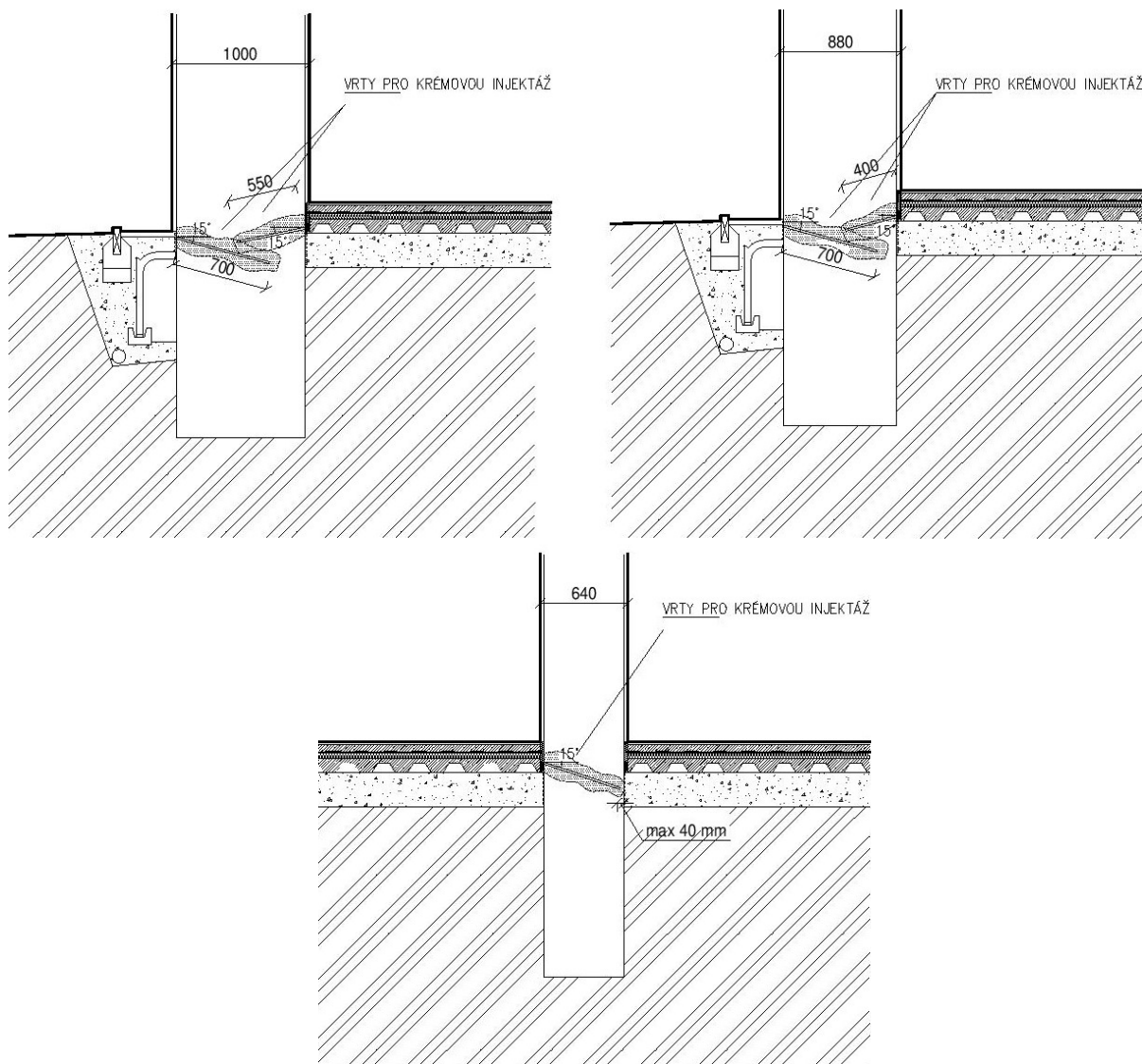
Během této sanace se vybuduje zcela nový systém provětrávaných štol. V interiéru se vytvoří nové efektivněji provětrávané podlahy a stejně jako v předchozích návrzích budou provedeny nové sanační omítky.

7.1 POSTUP PROVÁDĚNÍ NAVRŽENÉ SANACE VLHKOSTI POMOCÍ CHEMICKÉ INJEKTÁŽE

Při realizaci sanace vlhkosti kombinací vzduchových izolačních systémů a chemické injektáže se ve zdivu nejprve vytvoří celistvá hydroizolační clona. K provedení této chemické clony byl vybrán prostředek AquaStop Cream.

V prvním kroku provádění sanace se odstraní vnitřní omítky. Ve většině přízemí budou odstraněny omítky po celé výšce stěn a ve velké části objektu bude omítka odstraněna i ze stropů. V méně narušených oblastech se vnitřní omítky odstraní pouze do 50 cm nad horní okraj zjevně zavlhlé a poškozené omítky. Fasádní omítky se odstraní do úrovně stropu

nad prvním podlažím. Po odstranění omítek se zdivo z vnitřní i vnější strany očistí a spáry se proškrábnou do hloubky alespoň 20 mm. V interiéru budou podél stěn částečně vybourány podlahy, aby se hydroizolační clona vytvořená chemickou injektáží nacházela v úrovni provětrávané dutiny v podlaze. Posléze se do zdi vyvrtají otvory pro injektážní prostředek. Vrtvy budou směřovány s 15° odklonem od vertikálního směru. Délka vrtů z vnitřní strany se bude měnit s měnící se tloušťkou zdi. U severní nosné zdi s konstantní tloušťkou 850 mm, se budou ze strany interiéru provádět vrtvy dlouhé 400 mm, u zdi s tloušťkou 1000 mm budou mít vnitřní vrtvy délku okolo 550 mm. U vnitřních nosných stěn, jejichž tloušťka se pohybuje okolo 640 mm se budou vrtvy provádět pouze z jedné strany a to tak, aby byly přibližně o 40 mm kratší, než je celková tloušťka stěny. Vrtvy z exteriéru budou mít vždy stejnou délku okolo 700 mm. Vrtvy musí být v jedné řadě tak, aby ve stěně vytvořili jednu celistvou linii. Vzdáleny od sebe nesmí být více než 120 mm a budou mít průměr 14 mm.



Obrázek 76: Schéma umístění a délky injektážních vrtů

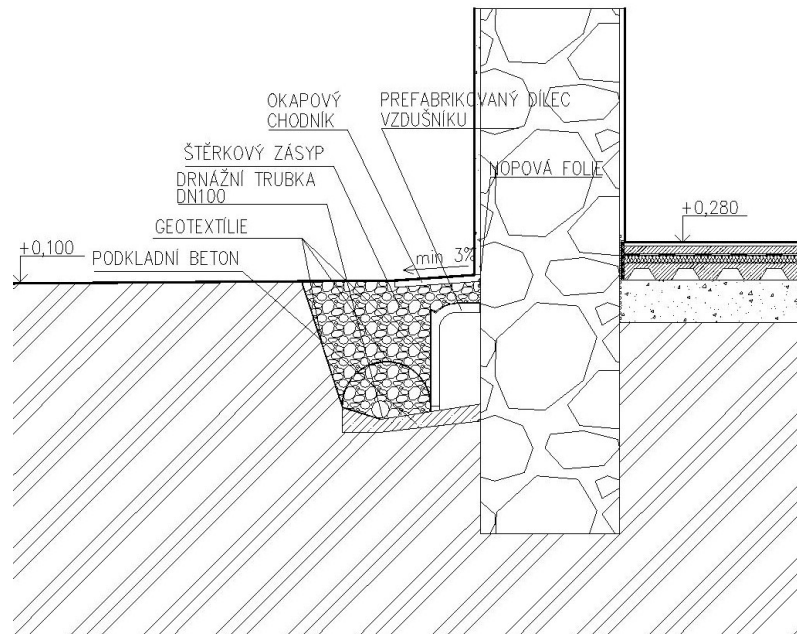
Vytvořené vrtvy se vyčistí buď stlačeným vzduchem nebo speciálním kartáčem. Do takto připravených vrtů se aplikuje injektážní krém AquaStop. Ten se do vrtů umísťuje buď pomocí ruční aplikační pistole nebo pomocí tlakového čerpadla. V případě sanace konírny by bylo vhodnější z důvodu velkého množství vrtů použít tlakové čerpadlo. Nejprve se ve vrtu provede tzv. předinjektování pomocí trubičkového plnidla. Trubička se zasune zcela do zadní části vrtu a postupně se zaplňuje krémem od zadu do předu. Posléze se použije plnidlo s gumovou koncovkou. Tato gumová koncovka se přiloží k vyústění vrtu a postupně se vrt krémem doplní. Když jsou vrtvy správně naplněné injektážním krémem, zatěsní se polysterénovými zátkami, aby krém ze zdiva neunikal. Od této chvíle se ve zdivu začne vytvářet souvislá hydroizolační clona. Doba potřebná k vytvoření clony se pohybuje v řádu několika dnů až týdnů a je závislá na poréznosti a vlhkosti materiálu a na teplotních podmínkách. Po uplynutí tohoto intervalu se ve zdivu vytvoří hydroizolační clona, která díky všesměrovému šíření látky vzniká částečně i několik centimetrů pod úrovní provedených vrtů. Po proběhnutí reakce se z použitého krému stane polymerní silikátová pryskyřice. Tato pryskyřice není rozpustná a je stabilní. Proto není nutné otvory po této chemické injektáži jinak vyplňovat. Po vytvoření clony bude zdivo pomalu vysychat. V případě konírny, kde zdi vykazují tloušťku až 1,15 m, bude toto vysychání trvat i více než pět let. [27]

V druhé fázi sanace, po provedení chemické infuze, se započnou práce na vzduchových izolacích. Ve stejném čase se také započnou v interiéru opravy narušené podlahy.

Po obvodu budovy budou nejprve provedeny výkopy. Z této oblasti se opatrně vyjmou prefabrikované dílce tvořící vzduchové kanály, tak aby se neporušily a daly se znovu použít. Výkopy se provedou, v porovnání s rekonstrukcí v letech 2004–2009, širší. Výkop bude zasahovat přibližně 90 cm pod úroveň terénu. Šířka výkopu se bude pohybovat okolo jednoho metru. Dno výkopu se zhutní vibrační deskou. Na takto připravené dno se vybetonuje spádovaná deska se žlabem pro umístění drenážní trubky. Betonová deska bude z betonu C 20/25 a bude vykazovat tloušťku nejméně 100 mm. Tato deska se vyztuží kari sítí 5/100x100 mm tak, aby krycí vrstva činila nejméně 50 mm. Na beton se umístí vrchní díl prefabrikovaného vzdušníku. Nejdříve však po uplynutí jednoho dne od betonování. Při budování provětrávaných štol je nutné dbát na to, aby se i po vybudování těchto štol základová spára nacházela v nezámrazné hloubce. Znamená to, že mezi dnem štoly a úrovní základové spáry musí být výškový rozdíl minimálně 80 cm. Tato podmínka by měla být při použití stávajících prefabrikovaných dílců dodržena.

Pomocí plných pálených cihel na maltu se potom nově dozdí systém provětrávacích otvorů. Nasávací otvory se budou nacházet v úrovni terénu a budou překryty mříží z pásové oceli, aby

nedocházelo k zanášení štoly. Výdechové otvory budou vyvedeny rourou přichycenou k fasádě. Tato roura bude ukončena v oblasti přesahu střechy. Na líc zdiva v úrovni nad provětrávaným kanálem se umístí nopová folie, aby zdivo nebylo přímo v kontaktu se zeminou, vyskytující se v této části. Na konstrukci vzduchové štoly a na svah výkopu bude položena geotextilie. Do žlabu v železobetonové desce bude umístěna částečně perforovaná drenážní trubka, tak aby



Obrázek 77: Úprava provětrávané štoly

neperforovaná část trubky přiléhala k betonové podkladní desce. Kolem této trubky se vytvoří štěrkové lože, které se opět překryje geotextilií. Posléze se celý výkop zasype štěrkem. Poslední vrstvy štěku přibližně od 200 mm pod terénem se ztuhní.

Sanační omítky budou použity od firmy Cemix – systém Supersan. Aplikace interiérových a fasádních sanačních omítek bude probíhat současně. Po odstranění stávajících narušených omítek se spáry zdiva proškrábnou minimálně do hloubky 20 mm. V tento okamžik proběhne nejprve vytvoření nových drážek ve zdivu pro odvádění vlhkého vzduchu z provětrávané podlahy. Tyto drážky budou umístěny na severní a jižní obvodové zdi a budou vyústěny do exteriéru. Po provedení nových drážek se zdivo očistí od prachu a dalších nesoudržných částí. Před aplikací první vrstvy sanační omítky – podhozu se očištěné zdivo důkladně smáčí. Podhoz tvoří naředěná sanační omítka Supersan hrubý. Tato vrstva o řídké konzistenci zajistí lepší přilnutí dalších vrstev. Podhoz se nanese na povrch zdiva celoplošně o maximální tloušťce 5 mm a nechá se alespoň jeden den vytvrdnout. Poté se tato vrstva navlhčí. Další vrstvu sanační omítky bude tvořit jádrová vrstva složená taktéž z omítky Supersan hrubý, tentokrát ale o hustší

konzistenci¹⁰. Minimální tloušťka této vrstvy je 20 mm. V případě výskytů velkých nerovností se bude jádrová omítka aplikovat ve více vrstvách. Mezi nanášením jednotlivých vrstev jádrové omítky je ale nutné udělat jednodenní technologickou přestávku. Po dokončení nanášení se jádrová omítka stáhne latí, hladítko se v tomto případě nepoužívá, jelikož by mohlo dojít k uzavření pórů. Pro tuto vrstvu omítky platí, že 1 mm zraje jeden den. Po vyzrání této vrstvy se její povrch zdrsňuje a opět smáčí pro lepší přilnavost další vrstvy. Následující vrstvu tvoří vrchní omítka Supersan jemný¹¹. Vrchní omítka se nanese pomocí hladítka o tloušťce 2–3 mm, poté je nutné povrch omítky upravit plstěným hladítkem. Po nanesení následuje opět technologická přestávka. Jeden milimetr této vrstvy zraje, stejně jako u jádrové vrstvy, jeden den. Po uplynutí dostatečně dlouhé technologické přestávky se nanese nátěr. Nátěr musí vykazovat dostatečnou propustnost vodních par. Z toho důvodu se použijí nátěry na vápenné nebo silikátové bázi.

7.2 POSTUP PROVÁDĚNÍ NAVRŽENÉ SANACE VLHKOSTI POMOCÍ VZDUCHOIZOLAČNÍCH SYSTÉMŮ

Na začátku rekonstrukce se opět odstraní stávající narušené omítky v obdobném rozsahu jako v předchozím návrhu. Spáry zdiva budou opět proškrábnuty minimálně do hloubky 20 mm. Po odstranění omítek dojde k vybourání stávající provětrávané podlahy v přízemí až pod úroveň hutněného šterkového podsypu. Tento podsyp se zhutní a zarovná do roviny.

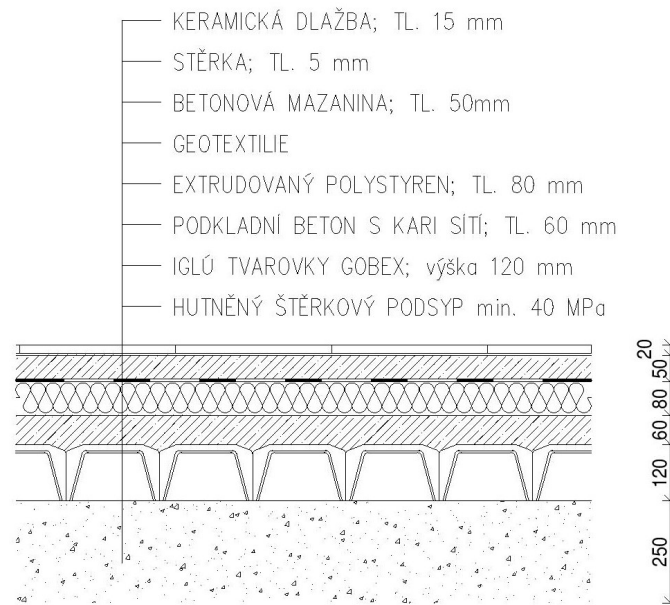
V severní obvodové stěně se vytvoří otvory, které později budou sloužit jako nasávací. Tyto otvory se budou nacházet v úrovni IGLÚ tvarovek. Na jižní obvodové stěně se od úrovně IGLÚ tvarovek vytvoří drážky, které se v úrovni pod stropem vyvedou do exteriéru. V malém výstavním sálu se k provětrávání podlahy také využije stávající komínové těleso, do kterého vedou drážky ve východní štítové stěně.

Na vyrovnaný šterkový podsyp se uloží IGLÚ tvarovky o výšce 120 mm. Na IGLÚ tvarovky se umístí armovací síť za použití distančních podložek. Na položenou výztuž se vylije betonová deska o síle 60 mm. Na tuto železobetonovou desku se položí desky extrudovaného polystyrenu o tloušťce 80 mm. Extrudovaný polystyren se od následující vrstvy betonu oddělí pomocí geotextílie. Hydroizolace v této skladbě podlahy není nutná. Poté se vytvoří roznášecí vrstva

¹⁰ Dávkování vody 4,5 l na 30 kg omítky Supersan hrubý. Míchání probíhá v bubnové samospádové míchačce a trvá 12-15 min.

¹¹ Dávkování vody 6,9 l na 30 kg omítky Supersan jemný. Míchání se provádí opět pouze v bubnové samospádové míchačce, a to po dobu 10 min.

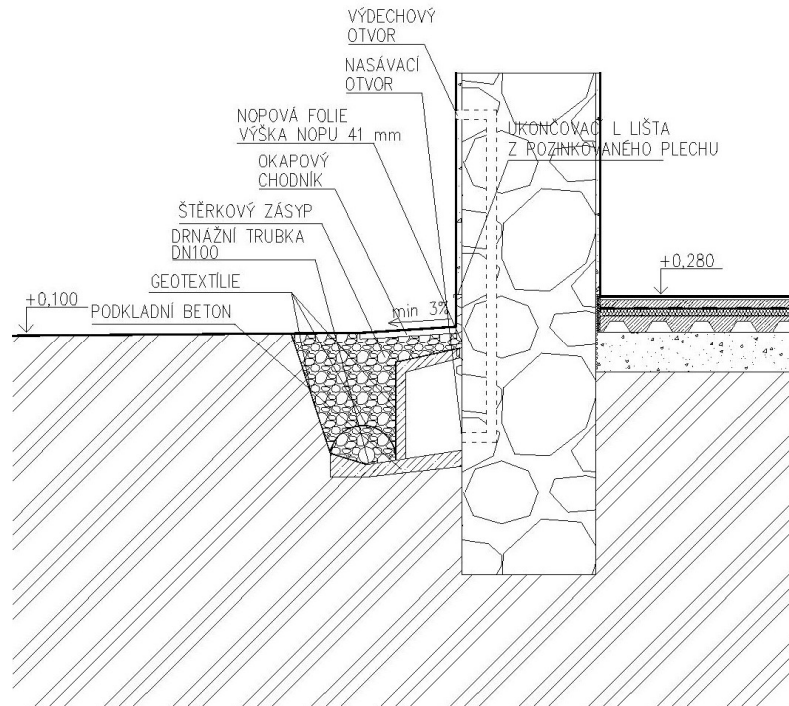
pomocí betonové mazaniny. Nerovnosti betonové mazaniny se vyrovnají pomocí stěrky, do které se uloží keramická dlažba.



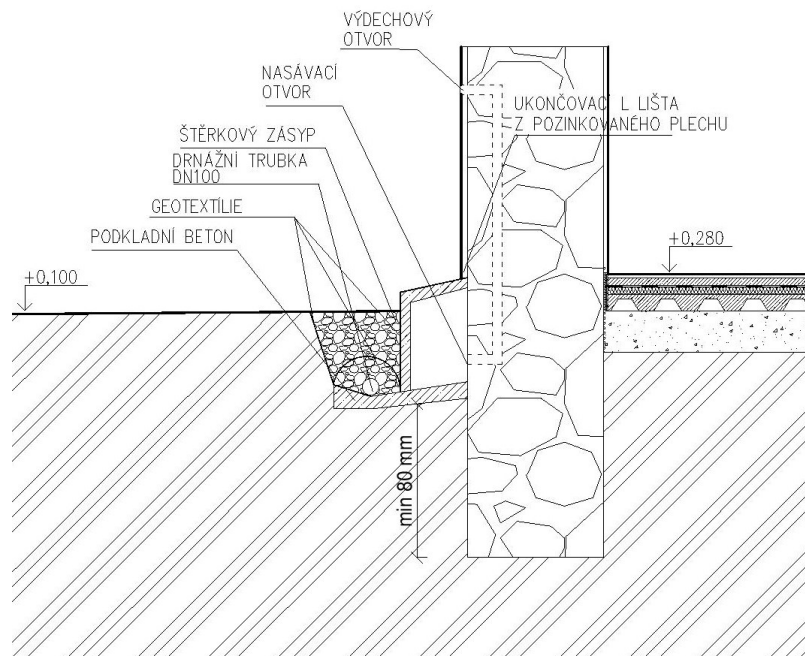
Obrázek 78: Skladba navržené provětrávané podlahy

Ve stejnou dobu rekonstrukce se budou v exteriéru objektu provádět provětrávané štolky. Po provedení výkopu a zarovnání zeminy se na dně provede opět vyztužená betonová deska se žlabem. Posléze budou v obvodových stěnách provedeny drážky pro zajištění proudění vzduchu v těchto štolách. Nasávací otvor bude umístěn přibližně 10 cm nad dnem štolky. Výdechové otvory se pak budou nacházet přibližně 1 m nad úroveň terénu. V této fázi se do výkopů vloží prefabrikované dílce betonové štolky, které se po uložení překryjí geotextílií, aby se zamezilo vnikání drobných zrn do prostoru štolky skrze spáry mezi prefabrikovanými dílci. Mezi stěnou a vrchní částí štolky se provede nopová folie o výšce nopu 41 mm. Ta bude vedena přibližně 15 cm nad úroveň terénu a na vrchu opatřena lištou z pozinkovaného plechu ve tvaru L. Do žlabu v železobetonové desce bude obdobným způsobem uložena částečně perforovaná drenážní trubka. Nad vrstvou šterku, obklopující drenážní trubku, se bude opět nacházet geotextílie. Posléze dojde k zasypání výkopu a hutnění vrchní vrstvy šterku jako v předchozí variantě.

I u této varianty provětrávaných štol je nutné dodržet minimální nezámraznou hloubku pod dnem této konstrukce a to alespoň 80 mm. V případě, že by tato podmínka při umístění štolky výše zobrazeným způsobem nebyla splněna, je nutné nechat horní část štolky převyšovat úroveň terénu.



Obrázek 79: Schéma navrhované provětrávané štolky



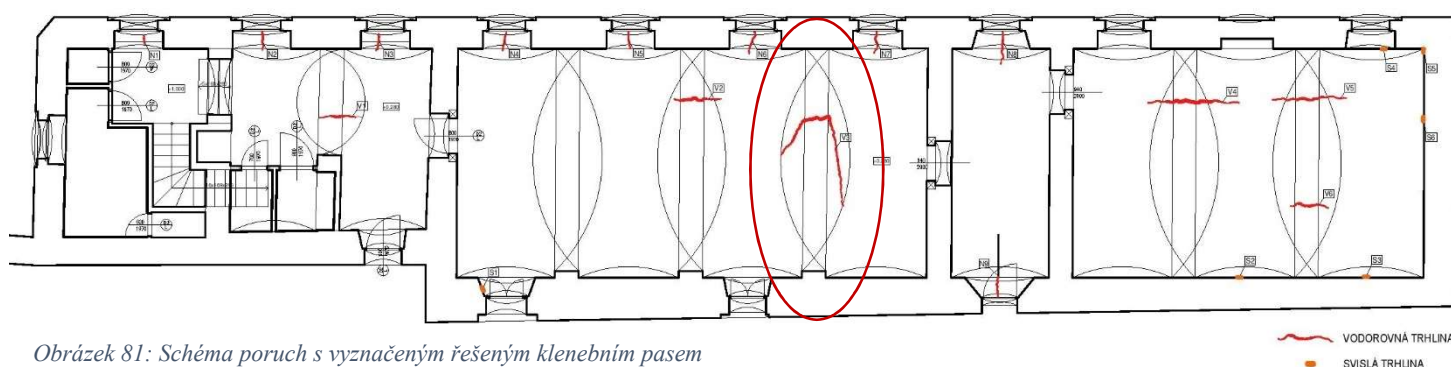
Obrázek 80: Varianta uložení provětrávané štolky při nedostatečné nezámrazné hloubce

Posléze budou stejným způsobem jako v předchozím sanačním návrhu provedeny sanační omítky Supersan od firmy Cemix.

8. ANALÝZA NEJVÍCE NARUŠENÉHO KLENEBNÍHO PASU

Jak již bylo výše zmíněno, v objektu konírny se nachází také mechanické porušení v podobě trhlin. Nejvýraznější porušení se nachází na zděných klenebních pasech v přízemí objektu. Téměř na každém klenebním pasu se je trhlina přibližně v jedné třetině rozpětí od severní stěny. Tyto trhliny ve většině případů pokračují do klenby, která je do klenebního pasu valená.

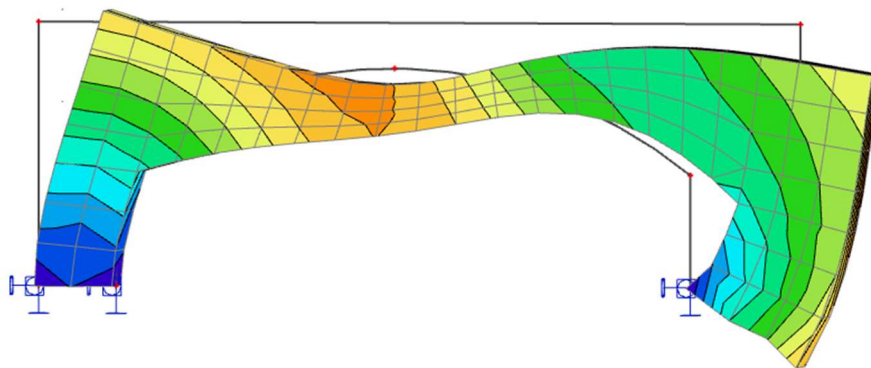
V této části práce bude řešen klenební pas, který se vizuálně jeví jako nejvíce narušený. Tento klenební pas se nachází ve východní části velkého výstavního sálu. Přilehlé valené klenby byly při poslední rekonstrukci částečně nově vyzděny.



Obrázek 81: Schéma poruch s vyznačeným řešeným klenebním pasem

Tato nejvýraznější trhlina vykazuje v nejširším místě tloušťku přibližně 5 mm. Zasahuje celou tloušťku klenebního pasu a pokračuje i na obě přiléhající valené klenby. Na valených klenbách se trhlina stáčí směrem na jih. Na valené klenbě přilehlé ke klenebnímu pasu z východní části pokračuje trhlina přibližně 1,5 m a na klenbě přilehlé ze západní strany pokračuje přibližně 1 m. Trhlina se převážně jeví jako tahová, na bocích klenebního pasu se ale spíše podobá trhlině smykové.

Pro analýzu příčiny poruchy klenebního pasu byl v programu SCIA Engineer vytvořen model znázorňující různé zatěžovací stavy. Tomuto charakteru porušení klenebního pasu nejvíce odpovídala kombinace zatěžovacích stavů s pootočením (z tohoto pohledu) pravé klenební podpory. Přesněji tedy poklesem vnější strany pravé stěny, čemuž odpovídá níže vykreslená deformace. Konkrétně byl podpoře v tomto případě předepsán posun 10 mm. Tuto podporu reálně představuje jižní obvodová stěna.



Obrázek 84: Naznačení definované deformace

3D napětí

Hodnoty: σ_x (1D/2D)

Lineární výpočet

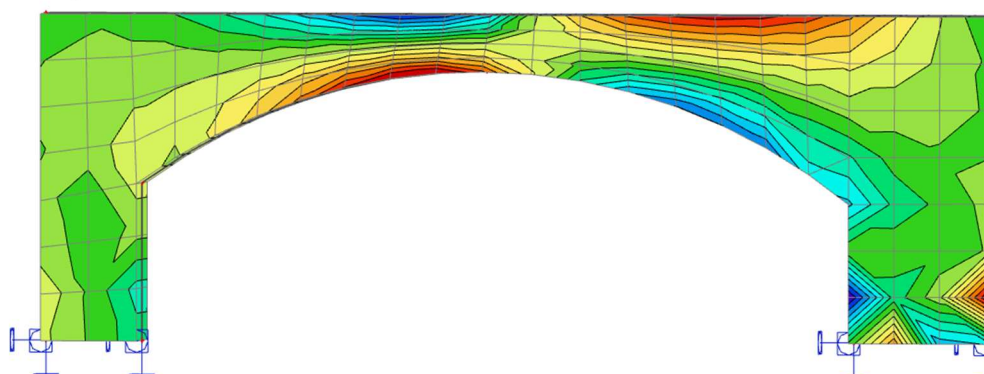
Kombinace: Vše + Pootočení P

Výběr: Vše

Poloha: V uzlech s průměrováním na

makro. Systém: LSS prvku sítě

Základní veličiny



Obrázek 82: Výsledky výpočtu napětí



Obrázek 83: Poloha trhliny na klenebním pasu

Pro tuto deformaci byla vypočítána výše zobrazená napětí. Z obrázku je zřejmé, že k největším tahovým napětím okolo 3,4 MPa dochází právě v místě zmiňované trhliny. Pro přiblížení je hned pod výpočtovým modelem zobrazena fotografie narušené klenby. Se zvětšující se deformací zároveň také roste hodnota napětí. Už při této zadané deformaci je pevnost zdiva v tahu¹² značně překročena.

Tato deformace může být způsobená nerovnoměrným sednutím základů jižní obvodové stěny. Tyto základy byly v minulosti, jak již bylo výše zmíněno, prohlubovány.

Vhodnou sanací těchto poruch by tedy bylo provedení zesílení prohloubení základů jižní obvodové stěny spolu s vytvořením nových funkčních táhel. Při realizaci ztužujících táhel nad konstrukcí kleneb, by bylo vhodné na vodorovná táhla navařit i táhla šikmá. Tato táhla pak upevnit pomocí závlačí do obvodových stěn. Šikmá táhla spolu se závlačí by zabraňovala přetvoření paty klenby, kvůli kterému pravděpodobně došlo k tomuto porušení. Před instalací táhel by bylo vhodné odstranit povrch kleneb, hloubkově vyčistit a zatmelit trhliny a případně vyklínovat a zatmelit narušené maltové spáry.

Návrh konkrétní sanace ale není cílem této bakalářské práce. Dva z klenebních pasů jsou v současné době sledovány pomocí sádrových štítků. Od března roku 2017 tyto dva pozorované klenební pasy nevykázaly pohyb. Trhliny se tedy jeví jako pasivní. V případě, že by trhliny byly aktivní, musel by se provést podrobnější průzkum. V tomto případě se pouze doporučuje stav klenebních pasů nadále monitorovat pomocí sádrových štítků.

¹² Při úvaze použití zdícího prvku P15 a malty M5, které byly použity během poslední rekonstrukce, je pevnost zdícího prvku v tlaku 4,85 MPa. V tahu má toto zdivo podle normy ČSN EN 1996-1-1 pevnost 0,1 MPa

9. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnocení vlhkostního stavu objektu bývalé konírny v Jílovém u Prahy. Na počátku byl proveden stavebně technický průzkum celého objektu. Během tohoto průzkumu byl také proveden průzkum a dokumentace krovu.

V následující části práce byla provedena rešerše literatury týkající se zvýšené vlhkosti staveb. V této části práce byly popsány příčiny vlhkosti v objektech a také metody používané k sanaci vlhkosti v současné době.

Poté bylo provedeno měření vlhkosti, a to dvěma způsoby. Jako orientační měření vlhkosti bylo provedeno měření kapacitní metodou příložným vlhkoměrem. Na základě naměřených výsledků kapacitním vlhkoměrem se z oblastí s výskytem vyšší vlhkosti odebraly vzorky pro měření vlhkosti pomocí gravimetrické metody. Obě metody prokázaly výskyt vlhkosti v objektu. Dle přesnější z nich, tedy gravimetrické, se v přízemí objektu většinou nachází zvýšený stupeň vlhkosti.

Od začátku března do poloviny května v objektu konírny probíhal sběr dat teploty a vlhkosti pomocí fakultou zapůjčeného dataloggeru. Od personálu muzea byla pro účel této bakalářské práce také poskytnuta data z měření vlhkosti v objektu od konce roku 2016. Na základě všech nasbíraných dat byl provoz konírny, tedy vytápění a větrání objektu, zhodnocen jako nesprávný. Náhlé a krátkodobé vytápění s absencí větrání napomáhá kondenzaci vlhkosti na povrchu konstrukcí.

Součástí laboratorního průzkumu byl také chemismus, kterým se prokázal ve větším množství výskyt dusičnanů a síranů v konstrukci.

Odběru vzorků omítky prokázal výskyt plísní v objektu, a to konkrétně *Cladosporium sp.*, *Acremonium sp.* a *Chaetomium sp.*

Na základě těchto zjištěných informací byly navrženy možnosti sanace vlhkosti v objektu. Jednou z variant řešení je zlepšení funkčnosti stávajících opatření proti vlhkosti, které je finančně poměrně málo náročné. Druhou variantou je kombinace mírně upraveného stávajícího opatření spolu s užitím krémové injektáže. Poslední variantu tvoří pouze využití vzduchových izolací, a to zcela nově provedených. Postup navržené sanace s chemickou injektáží a sanace za využití vzducho-izolačních prvků byly v této práci podrobně popsány.

Součástí této bakalářské práce bylo také provedení statické analýzy nejvíce narušeného klenebního pasu. Na základě této analýzy byla určena pravděpodobná příčina vzniku trhliny se stručným návrhem sanačních opatření.

Na úplný závěr musím poznamenat, že psaní bakalářské práce a úkony s jejím psáním spojené byly sice činností náročnou, přesto si však plně uvědomuji, že mne v mnohém obohatily i naplnily. Rozšířila jsem si obzor vědomostí, získala jsem hodně nových, pro mé studium i pro mou budoucí práci užitečných zkušeností a dovedností. Poznala jsem prostředí laboratoře a způsob práce s laboratorními přístroji, bylo mi umožněno pracovat s fakultou zapůjčenými měřicími přístroji v terénu. Vyzkoušela jsem si způsob odebrání vzorků zdiva, vylepšila se v práci s použitými počítačovými programy a seznámila se způsobem vyhledávání informací v archivu.

Ačkoliv v muzeu v Jílovém pracuji již několik let, v průběhu psaní práce jsem se o muzeu dozvěděla mnoho nových a zajímavých informací.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

INTERNETOVÉ ZDROJE

- [1] www.nahlizenidokn.cuzk.cz
- [2] www.jilove.cz
- [3] www.svkkl.cz
- [4] www.google.cz/maps/
- [5] www.vlhkezdivosweb.webmium.com
- [6] www.tzb-info.cz
- [7] www.vutbr.cz
- [8] www.vutbr.cz

PUBLIKACE

- [11] návod k obsluze pro digitální indikátor vlhkosti dřeva a stavebních hmot GMI 15
- [20] KOLEKTIV AUTORŮ, JÍLOVÉ U PRAHY, Praha západ: Okresní muzeum, 1987. ISBN:59-250-87
- [21] BALÍK, Michael, ODVLHČOVÁNÍ STAVEB, 3. upravené vydání, Praha: Grada Publishing a.s. 2002
- [22] VLČEK, Milan a BENEŠ, Petr, PORUCHY A REKONSTRUKCE STAVEB II, 1. vydání, Brno: ERA, 2005
- [23] WITZANY, Jiří, PORUCHY A REKONSTRUKCE ZDĚNÝCH BUDOV, Praha: ČKAIT 1999
- [24] BALÍK, Michael, VYSUŠOVÁNÍ ZDIVA V PŘÍKLADECH, Praha: Grada Publishing a.s. 2010
- [25] SOLAŘ, Jaroslav, ODSTRAŇOVÁNÍ VLHKOSTI, Praha: Grada Publishing a.s. 2013
- [26] VINAŘ, Jan a kolektiv, HISTORICKÉ KROVY TYPOLOGIE, PRŮZKUM, OPRAVY, Praha: Grada Publishing a.s. 2010
- [27] BALÍK, Michael, VYSUŠOVÁNÍ ZDIVA I, II III, Praha: Grada Publishing a.s. 2002

[28] VINAŘ, Jan, dosud nepublikováno

[29] ČIHÁK, Leopold, PAMĚTI KRÁLOVSKÉHO HORNÍHO MĚSTA JÍLOVÉHO DÍL DRUHÝ. MÍSTOPIS A HISTORIE JEDNOTLIVÝCH DOMŮ, Jílové u Prahy: Tisk Bedřicha Ludvíka, 1913

POUČITÉ NORMY

ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb-sanace vlhkého zdiva-základní ustanovení

ČSN EN 73 1996-1-1 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce

ČSN 73 2310 Provádění zděných konstrukcí

SEZNAM POUŽITÉHO SOFTWARE

Microsoft Office Word

Microsoft Office Excel

AutoCad 2018

SCIA Engineer