

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Technické a technologické řešení stavební údržby, případně sanace
spodní stavby domu s cílem odstranění nadbytečné vlhkosti.**

Autor: **Bohumil Bláha**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Milan Kališ, CSc.**

České Budějovice, duben 2012

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bohumil BLÁHA**
Osobní číslo: **Z07597**
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu: **Technické a technologické řešení stavební údržby, případně sanace spodní stavby domu s cílem odstranění nadbytečné vlhkosti.**
Zadávající katedra: **Katedra krajinného managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Navrhněte obecný technicko-technologický postup na odstraňování nadbytečné vlhkosti ze stávajících stavebních objektů.

Tento postup vhodně aplikujte na vybranou stavbu (vesnický rodinný dům, samostatně stojící, Nebahovy č.p. 36, okres Prachatice).

V diplomové práci zdokumentujte druhy půdní vlhkosti, které mohou na stavbu působit, popište možnosti a způsoby zavlhčení stavby a specifikujte lokality, které jsou zdrojem vlhkosti.

Analyzujte a popište všechna možná řešení, která vedou k odstranění vlhkosti, zdůvodněte jejich použití a navrhněte vhodný postup pro vybraný objekt.

Pro různé možnosti řešení (a výběr metody nejefektivnější) porovnejte finanční náklady jednotlivých variant.

Na základě zjištění všech dostupných informací o používaných metodách technického a technologického řešení vyberte nejvýhodnější variantu pro řešení konkrétního problému a zpracování technicko-technologického postupu odstranění nadbytečné vlhkosti.

Rozsah grafických prací: dle potřeby a rozsahu technické dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: 50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

Zákon č. 183/2006 O územním plánování a stavebním řádu, stavební řád
ÔÔ 103-184

Vyhlášky MMR:

č. 496/2006 Sb. O dokumentaci staveb, včetně příloh 1 - 5,

č. 526/2006 Sb., kterou se provádí některá ustanovení stavebního zákona ve věcech stavebního řádu, včetně příloh 1 - 7,

č. 268/2009 Sb. O obecných technických požadavcích na výstavbu ve znění vyhlášek č. 491/2006 Sb. a č. 502/2006 Sb.

ČSN P 73 0600 Hydroizolace staveb - Základní ustanovení

ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva

Směrnice WTA 2-2-91 (Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a památek)

a další platné ČSN a související technické předpisy

Vedoucí diplomové práce: Ing. Milan Kališ, CSc.
Katedra krajinného managementu

Datum zadání diplomové práce: 2. března 2010

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2012

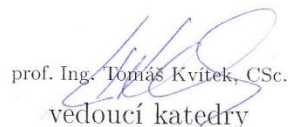


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13 ④
370 05 České Budějovice

L.S.


prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 2. března 2010

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 27. 4. 2012

Bohumil Bláha

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych zde poděkoval panu Ing. Milanu Kališovi, CSc. za odborné vedení této práce a za poskytnuté cenné rady při její tvorbě. Také bych chtěl poděkovat jednatelemu firmy HAV-Bau s.r.o. v Českých Budějovicích panu Ladislavu Havránkovi za jím poskytnuté materiály týkající se cen jednotlivých sanačních zásahů. Dík patří také panu Františku Plachkému za cenné informace problematice průzkumných prací a radonu.

Abstrakt

Cílem této práce bylo seznámení s problematikou nadbytečné vlhkosti ve stávajících objektech a dále navržení technicko-technologického postupu, jehož součástí byla analýza jednotlivých variant včetně jejich ekonomického posouzení. Pro tento účel byl vybrán konkrétní rodinný dům, ve kterém se vyskytuje nadbytečná vlhkost. Byla vypracována základní charakteristika objektu, ve které bylo uvedeno i stáří jednotlivých dotčených částí objektu. Dále byl popsán materiál (těchto částí), který byl zakreslen do vyhotoveného půdorysu objektu. Pro ucelený přehled o objektu bylo popsáno i okolí stavby. Pro vyhotovení návrhů bylo nutné provést základní průzkum, který spočíval v určení charakteristik podloží. Součástí tohoto průzkumu bylo posouzení stávajícího objektu z hlediska radonového ohrožení. Poté byly popsány projevy vlhkosti v objektu a jejich možné příčiny. Na jejich základě byl vyhotoven technicko-technologický postup obsahující dvě možné varianty řešení, tyto navrhovaná opatření byla podrobně popsána a zakreslena do půdorysu objektu. U těchto variant byla vypočtena orientační cena, za kterou by bylo možné tyto práce realizovat. Na závěr práce byla vybrána nejvhodnější varianta a tento výběr byl patřičně odůvodněn.

Klíčová slova: sanace vlhkého zdiva; metody sanace; stavebně-technický průzkum; druhy vlhkosti; návrh metod; sanační omítky

Abstract

The thesis aimed to examine the problem of excessive moisture in existing buildings and to design a suitable construction and technological procedure including the analysis of particular options and their economic analysis. For this purpose I chose a particular family house with excessive moisture. I elaborated basic characteristics of the building, where I described the age of all parts affected by moisture. Next I described used material, that was incorporated into the ground plan of the house. To make a complex view I described the surroundings of the building as well. Apart from that I worked out a basic reconnaissance of the bedrock, which included the analysis of radon threat analysis. Furthermore, I described the moisture manifestations in the building and their possible causes. Based on this analysis I suggested a construction and technological procedures consisting of two solution options, which were in detail described and incorporated into the ground plan of the building. I calculated the costs of both solutions and finally the most suitable solution was chosen with a corresponding proper explanation.

Key words: rehabilitation of wet masonry; rehabilitation methods; construction and technical survey; types of moisture; design methods; rehabilitation plasters.

1. ÚVOD	10
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
2. 1. Sanace vlhkého zdiva	11
2. 1. 1. Charakteristika starších objektů.....	11
2. 1. 2. Příčiny vzniku vlhkosti	11
2. 1. 3. Důvody vyvolávající návrh sanačních prací.....	12
2. 1. 4. Cíle sanace vlhkého zdiva.....	13
2. 1. 5. Charakteristika zdiva zasaženého vlhkostí	13
2. 1. 5. 1. Problematika výskytu plísní v objektu.....	13
2. 2. Namáhání staveb	14
2. 2. 1. Hydrofyzikální namáhání staveb	15
2. 2. 1. 1. Vodorozpustné soli v konstrukcích.....	15
2. 2. 1. 2. Druhy vlhkosti.....	16
2. 2. 1. 3. Charakteristika vybraných druhů	17
2. 2. 2. Mechanické namáhání hydroizolací	19
2. 2. 3. Zatížení staveb radonem	20
2. 2. 3. 1. Příklady opatření proti radonu	20
2. 3. Metody sanace vlhkého zdiva	20
2. 3. 1. Přímé metody sanace vlhkého zdiva.....	21
2. 3. 2. Nepřímé metody sanace vlhkého zdiva	22
2. 3. 3. Doplnkové metody sanace vlhkého zdiva	22
2. 4. Navrhování sanačních metod	22
2. 4. 1. Návrh přímých metod sanace	25
2. 4. 1. 1. Mechanické metody	25
2. 4. 1. 2. Chemické metody.....	25
2. 4. 1. 3. Elektroosmotické metody.....	26
2. 4. 1. 4. Vzduchoizolační metody.....	26
2. 4. 2. Návrh nepřímých metod	27
2. 4. 3. Návrh metod doplňkových.....	28
2. 4. 3. 1. Sanační omítky.....	28
2. 5. Provádění sanačních metod	29
2. 5. 1. Přímé metody	29
2. 5. 1. 1. Mechanické metody	29
2. 5. 1. 2. Chemické metody.....	30
2. 5. 1. 3. Elektroosmotické metody.....	32
2. 5. 1. 4. Vzduchoizolační metody.....	33
2. 5. 2. Nepřímé metody	34
2. 5. 2. 1. Použití přirozeného odvětrávání interiérů.....	34
2. 5. 2. 2. Použití zařízení s nuceným oběhem vzduchu	35
2. 5. 3. Doplnkové metody.....	36
2. 5. 3. 1. Sanační omítky.....	36

2. 5. 3. 2. Hydroizolační a těsnící prostředky, nátěrové hmoty.....	37
2. 5. 3. 3. Ochrana proti biokorozi materiálů	37
2. 5. 3. 4. Odsolování zdiva.....	38
2. 6. Průzkumy staveb pro projekt sanace vlhkého zdiva	39
2. 6. 1. Obsah průzkumu	39
2. 6. 1. 1. Předběžný stavebně-technický průzkum.....	40
2. 6. 1. 2. Podrobný stavebně-technický průzkum	40
2. 6. 1. 3. Doplnkový stavebně-technický průzkum.....	41
2. 6. 2. Průzkum vlhkosti zdiva	42
2. 6. 3. Průzkum salinity zdiva	42
2. 6. 4. Hydrogeologický průzkum	42
2. 6. 5. Průzkum speciální.....	43
2. 6. 6. Protokol o průzkumu	43
2. 7. Projekt sanace vlhkého zdiva	43
2. 7. 1. Postup zpracování projektu.....	44
2. 7. 2. Náležitosti projektu.....	44
2. 8. Podmínky pro užívání sanačního systému	44
2. 9. Kontrola jakosti a účinnosti sanačních prací	45
3. CÍLE TÉTO DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	46
3. 1. Hlavní cíle práce.....	46
3. 2. Dílčí cíle	46
3. 3. Soulad návrhu s legislativou.....	46
4. METODIKA PRÁCE A MATERIÁL	47
4. 1. Výběr a charakteristika objektu.....	47
4. 1. 1. Charakteristika objektu	47
4. 1. 2. Radonové ohrožení	49
4. 2. Definice problému	51
4. 2. 1. Popis jednotlivých postižených místností.....	51
Za názvem každé místnosti uvádím v závorce její číslo (viz příloha: půdorys objektu).	51
4. 3. Stanovení příčiny problému	53
4. 4. Navrhované varianty řešení	54
4. 4. 1. Varianty nevhodné.....	55
4. 4. 2. Návrh A (chemická injektáž v kombinaci s paropropustnými omítkami)	57
4. 4. 3. Návrh B (sanační omítky doplněné přirozeným odvětráváním interiérů)	58
5. VÝSLEDKY A DISKUZE.....	59

5. 1. Návrh technologického postupu provádění sanačních prací	59
5. 1. 1. Návrh opatření společných pro obě varianty	59
5. 1. 2. Specifika návrhu A (použití chemických injektážních krémů)	60
5. 1. 2. Specifika návrhu B.....	61
5. 2. Ekonomické posouzení navrhovaných variant.....	61
5. 2. 1. Návrh A.....	61
5. 2. 2. Návrh B (sanační omítky – cena za m ² cca 1042 Kč).....	63
5. 3. Zdůvodnění výběru nejvhodnější varianty	65
6. ZÁVĚR.....	66
7. POUŽITÁ LITERATURA.....	67
ELEKTRONICKÉ ZDROJE.....	68
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	68
8. PŘÍLOHY	
8. 1. Fotodokumentace	
8. 2. Půdorys objektu	
8. 3. Stáří a druh zdiva	
8. 4. Zákres návrhu A	
8. 5. Zákres návrhu B	

1. ÚVOD

Ochrana proti vodě vlhkosti byla odpradáвна důležitou částí v průběhu výstavby objektů. Již v dobách středověku kladli naši předkové důraz na kvalitní zakrytí objektů, byli si totiž velmi dobře vědomi, že ochrana majetku před povětrnostními vlivy (především před deštěm) je pro stavbu klíčová. S rozvojem stavebních materiálů a technologií začínají vedle tepelných požadavků na stavební objekty jít do popředí i požadavky na „ideální“ vlhkost, přijatelnou z hlediska využívání objektu.

Ve 20. století došlo k docela velkému nárůstu počtu staveb, což souviselo s nárůstem obyvatelstva a osidlováním venkova. Udávaná odhadovaná životnost staveb z této doby je cca 50 let, z čehož vyplývá, že většina těchto objektů v současnosti bude tzv. ve stavu „dožilém“. Je však jen na nás, jak se o tyto objekty dále budeme starat. Pokud bychom takovéto stavby zanechali přirozenému vývoji, vlivem vlhkosti by pozvolna začalo docházet k jejich destrukci.

Do budoucna však nebude možné ponechávat vlhké objekty svému osudu a stavět jiné nové budovy na místech, které mohou být využívány zemědělským půdním fondem. Z uvedeného vyplývá, že objekty postižené vlhkostí budou muset být do budoucna řešeny.

Vlhkost v objektu je závažným problémem z několika důvodů: dochází k opadávání omítek, k vzniku plísní na omítkách, k šíření zápachu v interiéru a samozřejmě k vyšším tepelným ztrátám v objektu. Tyto nepříznivé vlivy znemožňují plnohodnotné využívání objektu. Je potřeba říci, že náprava těchto vlivů není zcela jednoduchá. U některých objektů se stává velmi často neúčelnou, ba dokonce není technicky možné ji provést. Ke každé stavbě je potřeba přistupovat individuálně.

Posouzení objektů by mělo být prováděno zkušeným technikem zabývajícím se sanačními pracemi. Tento odborný pracovník musí zjistit příčiny vzniku vlhkosti, což usoudí ze stavebně – technických průzkumů. Dále pak nastíní možné varianty řešení problému, podle požadavků a finančních možností investora vybere vhodné opatření.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2. 1. Sanace vlhkého zdiva

2. 1. 1. Charakteristika starších objektů

Objekty starší padesáti let mají často vodotěsnou izolaci nefunkční, buď vyžilou, nebo nebyla u některých staveb použita vůbec [5]. U staveb s poruchami vlivem vlhkosti jsou tyto původní izolace a systémy dožilé a ztratily částečně nebo úplně svoji funkci [8]. Nadměrnou vlhkostí je porušováno zejména zdivo těsně nad úrovní terénu a v celé oblasti suterénů. Budovy bývaly zakládány a ochraňovány proti pronikání vody v podmínkách daných v době výstavby [4]. Klasické zdivo upravené vápennou omítkou svými parametry více či méně splňovalo tehdejší požadavky na zajištění pohody uvnitř objektu [2]. Životnost povlakových izolací, vzhledem k životnosti objektu, je poměrně krátká a stává se příčinou brzké propustnosti. Udávané životnosti hydroizolačních materiálů se pohybuje max. do 30 let [5].

2. 1. 2. Příčiny vzniku vlhkosti

Pokud stavba není dostatečným způsobem chráněna proti půdní vodě, chová se jako houba: nasaje vodu a vlhkost odvádí z půdy směrem nahoru – v závislosti na množství obsažené vody, na použitém stavebním materiálu a stupni odpařování i do výšky několika metrů [9].

Bláha a Bukovský [10] rozdělují příčiny poruch z hlediska vzniku:

- vadný návrh stavby nebo její úpravy;
- vadné provedení stavby;
- poruchy způsobené překročením životnosti použitého materiálu;
- poruchy vzniklé nedostatečnou údržbou nebo změnou využití objektu.

Možné příčiny zvýšené vlhkosti podle *Balík et al.* [8]:

- nedostatečná údržba (zanesení drenáže, dešťových svodů a okapů, zatékání poškozenou krytinou, komínovými průduchy nebo klempířskými prvky,
- změna provozních parametrů vzduchu uvnitř objektu (zvýšení relativní vlhkosti vzduchu a teploty), kdy stávající konstrukce nejsou pro tyto účely dimenzovány,
- změna užívání objektu,
- změna systému vytápění,

- nevhodné stavební zásahy (zazdění větracích průduchů, dodatečné použití nepropustných materiálů znemožňujících difúzi vodních par, např. keramických obkladů, cementových omítek, parotěsných omítek apod.),
- změna hydrogeologických podmínek (zvýšení hladiny podzemní vody).

Ke zjištění dominantní příčiny (nebo komplexu příčin) zvýšené vlhkosti je třeba analyzovat časový vývoj vlhkosti a její projevy (rozložení vlhkosti v budově, závislost na ročním období, souvislost se stavebními zásahy a okolní stavební činnost, změnami v provozu budovy apod.) [5]. Obtížnost rozpoznání příčiny vzniku vlhkosti není způsobena jen různorodostí cest, kterými může voda pronikat. Místo, na němž je vlhkost patrná, nemusí být totožné s místem, kde škoda vznikla [9].

Zrušení lokálního topení, používání nových velmi těsných oken, to vše má nemalý podíl na zvyšování relativní vlhkosti vzduchu a tím i častější výskyt kondenzační vlhkosti. Ztrácí se přirozená infiltrace a případné náhražky ve formě větracích mřížek jsou velmi závislé na funkci lidského činitele [5]. Pokud je tedy stavba správně izolována, ale nedostatečně větrána, může ji vlhkost poškodit rychleji, než je tomu v hůře izolovaných domech, v nichž však může vlhký vzduch unikat např. spárami v oknech [9]. Zvýšenou vlhkost vnitřního vzduchu podporuje nevhodný režim vytápění, nepříznivá expozice místností, clonění zdiva nábytkem, případně lokální zdroje vlhkosti (akvária, pěstování květin, nefunkční ventilace v kuchyni nebo v koupelně) [8]. Průsaky vody z konstrukce nebo do konstrukce mohou představovat vážný problém vyžadující opravu [6]. Negativní vliv má mnohdy také nedostatečná stavební ukázněnost a minimum řemeslné profesionality, ale i vady návrhů a provádění staveb, nedostatečné stavebnětechnické průzkumy [15].

2. 1. 3. Důvody vyvolávající návrh sanačních prací

Do nedávné doby se sanace vlhkého zdiva na vnitřních stěnách prováděly asfaltovým nátěrem, který se zpevňoval jutou. Vlhkost se zakryla, ale po čase se projevila ve vyšších partiích [5]. Teprve později zjištěná a ověřená skutečnost, že uzavřením povrchu omítky při opravě nebo dodatečné úpravě dochází k omezení dýchání stavby s následným zavlhčováním celého objektu, evokovaly změnu v pojetí oprav a obnovovacích technologií [2]. Důvodem vlnutí stavebních konstrukcí je jejich pórovitá struktura se schopností přijímat vodu. Zavlhlé zdivo však není problémem výhradně starších staveb [5]. Ochrana stávajících konstrukcí bývá obvykle obtížnější a připouští menší množství alternativ než ochrana nových konstrukcí [6].

Odvlhčení zdiva je vyvoláno potřebou sanovat stavbu z hlediska jeho mechanických a fyzikálních poruch a zejména vytvořit přiměřené mikroklima z

hlediska budoucího provozu [4]. Poruchy zdiva z hlediska vlhkosti, zejména v prostorech pokojů mají vliv na kvalitu mikroklimatu, resp. na zdraví lidí, kteří zde dlouhodobě pobývají [7]. Vlhké místnosti musí být vytápěny podstatně více, aby bylo dosaženo požadované teploty [9]. Prostorová vlhkost a vlhkost zdiva budov jsou základními problémy, které spolu se statikou ovlivňují rozhodování majitelů (investorů) o způsobech a rozsahu rekonstrukce [7].

2. 1. 4. Cíle sanace vlhkého zdiva

Sanace vlhkého zdiva zahrnuje systém hydroizolačních, vysušovacích a stavebních opatření [20]. Sanace vlhkosti ve stavbě jsou obvykle značně složitým stavebním zásahem, kterým se komplexně upravují jak vlastní vlhké konstrukce (prvky), tak i další stavební prvky s cílem odstranění pronikání či výskytu vody ve stavbě [10]. Cílem těchto úprav je snížení vlhkosti zdiva tak, aby nebyl nadále zhoršován stav vnitřního prostředí daných prostor a nepokračovala degradace stavebního materiálu [12].

2. 1. 5. Charakteristika zdiva zasaženého vlhkostí

Prvním příznakem problémů s vlhkostí bývá obvykle estetická porucha na povrchu stěny, odlupování nátěru nebo narušení omítky. Vlhkost může vést k významnému snížení pevností materiálů a následným statickým problémům. Velmi významným a viditelným indikátorem narušení konstrukcí jsou trhliny. Zhodnocení charakteru a příčin trhlin zkušeným odborníkem je velmi důležité pro následující kroky při sanaci konstrukce [8]. Vlhkost zdiva se projevuje vznikem zřetelně zavlhklých ploch na povrchu zdiva, odpadáváním omítky, jejím rozpadem v důsledku soustředění rozpustných solí, napadením mikroorganismy, bakteriemi, plísněmi, řasami a houbami. Dochází ke snižování únosnosti mokrého zdiva a ke snížení tepelně izolační schopnosti [5]. Stav zdiva z hlediska vlhkosti má také vliv na vnitřní mikroklima prostor, které se tak stávají z hlediska obecné hygieny velmi těžce využitelné [7].

2. 1. 5. 1. Problematika výskytu plísní v objektu

Charakteristika plísní

Pro růst plísní na různých materiálech jsou nezbytné dvě základní podmínky:

a) dostatečná vlhkost substrátu (podkladového materiálu), resp. prostředí;

b) přísun či dostatečná zásoba živin.

Živiny ve většině případů obsahují organická pojiva nebo povrchy z organických hmot (papírové tapety, materiály na bázi celulózy) nebo nečistoty organického

původu, které vznikají provozem a lpí na površích různých konstrukcí [17]. Je pouze otázkou času, kdy se na trvale vlhkých vnitřních zdech a střepech rozšíří plíseň. Teplý a vlhký podklad tvoří vynikající růstové podmínky. Plíseň se rozšiřuje velkou rychlostí, protože houbová tkáň odevzdává do vzduchu milióny nových spor [9].

Odstraňování plísní

K trvalému odstranění plísní je nutné zjistit primární příčiny výskytu plísní v dané lokalitě a zajistit jejich odstranění. Dezinfekce a asanace se provádí pouze v indikovaných případech, kdy plísně působí nebo mohou působit negativně na zdraví člověka, nebo když dochází k závažným škodám na objektech a materiálech v nich uskladněných. Cílem a smyslem dezinfekce je usmrtit plísně v obytném a pracovním prostředí člověka. Při dezinfekci těchto lokalit se uplatňují hlavně čtyři základní postupy: postřik (roztokem, aerosolem, pěnou), namočení a otření, ponoření (pouze u malých předmětů), expozice v atmosféře vypařovaného dezinfekčního přípravku (plynování) [13]. Nabídka prostředků na hubení plísní je velmi široká – od jednoduchých čističů přes sanační systémy, skládající se z čisticích prostředků, nových základových nátěrů a obložení stěn, až po takzvané klimatické desky k obkládání stěn. Pokud je účinně odstraněna plíseň i příčina vzniku vlhkosti, měly by být nadále namísto neprodyšných syntetických obkladů používány materiály schopné regulovat vlhkost, např. dřevo [9]. Odstranění plísní z vnitřního prostředí je konstrukční záležitostí, to znamená, že musí dojít k odstranění zdroje vlhkosti vhodným stavebně-technickým řešením. Chemická dezinfekce budov je pak jenom doplňkovým řešením, které má na plísně a spory krátkodobý represivní účinek [13].

Účinnost dezinfekce a kontrola napadených ploch

Účinnost dezinfekčního zásahu je možné objektivně posoudit porovnáním tzv. mykologického profilu před a po provedené dezinfekci. Provádí se mikrobiologickými metodami pomocí otisků, stěrů z napadených ploch a povrchů. Tím se ověřuje účinnost provedené dezinfekce a sanace. Doporučuje se provádět i stanovení mykologického profilu ovzduší vnitřního prostředí z hlediska stanovení počtu spor plísní [17].

2. 2. Namáhání staveb

Vedle postupné degradace mechanických vlastností a destrukce stavebních materiálů, k níž dochází působením zvýšené vlhkosti, může i následné snížení vlhkosti např. zdíva vyvolat nové přetváření konstrukce (přerušit ustálený a dlouhodobě konsolidovaný stav), a tím i možnost vzniku nových poruch [5].

2. 2. 1. Hydrofyzikální namáhání staveb

Na stěny budov působí zejména voda, která do konstrukcí volně vtéká, vzlíná z podzákladí, je produkována provozem a kondenzuje vlivem tepelně technických vlastností stěn [4]. Z hlediska vlhkosti jsou nejvíce namáhány suterénní konstrukce, do kterých se vlhkost dostává vzlínáním nebo difúzí vodní páry z podzákladí [8]. Protože molekuly vody jsou velmi malé, jejich průměr činí asi 0,3 nanometru, šíří se částice páry při difúzi i stavebními materiály [9]. Vzduch obsahuje vždy určité množství vodní páry. Vodní páry v obytných domech vznikají např. v kuchyních při vaření, v koupelnách při užívání teplé vody, při praní, sušení prádla, žehlení atp. Je-li překročen rosný bod, přechází část této páry do tekutého skupenství [5].

Poznámka

Část poruch stavby připisovaných vlhkosti by v případě zatížení čistou vodou nevzniklo [8].

2. 2. 1. 1. Vodorozpustné soli v konstrukcích

Nejčastějšími solemi způsobujícími poškození jsou obvykle sírany, chloridy a dusičnany; v menší míře se na stavbách objevují i vodorozpustné uhličitany a dusitany [8]. Nejškodlivější jsou soli, které při krystalizaci nejvíce zvětšují svůj objem, naopak soli, které při krystalizaci svůj objem výrazně nezvětšují, ani nemusíme sledovat [10].

Zdroje solí podle *Balík et al.* [8] lze rozdělit:

- soli, které jsou primárně obsaženy v některém z materiálů použitých ve stavbě (nekvalitní písek, vápno, cihly atd.);
- soli transportované vzlínající vlhkostí z okolního terénu nebo pronikání vlhkosti z jiných částí budovy;
- soli vzniklé chemickou korozí materiálů použitých ve stavbě vlivem ovzduší (např. sírany reakcí karbonátů s oxidy síry, hlavní složkou tzv. kyselých dešťů);
- soli vzniklé v důsledku sanačních opatření (např. ze sodného vodního skla vzniká jako vedlejší produkt soda).

Zvýšený obsah solí ve zdivu se vzlínající vlhkostí brzdí vysychání zdiva a ovlivňuje tedy výšku jeho zavlhčení tak, že může postupně docházet k vzestupu úrovně zavlhčení zdiva. Mechanismus škodlivého účinku solí spočívá v jejich proniknutí ve formě solného roztoku kapilárním vzlínáním do stavebního materiálu [10]. Při prosakování vlhkosti do materiálů obsahujících soli dochází k vyluhování těchto solí,

následně k jejich transportu a k hromadění v místech odpařování vody [8]. Soli navíc odebírají vlhkost ze vzduchu, což způsobuje další zatížení zdi [9].

V souvislosti s vlivem solí je nutné upozornit ještě na další důležitou negativní vlastnost a tou je hygroskopicitu solí. Hygroskopické látky jsou schopny přijímat vodu ze vzdušné vlhkosti a zadržovat ji v kapalné formě [8].

Na odstraňování zkrystalizované soli se používají speciální tekuté prostředky, které se štětcem nanáší na zed' [9].

2. 2. 1. 2. Druhy vlhkosti

Množství vlhkosti je závislé na teplotě, na vlhkosti okolního vzduchu, na pórovitosti, na průměru pórů a tvaru jejich stěn, na množství hygroskopických solí v zavlhlém zdivu atd. Vlhkost má velmi široký komplex účinků na stavební konstrukce. Šíří se porézními stavebními materiály jak v plynné fázi, tak i v kapalné. Vlastní vedení obvykle dělíme na mechanismy difúze pro vodní páru a kapilární vedení pro kapaliny [8].

Způsob namáhání závisí např. i na úpravě terénu, zásypu stavební jámy a vlastnostech horninového prostředí [10].

Poznámka

Druh namáhání též ovlivňují vlastnosti použitého zásypu.

Vlhkost ve stavbách je možno rozdělit podle původu do těchto skupin:

- vzlínající;
- srážková;
- kondenzační;
- provozní

Charakteristika vlhkostního stavu

Pro volbu provedení dodatečných hydroizolací je nutno znát vlhkostní stav objektu. Jedná se vlastně o stanovení, resp. o odhad maximální a minimální vlhkosti, která se může v konstrukci vyskytnout [16]. Vlhkostní stav je závislý na fyzikálních a fyzikálně-chemických faktorech zdiva i okolního prostředí a je usměřňován pohybem dvou fenoménů přenosu:

- vnitřní přenos – od povrchu zdi z vnitřní strany dovnitř a opačně
- vnější přenos – od povrchu zdi z vnější strany dovnitř anebo opačně.

Příznivější vlhkostní stav nastane, jestliže vratné mechanismy vnějšího přenosu zasahují pouze izolovaný systém zdivo – atmosférický vzduch. V tomto případě, za předpokladu příznivých okolních podmínek, může obsah vlhkosti klesnout i pod hodnoty nižší než 1% hmotnosti, přičemž zdivo je považováno za suché až do hodnot 3 - 4% hmot. vlhkosti. Postupné zvyšování hmotnosti v důsledku přijímání vodních par ustane v okamžiku, kdy nastane rovnovážný stav mezi tlakem vodních par a vlhkostí materiálu. Voda, která se takto v materiálu objevuje, patří do kategorie pevně vázané vody [5].

2. 2. 1. 3. Charakteristika vybraných druhů

Kondenzace vodních par ve zdivu

Výskyt kondenzované vody závisí do jisté míry na způsobu používání stavby a namáhá především konstrukce oddělující prostory s rozdílným tlakem vodních par ve zdivu [10]. Vodní pára prochází betonem, pokud je na povrchu stavebního prvku rozdílná relativní vlhkost. Vodní pára postupuje směrem od vysoké relativní vlhkosti k nízké relativní vlhkosti [6]. Vodní pára na základovém zdivu kondenzuje a promění se opět ve vodu, která je kapilárními silami dopravena zdivem nahoru [5]. Kondenzace se projevuje v různých formách, tj. jako mlha, kapička vody, jinovatka apod. Ve všech těchto případech jde o tzv. povrchovou kondenzaci vodních par. Ke kondenzaci par dochází, když teplota dosáhne teploty rosného bodu [10]. Vodní pára ve vlhkém zdivu v pórovité stavební hmotě proniká z místa s větším tlakem do místa s menším tlakem. Vodní pára difunduje v zimních a chladných obdobích směrem ven z budovy [5].

Z uvedeného vyplývá, že kondenzační pochody ve zdivu jsou složité, neboť souvisí s řadou faktorů, jako jsou teploty na povrchu i uvnitř zdiva, relativní vlhkost užitných prostorů, technická skladba jednotlivých vrstev konstrukce, tepelná vodivost stavebních materiálů, stupeň provlhnutí, relativní vlhkost vzduchu apod. [5]. U kondenzující vlhkosti, pokud je hlavní příčinou poruch, se objevují viditelné, nepravidelně ohraničené vlhkostní mapy:

- zdánlivě nelogicky, na různých místech v ploše zdi, často i nad „suchou“ oblastí. Takové poruchy jsou dokladem různého stavebního materiálu použitého ke zdění. Na blocích kamene, který má velkou tepelnou akumulaci nebo vytváří tepelný most, se kondenzující vlhkost projevuje nejdříve;
- v horních koutech místností a v oblastech s možností vzniku tepelných mostů – u oken, dveří apod. [8].

Pohyb vody v pórovitém prostředí

Voda, která stoupá spodní kapilárou, nepronikne přes pór velkého průměru, neboť kapilární zdvih je menší než výška kapiláry. Voda se na konci kapiláry odpaří a difunduje k protější stěně, kde pára opět kondenzuje a v tekutém stavu vzlíná kapilárami k dalšímu póru. K difúzi dochází jen v kapilárách a pórech, které nejsou zcela vyplněny vodou. Druhá síla, která působí v tomto směru, je termoosmóza. Převádí vodu ve směru k místům s vyšší teplotou, tj. v opačném směru než difúze. Obecně lze konstatovat, že difúze působí převážně v kapilárách a pórech větších průměrů a naopak termoosmóza v kapilárách nejužších. Elektrická pole ve zdivu vznikají v důsledku proudění vody kapilárními silami póry zdiva, tedy jako potenciál proudění, mohou se vytvářet ve zdivu v důsledku rozdílné pohyblivosti iontů rozpuštěných solí ve vzlínající vodě [5].

Voda vzlínající z podzákladí je nasycena množstvím rozpuštěných minerálů a solí. Tyto látky vnášené do zdiva vzlínáním postupně krystalizují a sedimentují na stěnách pórů [8]. Odpadáváním povrchových vrstev, kterému předchází tvoření boulí, si stěna obnovuje schopnost přirozeného odvádění vlhkosti ze svého nitra do okolního prostředí [5].

Počítání vlhkosti

Početní určování transportu vlhkosti se dosud spokojuje s počítáním parodifúze pomocí difúzních odporů materiálů, z nichž je konstrukce vyrobena. Ze znalosti toku vodních par a průběhu teploty v konstrukci jsou známy postupy, podle kterých je možno odhadnout, zda dojde v konstrukci ke kondenzaci vodních par a rovněž je možné stanovit roční bilanci vlhkosti konstrukce. Tyto výpočty však počítají s předem známým složením zdiva a obvykle vycházejí z nových známých stavebních materiálů. Nadměrnou vlhkostí zdiva rozumíme vlhkost hmot a materiálů ve zdivu, která podstatně zhoršuje funkci zdiva (statickou, tepelnou, elastickou) a vede k výkvětu solí a růstu mikroorganismů. Výkvěty se projevují skvrnami nebo usazeninami na stěnách v podobě prášků, shluků, krystalů, jehliček, škráloupů, kůry či barevných ostrůvků. V podstatě jde o soli, které rozpuštěné difundují na povrch omítky a při odpaření vody vykrystalizují uvedené tvary. Nejzápornější vliv u výkvětotočivých solí (tzn. u nově vznikajících sloučenin), jsou krystalické tlaky při jejich tvorbě. Tyto tlaky jsou velmi značné a zákonitě vedou k rozrušování konstrukce [5].

Poznámka

Protože na vlhkosti materiálu závisí řada ostatních vlastností, např. se vzrůstem vlhkosti stoupá objemová hmotnost, zvyšuje se tepelná vodivost, nastávají změny pevnosti, je vlhkost materiálů ve stavebním díle mnohdy zásadní vlastností, na níž závisí jeho správná funkce [5].

2. 2. 2. Mechanické namáhání hydroizolací

Tyto síly vznikají vlivem: sedání a posuvů základů stavby, pohybů způsobených botnáním ve stěnách, tlaků na základy způsobených prouděním spodních vod, pohybů způsobených smršťováním a dotvarováním, termických pohybů ve fasádě a tlaku větru. Nebezpečí při difundující vodní spáře stykem spočívá v její možné konzolidaci na chladné straně styku, kde je bariéra proti hnanému dešti. Hromadění této vlhkosti může mít za následek i strukturní změny, zejména při záporných teplotách venkovního vzduchu, kdy je nebezpečí zamrznutí takto nahromaděné vlhkosti [1].

Pokud by se v podkladech povlakových izolací mohly tvořit po realizaci trhliny, musí být povlakové hydroizolace navrženy z takových materiálů a v takových konstrukčních úpravách, aby se trhliny nepřenesly do vlastní povlakové hydroizolace [19].

Poznámka

Hydroizolace staveb musí být odolné proti působícímu mechanickému namáhání do té míry, aby nedošlo ke ztrátě funkcí, které v konstrukci plní [18].

2. 2. 2. 1. Koroze izolací

Korozní namáhání vzniká působením činitelů vyvolávajících převážně nezvratné změny vlastností hydroizolačních materiálů. Jedná se o chemické, tepelné, biologické, elektromagnetické a atmosférické vlivy. Při posuzování korozních vlivů se přihlíží nejen k působícím vnějším korozním vlivům, ale i k vzájemnému koroznímu účinku materiálů použitých v konstrukcích [18].

Poznámka

Pokud hydroizolace staveb neodolávají korozním vlivům, je nutno použít buď jiné řešení, nebo navrhnout jejich odpovídající ochranu [18].

2. 2. 3. Zatížení staveb radonem

Základním podkladem pro návrh opatření proti pronikání radonu z podloží u stávajících staveb jsou měření koncentrace radonu v obytných a pobytových místnostech, respektive určení dávkového příkonu záření gama ve vzduchu v určité vzdálenosti od stavebních konstrukcí. Požadavky na ochranu stávajících pobytových staveb při překročení směrných hodnot ekvivalentní objemové aktivity (ekvivalentní koncentrace) radonu jsou uvedeny v kapitolách 4.6-4.8 normy ČSN P 73 0601 Ochrana staveb proti radonu z podloží [8].

2. 2. 3. 1. Příklady opatření proti radonu

Balík et al. [8] uvádí následující příklady:

- v rámci podřezávání zdiva a realizace nové hydroizolace navrhnout tuto izolaci zároveň jako ochranu proti radonu;
- totéž při aplikaci povlakové hydroizolace pouze na podlaze kontaktního podloží s plynotěsným napojením na svislé nosné konstrukce, jejichž sanace se provádí jiným způsobem (např. chemickou metodou);
- využití profilovaných fólií jako hydroizolace i jako ventilační vrstvy;
- návrh podlahových vzduchových dutin, kde proudící vzduch odvádí jak vlhkost, tak radon;
- využití drenážních systémů;
- využití vhodných vodotěsných stěrkových systémů jako ochrany proti radonu z podloží i ze stavebních materiálů.

Poznámka

V případě návrhu sanace vlhkého zdiva je třeba vzít v úvahu také případný výskyt radonu v objektu a sanační zásah navrhnout komplexně [8].

2. 3. Metody sanace vlhkého zdiva

[18] ČSN 73 0600 rozeznává následující hydroizolační principy:

a) přímé hydroizolační principy:

- jednoúčelové hydroizolační materiály;
- víceúčelové materiály s hydroizolační funkcí;
- injektáže;
- penetrace a impregnace povrchů těsnícími látkami;
- hydrofobizace povrchů nebo struktury materiálů;
- vzduchové vrstvy;

- hydroakumulační efekt konstrukcí;
- elektrokinetické metody;
- tvarové řešení styků;
- těsnění styků.

b) nepřímé hydroizolační principy:

- výběr prostředí (staveniště);
- tvar objektu nebo jeho částí v prostředí;
- umístění objektu nebo jeho částí v prostředí;
- odvodnění prostředí;
- úprava prostředí (úprava teplotních a vlhkostních parametrů vnitřního vzduchu);
- dispoziční řešení prostor;
- poloha materiálů v konstrukcích;
- zvýšení povrchové teploty konstrukcí;
- změna provozního režimu konstrukcí.

2. 3. 1. Přímé metody sanace vlhkého zdiva

Základní princip funkce vzduchových dutin používaných při odvlhčování zdiva spočívá zpravidla v oddělení stavební konstrukce (zdiva, podlahy) od zdroje vlhkosti (přílehlé zeminy) pomocí větrané vzduchové dutiny, která má zajištěn trvalý přívod a odvod vzduchu [8].

Prořezávání spáry a její vyplnění vodotěsnou složkou tvořenou plastovým pásem nebo olověnou fólií spolehlivě zamezí přísunu vody do zdiva a omítka je tak spolehlivě separována od zdroje zamokření. Ne vždy je však přístupnost k objektu pro aplikaci této metody dostatečně vyhovující.

Proto je třeba považovat za nejrozšířenější metodu provádění vodorovných izolací vodotěsnými clonami vytvářenými soustavou vrtů a rýh ve zdivu, které se vyplňují chemickými gelotvornými látkami schopnými pronikat v kapalném skupenství nejen do dutin, ale i do spár a pórů ve struktuře zdiva [2]. Principem vytvoření dodatečných clon je aplikace takové hmoty do konstrukce, která zabráni dalšímu pronikání vlhkosti do zdiva. To lze provést tzv. infúzními clonami nebo vložením nové izolace do proříznuté spáry [8].

Zcela odlišné je vysoušení zdiva s omítkou elektrofyzikálními metodami ve své nejdokonalejší formě počítačem řízené elektroosmóze [2]. Elektroosmóza je jev zcela obecný a vzniká v soustavách složených z porézní pevné fáze, kde jsou póry vyplněny tekutou fází za vzniku elektrické difúzní dvojvrstvy na rozhraní obou fází.

Elektroosmotické metody jsou způsoby sanace vytvářející potenciál stejnosměrného elektrického proudu ve zdivu, který potlačuje proces kapilárního vztlínání vody [8].

2. 3. 2. Nepřímé metody sanace vlhkého zdiva

Ke snižování relativní vlhkosti mikroklimatu prostorů se využívá přirozeného proudění vzduchu (okenními nebo dveřními otvory) [8]. Nevytápěné a suterénní místnosti větrat co nejintenzivněji za každého počasí. Jedině tak budeme relativní vlhkost udržovat na přijatelném stupni a tím se zmenší i možnost vzniku kondenzační vlhkosti na stavebních konstrukcích [5]. Nejdokonalejším a technicky nejefektivnějším způsobem větrání je užití klimatizačního zařízení. Proudění vzduchu v místnosti je prospěšné také s ohledem na omezení výskytu plísní [8].

2. 3. 3. Doplnkové metody sanace vlhkého zdiva

Princip sanačních omítek vychází z faktu, že výška vztlínání vody ve struktuře porézních stavebních hmot je nepřímo úměrná poloměru pórů. Velké póry vytváří prostory, ve kterých mohou po odpaření vody krystalizovat soli v ní obsažené, aniž způsobí destrukci. Omítka propouští vodní páru, ale nikoli kapalnou vodu [2]. Velikost a rozmístění pórů je závislé i na způsobu a intenzitě míchání omítky. Vzhledem k nasákavosti kapilár i lehkých plniv se solný roztok dostává ze zdiva do omítky. Díky vysoké hydrofobitě sanační omítky pronikne voda maximálně do hloubky 5 mm sanační omítky. Praxe však ukazuje, že u sanovaných vlhkých zdí, i přes existenci tepelných mostů v dolních koutech u podlahy ke vzniku plísní nedochází. Sanační omítky i na nich aplikované nátěry mají zpravidla alkalický charakter ($\text{pH} > 7$), který vzniku plísní zabraňuje [8].

Poznámka

Komplexní sanační systém má u jednotlivých objektů výrazně individuální charakter [20].

2. 4. Navrhování sanačních metod

Při prvním předběžném výběru přiměřeného způsobu odvlhčení konstrukcí je třeba posoudit jeho reálnou vhodnost pro daný typ budovy. Ta je dána zejména výškovým osazením stavby vůči terénu, tj. úrovněmi podlaží spodní stavby k úrovním nejbližšího okolí budovy [14]. Pro stanovení efektivnosti využití nákladů na různé záměry se používá hodnotové analýzy nebo optimalizační metody [6]. Rozhodující pro úspěšnou volbu povrchové úpravy je tedy analýza příčin vlhkosti a správně navržená omítka z hlediska jejich vlastností i technologické skladby [8]. Při vyvíjení postupů pro dosažení vodotěsnosti je třeba zvažovat všechny metody a

způsoby a je třeba posoudit dvě nebo více variant z hlediska nákladů, životnosti, estetiky, vedlejších účinků a proveditelnosti [6].

Návrhy vytvořit přiměřeně suché povrchy zdiva, podlah, kleneb a stropů (a tím i přiměřeného stavu mikroklimatu vnitřního prostředí) se dělí na čtyři základní způsoby:

- odvod zavlhělého vzduchu, tj. umožnění přestupu vodní páry do atmosféry;
- vytvoření clon ve zdivu v místech pronikání vlhkosti;
- shromažďování a odvádění vody v konstrukcích do oblastí pro stavbu neškodných;
- povrchové úpravy zajišťující „vydýchávání“ vlhkosti jako řešení hlavní nebo doplňující [8].

Jednoznačně lze konstatovat, že žádné odvlhčovací opatření není jediným možným, a vždy lze zvolit variantní návrh. V případech, kdy dané řešení podle názoru projektanta není ideální, bývá obtížné určit záruky za návrh a stává se, že investor poněkud omezí své původní představy o „ideálně suchých zdech“ objektu [3].

Návrh sanace zdiva u rekonstrukcí bývá navíc stále ještě velmi často ze strany investorů podceňován, v rámci výběrových řízení bývá způsob sanace ponechán na rozhodnutí dodavatele stavby, a pokud je rozhodujícím kritériem výběru celková cena rekonstrukce, dochází ke komplikacím [10]. Volba vhodné odvlhčovací úpravy je velmi často ovlivněna také názory stavebníka. Případy, kdy nedoporučuje tu kterou úpravu, protože „mu není sympatická“ anebo „slyšel, že nefunguje“ apod. jsou časté. Naopak zase bezdůvodné doporučování některých úprav pro jejich „historický základ“ je rovněž zavádějící [14]. Autor sanačního návrhu kalkuluje s úpravami, které mu nabízí současný stavební trh. Tyto úpravy lze zásadně rozdělit mezi klasické stavební úpravy a další – spojené s jinými technickými kategoriemi a specializacemi [3].

Otázky ovlivňující výběr odvlhčovacích metod podle [4].

- Jaké jsou cíle eventuálních odvlhčovacích prací? Je potřeba zajistit bezporuchový vzhled ploch zdiva, fasád, nebo skutečně zdivo vysušit?
- Jak dlouhou dobu by mělo mít realizované opatření účinnost? Nestačí dlouhodobě provizorní řešení?
- Jaké stavební souvislosti předpokládá ta daná metoda a jak je úměrná hodnotě domu?

Vliv průzkumů stavby na tvorbu variantních návrhů

Provedení důsledného a podrobného průzkumu je základním předpokladem optimálního návrhu sanace objektu z hlediska vlhkosti a měl by vždy předcházet zpracování projektu sanačních prací [5]. V procesu návrhu nejvhodnější a přiměřené sanační metody, která zajistí vysušení zdiva, je základním bodem analýza vycházející z poznaného stavu [4]. Na základě výsledků analýzy může být navržen způsob sanace [5].

Pro návrh sanace musí investor (stavebník) zadat nebo projektant od stavebníka zjistit:

- požadované budoucí využití sanovaných prostor, zejména požadavky na vnitřní prostředí;
- požadované úpravy povrchů;
- režim užívání (zejména režim větrání a vytápění);
- požadovanou trvanlivost úprav;
- další požadované kvalitativní vlastnosti stavby po provedených úpravách [10].

Vždy je třeba objekt prozkoumávat přiměřeně – neznamená to, že při posuzování stavby před její sanací lze přehlédnout některé části průzkumů, avšak je nutno některé oblasti zdůraznit a zároveň lze některé zjednodušit – potlačit.

Hlavní motivy při tomto rozhodování:

- stavební stav budovy z hlediska poruch stavebních a statických;
- vlhkostní stav konstrukcí ve vazbě na budoucí stavební úpravy (tj. bourání a stavba nových dispozic);
- architektonicko – stavební návrh, jedná-li se o budovu s plánovanou obnovou;
- hygienické požadavky z hlediska budoucího využívání;
- podklady z hlediska finančních možností majitele a z hlediska památkové ochrany [3].

Poznámka

Každá metoda sanace má jisté možnosti použití, které musíme vždy respektovat a při jejichž použití musíme provést taková související opatření, která zajistí dlouhodobý bezproblémový provoz stavby [10].

2. 4. 1. Návrh přímých metod sanace

Téměř vždy se jedná o kombinace opatření, vesměs stavebních a specializovaných, která je možno provádět postupně. Jedna metoda však bývá vždy hlavní. Její volba je ovlivněna znalostmi o účinnosti toho kterého opatření a zejména zkušenostmi s jejich účinností v různých stavebních, geologických a hydrogeologických podmínkách [14].

2. 4. 1. 1. Mechanické metody

Ve všech případech se jedná o náhradu nefunkčních horizontálních hydroizolací nebo o vytvoření nových, pokud izolace neexistovaly. Tato metoda musí být kombinována s plošnými izolacemi podlah [11]. V případě, že rovina provádění této hydroizolace je v úrovni, či dokonce pod úrovní terénu, je nutno konstrukčním opatřením zajistit, aby nemohlo dojít k vytvoření hladiny vody nad úrovní takto vytvořené hydroizolační konstrukce. Jiná porucha může vzniknout tak, že plech se zaráží do zdiva s výplní např. z kamene, narazí na kámen a vyráží na druhé straně větší část zdiva [10].

Při prořezávání, při zarážení ocelových plechů a při provádění otvorů do zdiva jakéhokoliv druhu a jakékoliv tloušťky strojním způsobem i ručně je základní podmínkou, aby v průběhu provádění těchto prací a po jejich skončení nedošlo ke snížení mechanické odolnosti a stability objektu nebo některých jeho částí; aplikační podmínky se zjišťují průzkumnými pracemi [20]. Výhodou této technologie je i radonové odstínění [11].

2. 4. 1. 2. Chemické metody

Jako chemické sanační metody ve vztahu k sanaci vlhkosti jsou označovány metody, které používají jako hydroizolační látku chemický roztok [10]. Jako velmi účinné se doporučuje předsušení zdiva před vlastní injektáží, kdy se ohřevem docílí vysušení materiálových struktur zdiva a tím dojde k uvolnění kapilár pro bezproblémové přijmutí injektážního prostředku. Pro injektáž se používají jednosložkové nebo vícesložkové injektážní hmoty, jako například: akryláty, epoxidové pryskyřice, parafíny, polyuretanové pryskyřice, silikáty, silany, silikonáty, silikonové mikroemulze a siloxany. Základem pro volbu nejvhodnějšího injektážního prostředku je kvalitně zpracovaný průzkum zdiva, technická a projektová dokumentace sanace [8]. Možno aplikovat i jako součást protiradonového opatření [11].

2. 4. 1. 3. Elektroosmotické metody

Elektroosmotické metody je možno podle *Balík et al.* [8] rozdělit do následujících skupin:

- metoda kompenzační;
- metoda pasivní elektroosmózy;
- metoda založená na využití galvanoosmotických jevů;
- metoda aktivní elektroosmózy.

V současné době je jedinou elektroosmotickou metodou, která je zakotvena v ČSN, metoda tzv. aktivní elektroosmózy [8].

Jestliže je tedy třeba snížit množství vlhkosti ve zdivu a současně do něj minimálně zasahovat, je možné použít některou z metod založených na elektroosmotických jevech [4]. Pro snížení vlhkosti a současně s tím podstatně i snížení salinity obvodového zdiva by aplikace metody mírné elektroosmózy byla ideální [3]. Jedná se o snížení vlhkosti zdiva v celé jeho výšce s tím, že bude odsouvána i voda ve zdivu nahromaděná. Současně s odvlhčením zdiva dochází i k „odsunu“ solí a tím k menší zátěži povrchů vzhledem k budoucím omítkám [7]. Tato řešení žádným způsobem neovlivní statiku objektu a jsou vhodná i ve zdivech smíšených, která jsou spjata s rozdílnými pevnostními a chemickými vlastnostmi [11].

Zvláštní podmínky, které doplňují průzkum a jsou podkladem pro návrh elektroosmózy, jsou podle *Balík et al.* [8]:

- posouzení pH konstrukcí, které budou sanovány;
- salinita zdiva je snížena na max. zvýšený stupeň zasolení dle ČSN P 73 0610;
- ve zdivu nejsou významnější kaverny a nehomogenity;
- není překročena dvoutřetinová hodnota absolutní nasákavosti materiálů zdiva;
- zdivo není namáháno jinou než vztlínající vlhkostí, event. vlhkostí vztlínající druhotně z oblastí, kde je naakumulována.

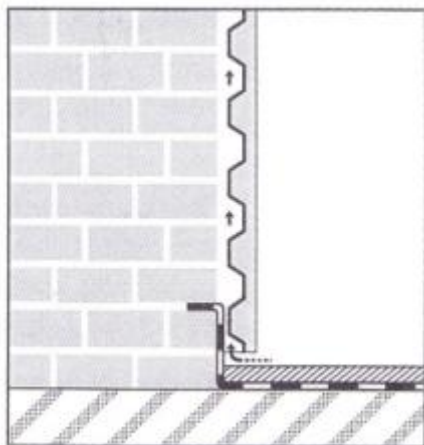
Omezit či zcela zrušit funkci elektroosmotických metod mohou elektricky neizolované kovové prvky vkládané do zdiva, jedná se např. o rozvody vody či vytápění, ocelové konstrukce zpevňující zdivo [10].

2. 4. 1. 4. Vzduchoizolační metody

Účinnost vzduchových metod je dlouhodobá a v žádném případě je nelze považovat za metody radikální [3]. Pomocí vzduchových dutin je možno snížit hmotnostní vlhkost ve zdivu maximálně o 2 až 3 % [8]. Velký vliv na odvlhčení zdi má i možnost převýšení a dosažení tzv. komínového efektu ve svislých obvodech a přívodech [11].

Tyto metody rozděluje *Balík et al.* [8] na:

- vzduchové dutiny
- ostatní vzduchové izolační systémy (izolace systémem kanálků, použití profilovaných fólií, provětrávané drenážní systémy a vhodná volba obrazu proudění vzduchu v místnosti)



Obr. 1: Profilovaná sanační fólie zdroj [11]

Vzduchové dutiny situované na vnitřní straně zvlhlé zdi mohou být z výškového hlediska umístěny:

- pod úrovní podlahy;
- nad úrovní podlahy.

Tyto dutiny nad úrovní podlahy autor [8] dále rozděluje podle způsobu řešení na: předsazené stěny a vnitřní obklady.

Předsazené stěny se provádějí např. jako cihelná příčka vyzděná na celou výšku místnosti. Velmi důležitá je zde správná volba nasávacích a výdechových otvorů, protože jimi lze výrazně ovlivnit klimatické poměry v místnosti. Vnitřní obklady se provádějí ze dřeva, sádkkartonu, plastických hmot apod. Obkladový materiál musí být odolný proti vlhkosti [8]. Nevýhodou je poměrně nižší účinnost oproti ostatním radikálnějším metodám [10]. Vybudování plošných dutin má přímý vliv na úpravu dispozice jejím zmenšením [11].

2. 4. 2. Návrh nepřímých metod

Vlhkostní režim jednotlivých místností je proto nutné zajistit odpovídajícím způsobem, především v zimním období a v místnostech s velkými zdroji vlhkosti. Provoz ventilačních systémů by měl být nezávislý na lidském faktoru. Důležité je sladit režim větrání místností tak, aby bylo odstraněno nahromaděné množství

vlhkosti a zároveň minimalizováno riziko výskytu kondenzace na chladných stěnách. V současné době se stále zvyšuje podíl místností s nuceným větráním. Tento způsob větrání zajišťuje výměnu vzduchu přesně v množství, které je pro provoz v dané místnosti nezbytné [8].

2. 4. 3. Návrh metod doplňkových

2. 4. 3. 1. Sanační omítky

V oboru odvlhčení staveb je důležité umožnit vlhkosti co největší odpar ze zdiva a naopak do zdiva propustit co nejméně vody. Z hlediska transportu vlhkosti mezi zdivem a vnějším prostředím jsou proto nejdůležitější dvě vlastnosti – paropropustnost (prodyšnost, difúzní odpor) a nasákavost (vodotěsnost). Z pohledu sanace vlhkých objektů je pochopitelně nejdůležitější skupina sanačních omítek [8].

Charakteristika

Sanační omítky je vžitý název pro typ omítky o vysoké pórovitosti a paropropustnosti uplatňovaný při obnově omítek vlhkostí poškozených historických budov, které nemají izolace proti vztlínající vodě. Účelem aplikace těchto omítek je zabránit novému provlhčení spojenému s výkvětem solí končícím destrukcí obnovených omítek [2]. Sanační omítky musí být schopny překonat i velmi vysoký obsah solí, aniž by došlo ke zhoršení jejich vlastností [10].

Složení

Složení sanační malty je různé podle výrobce, ale vždy jsou obsaženy přísady upravující zpracovatelnost a přilnavost. Nezbytné jsou rovněž látky s pěnicím a vodoodpudivým účinkem [2].

Podíl typů sanačních omítek v závislosti na objemu výroby podle hlavních surovin k výrobě uvádí *Balík et al.* [8] v následující tabulce:

Dle pojiva	75% cement 20% bílý cement 5% hydraulické vápno 10% výrobců navíc používá další pojivo – trasové vápno
Dle plniva	45% převážně křemičitý písek 30% převážně vápenec 25% převážně lehká plniva

Lehká plniva jsou perlit, pemza nebo v menší míře polystyrol [8].

Použití

Sanační omítka je účinná, pouze pokud je zdivo namáháno kapilární nebo hygroskopickou vlhkostí. Proti prosakující nebo kondenzační vodě je účinek nepatrný nebo úprava zcela ztrácí svou funkci [2]. Vyřešení vlhkosti „pouze“ sanační omítkou s obvyklou životností až 10 let bývá v mnoha případech z ekonomických důvodů opatřením dostatečným, naproti tomu i sebedokonalejší zásah zamezující škodlivým účinkům vlhkosti bez správné a kvalitní povrchové úpravy zdiva uživateli nezajistí požadovaný výsledek, tedy bezporuchový povrch omítek a stěn. Pro snížení obsahu solí ve zdivu byly vyvinuty velmi nasákové porézní omítky, tzv. kompresní omítky (obětované). Omítky tohoto typu mohou sloužit ke snížení obsahu solí ve zdivu a jsou po určité době několika měsíců až dvou let odstraněny [8].

Závěrečná poznámka k návrhu

Zvolit nejvhodnější a přiměřenou odvlhčovací metodu znamená znát její účinnost a všechny stavební podmínky při jejím použití [4].

2. 5. Provádění sanačních metod

2. 5. 1. Přímé metody

2. 5. 1. 1. Mechanické metody

Jako mechanické metody jsou označovány metody, při kterých vkládáme hydroizolaci do předem vytvořeného prostoru ve zdivu. Vložená hydroizolace dále „mechanicky“ zabrání pronikání vlhkosti do zdiva [10].

A) Dodatečné vložení vodorovné izolace do probouraných otvorů

Jde o poměrně pracnou metodu spojenou s vysokým rizikem poškození statiky stavby, pomalým postupem prací a možností vzniku následných poruch důsledkem nedostatečného vyklínování dozdívaných bloků zdiva [8]. Tento postup je velmi nákladný a připadá v úvahu pouze u určitých typů staveb [9].

B) Dodatečné vložení vodorovné izolace do proříznuté ložné spáry

Podřezání zdiva ručně

Jde o pracnou záležitost, použitelnou hlavně u cihelného zdiva do maximální tloušťky cca 45 až 60 cm v závislosti na kvalitě spáry a pevnosti maltového lože. Na tyto práce lze použít klasické tesařské pily, tzv. břichatky, případně upravené listy z katrových pil apod. [8].

Podřezávání řetězovou pilou

Zdivo musí být vyzděno v pravidelných spárách o minimální tloušťce spáry 10 mm. Podřezání je možné provádět již ve výšce 7 cm nad úroveň pojezdu stroje. Po proříznutí zdi se řezná spára vyčistí a do drážky se vloží požadovaný typ izolace. Izolace se v proříznuté spáře upevňuje natloukanými rozpěrovými klíny z plastu o dostatečné únosnosti (rozměry klínů jsou voleny dle šíře řezu a použité izolace), které se vkládají oboustranně v roztečích cca 20 až 30 cm. Jednotlivé izolační pásy fólie by se měli překrývat alespoň o 10 cm. Po realizaci zaizolování se mezera mezi klíny vyplní pod tlakem cementovou maltou s plastifikátorem (tlaková injekce spáry) [8].

Podříznutí kamenného a smíšeného zdiva lanovou pilou s diamantovým lanem

Diamantová lanová pila je určena k řezání zdiva všeho druhu a složení (kamenného, smíšeného, cihelného i betonového) bez omezení jeho šíře. Nejprve se v místech budoucího řezu vyvrtají otvory pro vložení lana (podle stanoveného postupu na konkrétním objektu ve vzdálenosti 4 až 5 m od sebe) a osadí se skupina kladek pro jeho vedení. Současně se spuštěním lanové pily musí být diamantové lano chlazeno vodou, kdy se hadice s přívodem vody přímo vkládá do vlastního řezu ve směru otáčení lana. Další postup vkládání izolačních pásů, klínování a injekce spáry je obdobný jako u podřezávání řetězovou pilou [8].

C) Dodatečné vložení vodorovné izolace zarážením desek

Desky jsou provedeny z nerezavějících materiálů (chrom-ocel, chrom-nikl-ocel, chrom-nikl-molybden-ocel) o síle plechu přibližně 1,5 mm. Plechy musí překonat odpor při rozpojování materiálu spár a tření desky. Desky jsou strojně zaváděny do spár zdiva, aniž by docházelo k jeho porušení. Jednotlivé desky se ve styku překrývají o 2 až 3 vlny, případně do sebe zapadají pomocí speciálních zámkových spojů [8]. Jedná se rovněž o velmi nákladný postup, jenž lze aplikovat pouze za určitých předpokladů [9].

2. 5. 1. 2. Chemické metody

U sanace vlhkého zdiva chemickými metodami se daří vyplnit chemickou injekční hmotou skupinu pórů s uvedeným větším poloměrem. Do postranních rýh hmota nepronikne. To má často za následek některé komplikace a zmenšení vysušovacího efektu [5].

Infúzní clony

Mechanismy zabraňování vzlínání zemní vlhkosti můžeme rozdělit do následujících skupin podle hlavních principů působení:

- utěšňující kapiláry (u těsnících injektáží má aplikovaná látka za úkol penetrovat do pórů zdiva, ucpat je a chemickou reakcí ztuhnout do nepropustné formy);
- zužující kapiláry (injektažní látka zužuje průřez pór, tím se snižuje kapilární nasákavost. Vysoušecího účinku se docílí tím, že odpaření vlhkosti na povrchu materiálu je větší než její přísun)
- odpuzující vodu (hydrofobizační)
- kombinující jednotlivé principy [8].

Infúzní prostředek potom dle použitého druhu vytváří ve struktuře zdiva hydroizolační clonu s převážně utěšňovacími nebo vodoodpudivými vlastnostmi. Velmi důležitým parametrem je penetrační schopnost prostředku, která v podstatě určuje a limituje maximální osovou vzdálenost vrtů ve zdivu. Úklon vrtů závisí zejména na skladbě a tloušťce zdiva a dále na použité technologii injektáže. Velmi důležité je před vlastní injektáží odstranit prach a zbytky vývrtů z vrtaných otvorů tak, aby nebylo bráněno působení kapilární nasákavosti zdiva. To se většinou provede pomocí vzduchových kompresorů – vyfoukáním nebo odsátím. Za určitou dobu od vsáknutí předepsaného množství roztoku do zdiva se vrty vyplní vápenocementovou maltou nejlépe s hydrofobizačními vlastnostmi, případně maltami zvláštními. Při provádění injektáže se spotřeba infúzního prostředku a další důležité poznatky s injektáží spojené zásadně dokumentují protokolem. Injektování je třeba provádět tak dlouho, dokud není vytvořena souvislá vodorovná clona [8].

Pro napouštění zdiva **metodou následné infúze** se používají ekologicky nezávadné materiály. Základní princip metody spočívá v tom, že do struktur zdiva jsou postupně napouštěny dva infúzní prostředky, z nichž jeden má utěšňující a druhý výrazně hydrofobizační vlastnosti. Napouštění vrtů se provádí z nádobek umístěných v určité výši nad vrty v rozmezí od cca 0,5 do 2 m.

Termicky aktivovaná injektáž oproti ostatním zahrnuje v pracovním postupu mezi vyvrtáním a vlastní injektáží proces vysušení izolovaného zdiva, což má příznivý dopad zejména na účinnost metody a následnou pevnost izolovaného zdiva. Plnění se vesměs provádí sérií zabudovaných jehel. Přirozené vysychání konstrukcí je zkráceno oproti ostatním metodám zhruba na polovinu. Okamžitě jsou zlepšeny tepelně technické parametry zdiva, což zlevňuje vlastní provoz objektu [8].

Poznámka

V každém případě by injektáž měl navrhnout projektant a provedení sanace by měla dělat specializovaná firma opět pod dohledem projektanta – specialisty [10].

2. 5. 1. 3. Elektroosmotické metody

Historie provádění těchto metod

Elektroosmóza je jako jev známá již od počátku 19. století, avšak k vysoušení zdiva byla použita poprvé v roce 1940 [4]. K praktickému využívání elektroosmotického efektu při vysušování zvlhlého zdiva došlo v první třetině 20. století. Do Československa tato metoda přišla v roce 1960 a stala se zde velmi populární [8]. Dnes se užívá s velkým úspěchem v různých modifikacích na celém světě a je neustále jednak metodicky, jednak materiálově zdokonalována [4].

Charakteristika těchto metod

Princip elektroosmózy spočívá v tom, že voda se za určitých podmínek pohybuje v elektrickém poli směrem od anody ke katodě. Na elektrody zabudované ve vlhkém zdivu se přivádí napětí (kolem 50 V) a proces vysušování odpařováním vody probíhá řízeně v závislosti na druhu zdiva, obsahu vody a stupni zasolení [2]. Obě elektrody jsou napájeny z vlastního elektrického zdroje [7]. Elektroosmotické metody tedy kalkulují s vodivostí stavebního materiálu, která je podpořena vlhkostí a salinitou. Zjednodušeně lze říci, že čím je obsah vody ve zdivu větší, tím je zdivo elektricky vodivější, a naopak – při vysušování se zvyšuje elektrický odpor [4]. Pokud není systém řešen kovovými prvky, které by podléhaly korozi, je jeho účinnost prakticky neomezená [7]. Tato metoda je obvykle doplňována souběžným aplikováním sanačních omítek [2].

Princip a umístění zařízení

Metoda aktivní elektroosmózy využívá ke své odvlhčovací funkci elektrický okruh, skládající se z následujících částí:

- řídicí skříňka;
- kladná elektroda;
- záporná elektroda;
- vodivé propojení – vodiče prvního stupně;
- vlastní zdivo – vodič druhé třídy [8].

Kladná elektroda

Elektroda je dotována stejnosměrným proudem z napáječe a bývá instalována na zdivo pod omítku nebo do vyfrézované drážky ve zdivu. Kladné elektrody mají

nejčastěji tvar sítěky výšky mezi 250 až 300 mm s přiloženým kabelem uchyceným prostřednictvím mechanických přichytek. Vždy musí být splněna zásada osazení kladné elektrody ve vyšší úrovni než opačný pól elektrického druhu (elektroda záporná). Vzdálenost elektrod by neměla překročit 3,5 m a kladná elektroda by neměla být umístěna pod úroveň terénu.

Záporná elektroda

Elektroda je dotována stejnosměrným proudem z napáječe a bývá instalována do paty zdiva, pod podlahu či do země [8]. Katody (záporný pól) jsou tvořeny speciálními tyčemi, uloženými do vývrtů pod podlahami suterénů a v terénech [7]. Tyče bývají vyrobeny z elektricky vodivého, grafitem plněného plastu a jsou navzájem propojeny kabelem opatřeným dvojitým izolačním pláštěm [8].

Řídící skřínky

Hlavní funkce řídicích skříněk, jak uvádí *Balik et al.* [8] jsou:

- transformace napětí;
- snímání proudu elektroosmotického okruhu;
- zaznamenávání času funkce zařízení;
- umožnění zapojení více funkčních okruhů.

Spotřeba proudu elektroosmotického zařízení je odhadnuta v prvním roce provozu na cca 25 až 100 kWh na 100 běžných metrů zdiva a snižuje se nakonec až na 5 až 20 % počáteční hodnoty [8].

2. 5. 1. 4. Vzduchoizolační metody

Na sanované zdi se oseká omítka do výše 800 mm nad úroveň zvýšeného zavlhčení a vyškrábou se spáry do hloubky 20 mm. Pokud to soudržnost zbývající malty a únosnost zdiva dovoluje, je vhodné ponechat spáry ve zdivu proškrábané, aby byla na stěně vytvořena co největší odpařovací plocha [8]. Vliv vody vztlínající z podzákladí se poněkud zmenší jejím vydýcháváním do vzduchové dutiny [3]. Kombinací k této úpravě jsou tzv. infuzní clony, které utěsní zdiva ve vytipovaných oblastech. Nepropustná bariéra vznikne naplněním vrtů ve zdivu chemickou směsí, která má hydrofobní, event. utěšňující účinky. Doporučuje se použití chemické směsi, ekologicky nezávadné, vodou rozpustné, například silikonových mikroemulzní nebo směšného prostředku [7].

Hlavní zásady při použití přirozených vzduchových metod zmiňuje *Bláha, Bukovský* [10]:

- nasávání by mělo být v interiéru, výdech v exteriéru s co největším převýšením (ideální je využití starých komínových průduchů nebo vytvoření falešného dešťového svodu na fasádě);

- u suterénních kanálů je nutné dbát na dostatečný průřez a zejména zamezit zatékání (kanál pak může objekt zavlhčovat – funguje jako drenáž stahující vodu k objektu);
- odvětrávané zdivo pokud možno očistit, odstranit omítku (umožnit co nejsnazší difuzi vodních par).

Vhodné odvětrávací systémy jsou budovány, jak zmiňuje *Balík* [12] jako:

- Dutina v interiéru s přívodem i odvodem vzduchu do atmosféry. Může být spojena s „dutinovým soklem“ (je třeba počítat s dílčí změnou mikroklimatu z hlediska tepelného hlediska tepelně technického).
- Vzduchová dutina pod úrovní terénu. V případě rozdílných nivelet částečně nebo v celé výšce s přívodem vzduchu z interiéru. Řešení je vhodné za předpokladu odvodu vzduchu do atmosféry.
- Soklové části s využitím „vzduchové dutiny“. Velmi časté řešení, jehož účinnost je znásobena eventuálním propojením s interiéry. Tato úprava je doporučena v co nejširším rozsahu.

Poznámka

Účinnost vzduchových metod je velmi omezená a málokdo je umí navrhnout tak, aby skutečně odváděly difundovanou páru ze zdiva ven do atmosféry. Často se stává, že objekt ochlazuje a naopak přivádějí vodu do zdiva [15].

2. 5. 2. Nepřímé metody

2. 5. 2. 1. Použití přirozeného odvětrávání interiérů

Vlhkost může být z vnitřního prostoru velmi rychle odvedena krátkou výměnou vzduchu v místnosti za vzduch zvenku (průvan příčným a nárazovým větráním). V zásadě platí, že při nárazovém větrání trvá výměna vzduchu v místnosti dvakrát až třikrát déle než při příčném větrání. Navíc platí, že čím chladnější je v zimě venkovní vzduch, tím kratší může být doba větrání, neboť chladnější vzduch je sušší, a proto může při ohřátí pojmout a odvést větší množství vlhkosti z místnosti [9].

Účinky větrání		
Způsob větrání	Poloha oken a dveří	Doba trvání výměny vzduchu *
Příčné větrání	Okna či dveře, umístěné naproti sobě, jsou zcela otevřené	1 – 5 minut
Příčné větrání	Okno vyklopené, protější dveře nebo další okna zcela otevřené	15 – 30 minut
Nárazové větrání	Okno zcela otevřené, všechna protější okna i dveře zavřená	5 – 10 minut
Nárazové větrání	Okno otevřené napolo, protější dveře nebo okna zavřená	10 – 15 minut
Nárazové větrání	Okno vyklopené, protější dveře nebo okna zavřená	30 – 60 minut

* odhadované hodnoty pro menší a středně velké místnosti

Pehle [9]

2. 5. 2. 2. Použití zařízení s nuceným oběhem vzduchu

K urychlení vysoušení jsou velmi často používány vysoušeče – odvlhčovače. Urychlování procesu vysoušení však obsahuje určitá rizika, protože při vysoušení mohou vzniknout povrchové dutinky, tzv. kavity, které následně způsobují urychlené vysoušení pouze povrchu zdiva, zatímco zbytek vlhkosti zůstává uvnitř materiálu [8].

Hygrostaty

Ventilátory se zabudovanými senzory vlhkosti, tzv. hygrostaty, se používají všude tam, kde je žádoucí, aby relativní vlhkost vzduchu nepřekročila přípustnou mez. Jakmile vlhkost vzduchu klesne, přeruší se rovněž elektrické napájení přístroje [9]. Pehle dále rozlišuje následující typy ventilátorů:

- stěnové ventilátory – ventilátor je umístěn před kulatým větracím kanálem o průměru 10-15 cm;
- potrubní ventilátory instalované do větracích kanálků;
- okenní ventilátory – větší ventilátory, které se instalují do malého otvoru v okně.

V oblasti klasického odvlhčování uzavřených prostor existují dva druhy přístrojů, adsorpční a kondenzační [8].

Odvhlčování na principu adsorpce

Vlhký vzduch z místnosti se nasává skrz pórovitý, chemicky impregnovaný materiál, který absorbuje vlhkost. Když materiál absorbuje určité množství vody, tak se nasatí a musí se regenerovat. Regenerace se provádí profukováním horkého vzduchu skrz materiál, čímž se absorbovaná voda odpaří a odvede v profukovaném vzduchu. Tato metoda je použitelná ve velkém rozsahu teplot [8].

Odvhlčování pomocí kondenzace

Vlhký vzduch je nasáván do přístroje pomocí ventilátoru. Ve výparníku se vzduch ochlazuje, a když jeho teplota klesne pod rosný bod, vodní pára se sráží v kapkách, které jsou odváděny do odtoku či kontejneru. Následkem tepla uvolněného ve výparníku a pracovní energie kompresoru přeměněné na tepelnou energii se do vzduchu vrací více tepla, než z něj bylo získáno. Je žádoucí, aby proces probíhal v uzavřené místnosti bez dodávky nového svěžího vzduchu z vnějšího okolí místnosti [8].

2. 5. 3. Doplnkové metody

2. 5. 3. 1. Sanační omítky

Způsob provedení sanační omítky na zdivo je dosti náročný. Zásady, které je nutno dodržet:

- Poškozenou, drolivou omítku je třeba odstranit až do výšky o minimálně 0,5 metru nad poruchou včetně poškozeného zdiva.
- Na takto připravený povrch provést kotvící vrstvu (podhoz).
- První jádrovou sanační omítku je třeba provést v tloušťce min. 10 mm tak, aby volba tloušťky vycházela ze zjištěného stupně zasolení zdiva. Povrch této vrstvy se pouze stahuje a povrchově zdrsňuje.
- Druhou vrstvu sanační omítky provést nahozením nebo strojní omítačkou v tloušťce minimálně 15 mm.
- Po částečném vyžrání (alespoň 2 dny) ji uzavřít štukovou sanační vrstvou s hydrofobizační přísadou.
- Pokud je omítka finálně upravována nátěrem je třeba volit nátěrovou hmotu s nízkým difúzním odporem pro vodní páru, nejlépe silikátovou barvu [2].

Nejčastější chyby při provádění sanačních omítek, jak uvádí *Balík et al.* [8]:

- podklad, zdivo, není dostatečně očištěn a připraven;
- zdivo je nedostatečně pevné a rozpadá se;
- sanační podhoz je nanesen v příliš silné vrstvě;

- místo relativně měkké porézní podkladní omítky při celkové tloušťce sanační omítky nad 4 cm je použita vyrovnávací malta s příliš velkou pevností (vznik trhlin);
- sanační omítka je nanesena v rozdílných tloušťkách;
- tloušťka vrstvy sanační omítky je příliš malá;
- přesah sanační omítky nad hranici původní vlhkosti zdiva je nedostatečný;
- při provádění dvouvrstvého sanačního systému je první vrstva sanační omítky nedostatečně zdrsňena;
- sanační systém není míchán podle předpisu výrobce (nedostatečný obsah vzduchových pórů nebo naopak ztráta pevnosti kvůli přemíchání);
- povrchová úprava sanačního systému má příliš nízkou paropropustnost anebo příliš malou vodoodpudivost;
- na upevnění elektroinstalací je použita sádra.

Poznámka

Samozřejmě je nutno připomenout, že největší vliv na životnost omítek má celková receptura, zejména přesný druh použitého pojiva [8].

2. 5. 3. 2. Hydroizolační a těsnící prostředky, nátěrové hmoty

Použití různých druhů hydrofobizačních prostředků, které zvyšují odpor povrchu proti pronikání vody, je třeba posuzovat i z pohledu na požadovanou propustnost povrchových vrstev v celém rozsahu historie tepelně vlhkostních parametrů vnějšího prostředí a konstrukce. Hrubou chybou je použití hydrofobizačních prostředků pro odstranění vlhkosti ze zdiva [5]. Nátěry se navrhují pro omezení absorpce vody, difúze vodních par i difúze agresivních kapalin a plynů povrchem betonu [6]. Spáry mezi okenními a dveřními rámy a okolními stavebními prvky musí být proti pronikající vlhkosti utěsněny pružným materiálem [9]. Utěsněné spáry musí zachycovat a přenášet mechanická, chemická a tepelná namáhání a jsou vystaveny nepříznivým účinkům působení světla, kyslíku a vlhkosti, které urychlují jejich stárnutí [1].

2. 5. 3. 3. Ochrana proti biokorozi materiálů

Kde je zvýšená vlhkost, tam je splněna základní podmínka pro růst mikroflóry, která sužuje jejich uživatele. Jedná se především o bakterie, sinice, houby, řasy, lišejníky, mechy a o dřevokazný hmyz [10]. Jako prostředky na ochranu dřeva jsou označovány látky, které chrání dřevo před napadením houbami a hmyzem [9].

2. 5. 3. 4. Odsolování zdiva

V současnosti se ve stavební praxi využívají dva principy snižující destruktivní vliv solí: redukce obsahu solí a používání speciálních materiálů odolných vůči působení solí [8].

A) Redukce obsahu solí

Pro odsolování se v praxi využívá několik fyzikálně – chemických jevů spojených s migrací vodorozpustných solí: kapilární transport, difúze a osmóza, případně elektrokinetické jevy.

Odsolování pomocí obkladů a adsorpčních omítek

Tento způsob je založen na principu kapilárního transportu a difúze. Pro odsolování se používají inertní nasákové materiály – sorbenty jako buničina, kaolín, bentonit, křemelina nebo i chudé vápenné omítky. Z principu metody je zřejmé a experimentálně i potvrzené, že proces odsolování probíhá jenom v přítomnosti vlhkosti. Rovněž nezbytně nutný je dobrý kapilární kontakt obkladu s povrchem odsolovaného materiálu. Při přerušení kontaktu, například při vyschnutí obkladu nebo jeho odtržení, se migrace solí zastavuje [8].

Pro odsolování stavebních konstrukcí se používají odsolovací neboli adsorpční omítky. Obvykle se jedná o chudé vápenné omítky, tzv. obětované, nebo omítky s hydraulickým pojivem se speciálními aditivami pro úpravu porozity a distribuce velikosti pórů.

Odsolování elektroosmotickými metodami

Vysušování zdiva aktivní elektroosmózou je z cca 80 % i metodou, která zdivo zbavuje vodorozpustných solí (nuceným pohybem iontů v elektrickém poli a migrací vody, která při „proudění“ zdivem s sebou soli „unáší“).

Další odsolovací metody

Na modelových objektech se v současnosti testují a vyvíjejí metody využívající vakua, tlakové vody nebo kombinací tlakové vody a vakua k „promývání“ a extrakci solí z porézních materiálů.

B) Používání materiálů odolných vůči působení solí

Tato opatření zahrnuje především používání tzv. sanačních omítek [8].

2. 6. Průzkumy staveb pro projekt sanace vlhkého zdiva

Tyto průzkumy podle [5] obsahují:

- posouzení technického stavu konstrukcí objektu z hlediska statické bezpečnosti celé stavby nebo těch jejích částí, na kterých se sanace vlhkého zdiva realizuje,
- průzkum podzemního a nadzemního zdiva objektu a na druhy a obsahy solí tvořících výkvěty, chemickou analýzu event. podzemní vody, vyskytující se v kontaktu se základy stavby,
- posouzení biologického napadení,
- posouzení inženýrsko- geologických a hydrogeologických poměrů objektu a jeho blízkého okolí a posouzení základových poměrů stavby ve vztahu k uvažovanému sanačnímu zásahu.

Cílem průzkumu je co nejlépe vystihnout a určit příčiny vzniklých vad a poruch omítky, což nelze pouze dílčí samostatnou prohlídkou provést. Je nezbytně nutné provést průzkum na zjištění stupně provlhčení a zasolení zdiva [2]. Průzkum vlhkosti sanovaného stavebního objektu by měl být zpracován již ve fázi úvodních stupňů projektové dokumentace, minimálně od stupně zadání stavby. Realizace sanačních opatření může totiž výrazně ovlivnit i navrhované řešení objektu (dispozice, způsob využití jednotlivých prostor) a cenu rekonstrukce, v mezních případech může vést i ke změně původního investičního záměru [5].

2. 6. 1. Obsah průzkumu

Průzkum, který je podkladem pro vlastní sanační návrh, obsahuje téměř vždy technickou zprávu a schéma vyhodnocení, protokoly o měření, často i schéma technického řešení a odhad nákladů [8].

Průzkumy lze podle *Bláha, Bukovský* [10] rozdělit na:

- konzultace spojená s prohlídkou stavby – stavebník chce jen první informaci a zjišťuje, zda vůbec průzkum bude potřeba, nebo má již jasnou analýzu stavu a chce jen upřesnit detaily;
- orientační průzkum – jednoduché zhodnocení stavu objektu bez většího poměru exaktního měření, obvykle založen především na empirii;
- podrobný průzkum včetně měření a zkoušek, obvykle spojený s orientačním návrhem dalšího postupu.

Průzkumy, které je třeba zpracovat vždy, jsou dle *Balík et al.* [8]:

- místní šetření na stavbě;

- zjišťování hmotnostního obsahu vody na stavbě – vlhkostní průzkum;
- informace o podzáklaď a vlastnostech okolního terénu;
- průzkum salinity;
- průzkumy z hlediska biokoroze;
- průzkumy archivní.

2. 6. 1. 1. Předběžný stavebně-technický průzkum

Slouží ke zjištění informací spíše obecného charakteru, které jsou nezbytné pro stanovení druhu a příčin poruch a zároveň k posouzení, je-li nutný hydroizolační zásah do objektu [16]. Předběžné stavebně-technické průzkumy se provádějí za plného provozu objektu před zahájením projekční přípravy a specifikují druh, rozsah a kvalitu dalších informací, které je nutno získat pro další rozhodovací fáze [5]. Předběžný průzkum musí zahrnovat i průzkum mechanicko-fyzikálních vlastností zdiva tj. specifikace podkladu, drolení povrchové vrstvy [2].

Způsob provádění průzkumu podle [5]:

- shromáždění a studium dostupných podkladů (archivní materiály, výkresová a verbální dokumentace objektu vč. zjištěných dodatků a změn),
- vizuální prohlídka objektu, jeho konstrukcí a nejbližšího okolí (smyslové metody).

Základem předběžného průzkumu jsou smyslové metody, které podle [5] zahrnují:

- zjištění poruch, narušení trhlinami, rozpad, přetvoření konstrukcí, provlhnutí, výkvěty,
- odezvy konstrukce na poklep,
- kvalitu povrchů, tvrdost, drsnost, rozpad,
- zápach plísní a hniloby apod.

Během předběžného průzkumu by nemělo být opomenuto podrobné vyzpovídání osob, které objekt užívají či vlastní, se zaměřením na zjištění materiálového složení konstrukcí, stáří stavby, charakteru základové půdy a základů, popis možných přestaveb objektu atd. [8]. Velmi důležitá je analýza případných změn v užívání objektu a již provedených přestaveb, které mohou mít zdánlivě nečekaný vliv na stav vlhkosti v jiných částech objektu [10].

2. 6. 1. 2. Podrobný stavebně-technický průzkum

Obsahuje práce, které jsou nutné pro získání všech potřebných informací pro návrh optimální metody dodatečných hydroizolací a zajištění všech potřebných podkladů pro projektové práce [16].

[5] uvádí, že tento průzkum doplní základní průzkum o:

- aktualizaci stávajícího stavu objektu,
- konkretizaci geologického profilu podloží včetně hydrogeologických poměrů,
- fotografickou dokumentaci stávajícího stavu,
- specifikaci možných příčin zjištěných vad a poruch konstrukcí,
- specifikaci exaktních hodnocení jednotlivých konstrukcí a materiálů, vyžadující aplikaci destruktivních průzkumných metod.

Dále je pochopitelně důležité zjistit, v jaké fázi přípravy, výstavby nebo době užívání stavby vznikly podmínky k poškození objektu nebo příčiny poruch způsobených vlhkostí [10]. Informace získané v této etapě je nutno zpracovávat v takové úrovni, aby byly dostatečným podkladovým materiálem pro zpracování projektové dokumentace. Mimořádnou pozornost po podrobném průzkumu je třeba věnovat průzkum a zjištění stavu nosných konstrukcí, které rozhodujícím způsobem ovlivňují následný rozhodovací proces [5].

2. 6. 1. 3. Doplnkový stavebně-technický průzkum

V doplnkovém stavebně-technickém průzkumu se zpřesní a doplní chybějící technické údaje o materiálech a konstrukcích, provede se zhodnocení analýzy příčin a závažnosti poruch, důsledků vyplývajících z navrhovaných úprav a změn, doplnkové prověření exponovaných částí apod. [8]. V rámci této etapy průzkumu se prakticky provádí pouze přehodnocení sporných závěrů předchozích průzkumových stupňů. Provádí se převážně destruktivní metody, vyžadující odběr vzorků a jejich vyhodnocení v laboratoři [5].

Posouzení statické bezpečnosti

Vyhodnocení stavebně technického stavu kvality a funkční způsobilosti stavebního objektu je důležitým podkladem pro sanace, popř. konstrukce. Pro posouzení statické bezpečnosti pro stavebně-technický průzkum zjišťujeme především:

- stav konstrukce budovy, způsob jejího provedení, geometrické uspořádání, odchylky od projektu, změny a pozdější úpravy, konstrukční řešení a uspořádání,
- druh, kvalitu a stav materiálů, složení konstrukcí,
- poruchy a vady konstrukcí a jejich příčiny, povahu a velikost zatížení, historii zatížení a vlivů,
- vlhkostní režim stavby, stav vlhkosti jednotlivých materiálů a konstrukcí,
- stav dřevěných konstrukcí a částí stavby,

- stav základové konstrukce a hydrogeologické podmínky,
- faktory vnějšího prostředí, okolní stavební činnosti a zástavby, které mohou mít vliv na posuzovaný objekt [5].

2. 6. 2. Průzkum vlhkosti zdiva

Důkladně provedený průzkum vlhkosti nám dá větší či menší množství dat k analýze a návrhu dalšího postupu. Správné určení příčin vlhkosti je rozhodující pro úspěšnou sanaci objektu [10]. Pro snazší orientaci je možno jej rozčlenit na několik fází: zadání, shromažďování podkladů, vlastní průzkum, analýza stavu a zjištěných skutečností a koncepční návrh sanačních opatření (může být doplněn odhadem nákladů). Součástí vlhkostního průzkumu staveb je často i měření relativní vlhkosti vzduchu v místnostech a prostorách objektů a měření povrchové teploty podzemních a nadzemních zdí. Tato měření se provádí pro rozhodnutí o ochraně zdiv proti vodě kondenzační [5].

2. 6. 3. Průzkum salinity zdiva

Průzkum by se neměl omezit jenom na zjištění typu a koncentrace solí, ale velmi důležité je i zjištění distribuce solí, tj. jejich hloubkové i plošné rozložení, nebo jinými slovy tzv. výškový a hloubkový profil zasolení [8]. Zkoušky salinity jsou velmi důležité i v případech, že na zdivu nejsou patrné charakteristické mapy [11]. Závady na zdivu a zejména na plochách jsou často viditelně způsobovány vysokou salinitou, tj. obsahem vodorozpustných solí ve zdivu. Stanovení skutečného obsahu solí se provádí na základě laboratorně odebíraných vzorků [8]. Míra salinity se hodnotí obsahy síranů, chloridů, a dusičnanů ve zdivu. Udává se v hmotnostních % každé soli nebo v mg soli na hmotnostní jednotku stavebního materiálu [5]. Výsledky průzkumu salinity zdiva rozhodují o způsobu provedení sanačních omítek na dané stavbě [2].

2. 6. 4. Hydrogeologický průzkum

Příslušné údaje se zpravidla shromažďují z geologických map, eventuálních dřívějších průzkumů základové půdy nebo provedením kopaných sond podél zdi stavby až pod základovou spáru [5]. Součinnost projektanta navrhujícího sanaci objektu se specialistou na geologický průzkum je důležitá především pro určení rozsahu a umístění sond [10]. Základní otázkou, na kterou by měl průzkum sond odpovědět, je, zda složení půdy v této oblasti umožňuje shromažďování vody a zda bude trvalé nebo nárazové a za jakých podmínek k němu bude docházet [8]. Protože mnohdy skutečné provedení základů neodpovídá dokumentaci, je téměř vždy nutné provést alespoň dílčí ověření skutečného způsobu založení a stavu základových

konstrukcí. Sondáží se ověří rozměry, hloubka a použitý materiál základů [5]. Velmi důležitou součástí je zejména zjištění úrovně hladiny podzemní vody [10]. Výška hladiny vody naražené nebo ustálené v průzkumné sondě je pouze informativní. Zpráva inženýrsko-geologického průzkumu musí obsahovat chemický rozbor vzorků podzemní vody [19].

2. 6. 5. Průzkum speciální

Pro doporučení aplikace elektroosmotické metody je třeba rozsah průzkumů podle 2. 6. 2. až 2. 6. 4. ještě rozšířit o průzkum, který je pro její realizaci nezbytný; jde zejména o měření elektrického potenciálu ve zdivu a v zeminách, zjišťování elektrolytické vodivosti zdiva, kyselosti zdiva, charakteru zemin, základových půd aj. Mezi speciální druhy průzkumů patří rovněž analýza vody, která je v kontaktu se stavební konstrukcí a zjišťování výskytu a druhu hub, plísní a mikroorganismů na povrchu a ve struktuře zdiva [20].

2. 6. 6. Protokol o průzkumu

Obsahem technické zprávy, jak uvádí *Balik et al.* [8], je:

- charakteristika daného objektu a popis jeho poruch, stáří, jeho konstrukční řešení, popis okolí objektu a jeho provozních podmínek;
- seznam použitých podkladů;
- výsledky archivního zkoumání a místního šetření;
- vlastní měření vlhkosti i salinity, biokoroze apod., včetně srovnávacích normových údajů;
- analýza, tj. zjištění příčin poruch;
- orientační řešení problému, tj. předběžné návrhy na snížení vlhkosti zdiva;
- závěr, který stanoví další podmínky pro vypracování zvlhčovacího návrhu.

2. 7. Projekt sanace vlhkého zdiva

Při projektování odvlhčení zdiva je nejpodstatnější znalost daného objektu a zjištění všech příčin zavlhčení. Zjištění příčin zavlhčení a znalost stavby po stránce konstrukční i technologické, jakož i hydrogeologické blízkého okolí, jsou základním předpokladem pro stanovení „diagnózy“ a následného návrhu, čili projektu na řešení sanace [16]. Základními podklady, které obsahovaly výchozí informace pro sanační návrhy, jsou dle *Balíka* [12] následující:

- projektová dokumentace návrhu obnovy;
- vlastní šetření na místě a konzultace s autory architektonickostavební části projektu;

- předchozí stavebně technické průzkumy;
- nejdůležitější informace však byly obsaženy ve výsledcích – protokolech o měření vlhkosti a salinity a zkušenosti s účinností navržených metod u budov srovnatelného stáří, lokalizovaných v podobném prostředí.

2. 7. 1. Postup zpracování projektu

Smlouvy

V případě sanace vlhkosti se jedná zejména o následující typy smluv:

- smlouva o dílo na provedení stavebních úprav, oprav stavby;
- smlouva o dílo na zpracování průzkumu vlhkosti;
- smlouva o dílo na zpracování projektové dokumentace;
- smlouva o provádění odborného dozoru nad prováděním stavby (pokud je tento vztah požadován zákonem);
- smlouva o výkonu autorského dozoru projektanta či architekta;
- smlouva o výkonu technického dozoru [10].

2. 7. 2. Náležitosti projektu

Podle [20] ČSN 73 0610 obsahuje každý projekt:

- technickou zprávu jednoznačně určující požadavky na jakost a charakteristické vlastnosti sanovaných a navazujících konstrukcí stavby i požadavky na související úpravy navrhované v rámci dalších profesí; technická zpráva obsahuje protokol o průzkumu;
- výkresy znázornění sanovaných stavebních konstrukcí v měřítku zpravidla 1 : 50 s detaily v měřítku až 1 : 1 a s textovými vysvětlivkami a popisy.

Poznámka

Pokud to projekt vyžaduje, je nutné navíc přiložit výpočty.

2. 8. Podmínky pro užívání sanačního systému

Uživatelé objektů musí být po sanaci vlhkého zdiva prokazatelně seznámeni se zákazem jakéhokoliv svévolného zásahu do sanačního systému. Na objektech a v jeho blízkém okolí nesmí být prováděny takové stavební a jiné práce, které by nepříznivě ovlivnily původní vlhkostní podmínky zdiva a základové půdy [20].

2. 9. Kontrola jakosti a účinnosti sanačních prací

Kontrola jakosti a účinnosti provedených sanačních prací se provádí v případech odůvodněných pochybností o funkci provedených sanačních opatření ze strany zadavatele prací nebo uživatele objektu v době do skončení záruční doby na provedené sanace [20].

U sanovaných staveb vždy platí, že přípustný výpar vlhkosti z konstrukcí do vnitřního prostředí je omezen požadavky na vlhkost vzduchu a jeho výměnu [10]. Rozhodujícím hlediskem při hodnocení je zbytková vlhkost a oblast, ve které zůstává [11]. Účinnost realizovaného sanačního systému se hodnotí objektivním posouzením míry vysušení zdiva. Stupeň účinnosti sanace na základě měření obsahu vlhkosti ve zdivu $W_{\dot{u}}$ se určuje podle vztahu:

$$W_{\dot{u}} = \frac{(F_1 - A) - (F_2 - A)}{(F_1 - A)} \times 100 \quad (\%)$$

kde F_1 je hmotnostní obsah vlhkosti ve zdivu před prováděním sanace;

F_2 je hmotnostní obsah vlhkosti ve zdivu za dva roky po skončení sanace;

A je rovnovážná vlhkost (zemní vlhkost) nenamáhaného zdiva v teplotních a vlhkostních podmínkách cca 5 °C a 85 % relativní vlhkosti okolního prostředí; pro starší a v předchozím období nikoliv nadměrně zasolené cihelné zdivo se uvažuje $A = 3$ % hmotnostní.

Poznámka

Stupeň účinnosti sanace $W_{\dot{u}}$ by za dobu dvou roků neměl být nižší než 50 % [20].

3. CÍLE TÉTO DIPLOMOVÉ PRÁCE

3. 1. Hlavní cíle práce

Hlavním cílem této práce je obecné seznámení s problematikou nadbytečné vlhkosti ve stávajících objektech, navržení technicko-technologického postupu směřujícího k odstranění vlhkosti z konkrétního rodinného domu a dále analyzování jednotlivých variant včetně jejich ekonomického posouzení.

3. 2. Dílčí cíle

- posouzení radonového rizika
- charakteristika projevů vlhkosti ve vybraném objektu a stanovení možných příčin
- popisy jednotlivých variant včetně návaznosti na odstranění plísní z objektu
- stanovení předpokládaných cen u těchto variant
- výběr varianty nejvhodnější včetně zdůvodnění

3. 3. Soulad návrhu s legislativou

Návrh musí být v souladu se zákonem 183/2006 O územním plánování a stavebním řádu, dále s vyhláškami MMR: č. 496/2006 Sb. O dokumentaci staveb, č. 526/2006 Sb., č. 268/2006 Sb. O obecně technických požadavcích na výstavbu a na závěr i v souladu s ČSN P 73 0600 Hydroizolace staveb – Základní ustanovení a s ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva.

4. METODIKA PRÁCE A MATERIÁL

4. 1. Výběr a charakteristika objektu

Toto téma jsem si zvolil ze dvou důvodů, za prvé jsem spojil potřebné (nutnost výběru diplomové práce) s užitečným (v objektu, ve kterém bych do budoucna rád bydlel, se vyskytuje vlhkost znemožňující plnohodnotné vyžívání tohoto objektu) a za druhé mě vlastní problematika vlhkosti celkem zaujala.

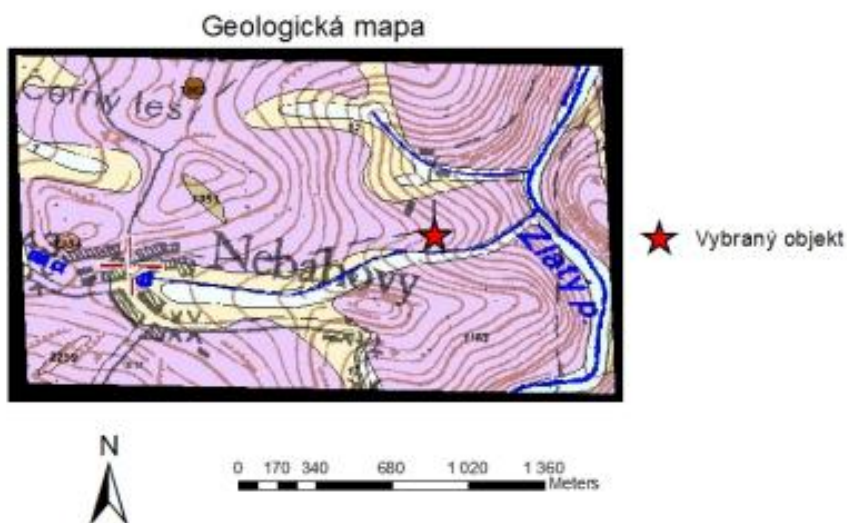
4. 1. 1. Charakteristika objektu

Vybraný objekt se nachází v bývalém okresu Prachatice, v katastrálním území Nebahovy, cca 1,8 km východně od obce Nebahovy. Jedná se o rodinný dům, který v minulosti prošel několika přestavbami. Stáří objektu je z tohoto důvodu značně rozlišené. Nejstarší části domu pocházejí s velkou pravděpodobností z roku 1822, dokladem tohoto data byl kámen ve staré kamenné zdi s tímto letopočtem. Další významné zásahy, které velmi ovlivnily stávající stav, byly provedeny v 70. a 80 letech minulého století. Vlastní stáří a druh zdiva jsou uvedeny v příloze, jejíž součástí je zakres doplněný legendou.

V současnosti má dům dvě podlaží, každé z těchto podlaží tvoří samostatný byt. Byt v patře (v 2NP) je plnohodnotně využíván a vlhkost jej nikterak nelimituje. Vlhkost postihuje tedy zejména velkou část bytu v přízemí. Tato část obsahuje dvě místnosti, předsíň a koupelnu, které jsou plně využitelné bez známek vlhkosti, dále dvě potencionálně obytné místnosti, spíž, chodbu, bývalou prádelnu +WC a dva sklepy; které jsou více či méně zasaženy vlhkostí. Tato vlhkost ve větší míře zatěžuje stavbu cca od poloviny let devadesátých.

Tento rodinný dům je obklopen několika zemědělskými objekty (sloužící k chovu zemědělských zvířat, skladování zemědělských produktů a k úschově zemědělské techniky), dále truhlářskou dílnou, skladem na dřevo a na závěr s dvěma včelíny. Okolí této zemědělské usedlosti je tvořeno zahradou, zemědělsky obdělávanou půdou a několika lesními celky. Za zmínku stojí také pozoruhodný výhled na obec Kralovice.

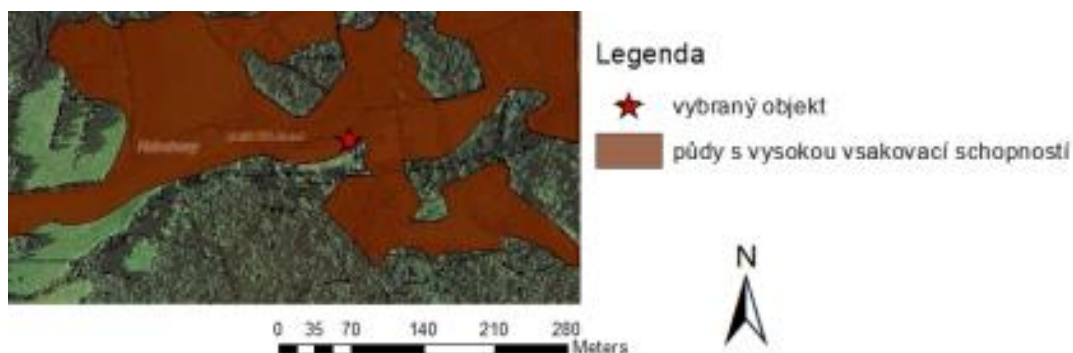
Charakteristika podloží



K uvedené mapě patří následující legenda (zdroj www.geology.cz, upraveno autorem)

Eratém: paleozoikum až proterozoikum, horniny: granulit, typ hornin: metamorfit, mineralogické složení: granát biotit, barva: leukokrání, poznámka: často rekrystalovaný, soustava: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, Oblast: moldanubická oblast.

Z pohledu zjišťování příčin vlhkosti a stanovení hydrogeologických charakteristik podloží lze použít následující mapu jako orientační pohled na propustnost půdy.



Podle výše uvedené mapy [zdroj ms.sowac-gis.cz, upraveno autorem] se zájmový objekt nachází z velké části na půdě s vysokou vsakovací schopností. Z této informace lze vyvodit, že půdy pod stavbou jsou velmi propustné. Podle zkušeností vlastníka stavby při budování přidružených staveb kolem objektu lze tuto

charakteristiku dále doplnit o další vlastnosti (jako je skeletovitost půdy a hloubka půdy). Tento starší průzkum ukázal, že půdy v okolí a pod vlastním objektem jsou mělké, silně skeletovité a navíc pod stavbou je pramenný vývěr, který byl v minulosti podchycen a odvodněn mimo stavbu.

4. 1. 2. Radonové ohrožení

Všechny horniny obsahují větší či menší (stopové) množství radioaktivního uranu. Vzniká radioaktivním rozpadem ^{238}U v horninovém prostředí a odtud dochází k jeho postupnému uvolňování do suterénních a přízemních částí stavby. V některých případech může být původcem radonu v objektu i jeho unikání z použitého materiálu. Bohužel se nejedná o stabilní radioizotop, některé dále vzniklé částice mohou být člověkem vdechovány a v krajním případě mohou iniciovat karcinomy plic. Radon (^{222}Rn) je bezbarvý plyn, bez charakteristické vůně a zápachu a nelze jej ani vnímat lidskými smysly. Z těchto důvodů je pro člověka velice nebezpečný.

V rámci nového navrhování objektů, kterému předchází průzkum podloží pod budoucí stavbou (jehož součástí je i radonový průzkum), musí být ochrana proti radonu komplexně řešena. Radonový průzkum určí rozsah dalších nutných opatření proti vztlínajícímu radonu z podloží (viz následující tabulka č. 1).

Tabulka 1: Kategorie radonového rizika z geologického podloží

	Objemová aktivita ^{222}Rn (kBq. m ⁻³)		
propustnost	nízká	střední	vysoká
kategorie:			
1. nízké riziko	<30	<20	<10
2. střední riziko	30-100	20-70	10-30
3. vysoké riziko	>100	>70	>30

Tabulka byla přiložena jako popis k [21]. Z této tabulky vyplývá, že obsah radonu je závislý též na faktoru propustnosti půdy. U nízkého rizika nejsou nutná žádná opatření proti radonu. Na základě mapy radonových rizik se posuzovaný objekt nachází v oblasti 1Gr, což znamená, že se jedná o oblast s nízkým rizikem a převládající horninou je granolit (viz následující mapa).



Výstup z této mapy (zdroj [21], upraveno autorem) má však pouze pravděpodobnostní charakter (vznik v roce 1971), lze uvažovat, že u radonových rizik pravděpodobně dojde ke shodě, ale mohou se vyskytnout i odchylky. Aby bylo docíleno aktuálnějšího obrazu této problematiky, zvolil jsem jako další podklad tři provedené průzkumy (též z oblasti 1Gr) z března 2010, jejichž cílem bylo stanovení radonového indexu pozemků určených k zastavění. Tyto pozemky se nacházejí východně od původní zástavby obce Nebahovy, od cílového objektu jsou vzdáleny cca 1,6 km.

U všech provedených průzkumů byla plynopropustnost klasifikována jako střední. Dále došlo k měření radonového indexu u jednotlivých pozemků, zde je rozhodující hodnota třetího kvartilu (c_{A75}). Tato hodnota se u jednotlivých pozemků velice různí:

- pozemek p.č. 828/2, hodnota tohoto kvartilu $12,8 \text{ kBq/m}^3$, z čehož vyplývá nízký radonový index pozemku, doporučení návrhu protiradonového opatření
- pozemek p.č. 834/6, hodnota tohoto kvartilu $20,4 \text{ kBq/m}^3$, z čehož vyplývá střední radonový index pozemku, nutná ochranná opatření proti pronikání radonu
- pozemek p.č. 808/13, hodnota tohoto kvartilu $31,5 \text{ kBq/m}^3$, z čehož vyplývá střední radonový index pozemku, nutná ochranná opatření proti pronikání radonu

Na základě poznatků z výše uvedených průzkumů lze vyvodit, že hodnoty třetího kvartilu nejsou extrémně odlišné od radonové mapy (hodnota pro střední riziko má rozptýl pro toto území od $20\text{-}70 \text{ kBq/m}^3$), v prvním případě potvrzuje radonový průzkum mapový podklad, v druhém o $0,4 \text{ kBq/m}^3$ (zanedbatelné) vyšší a v třetím o $11,5 \text{ kBq/m}^3$ více. Pro účely rekonstrukce domů se s nízkým radonovým indexem

nepočítá, střední radonový index již musí být řešen, pokud jde o změnu stavby vyžadující změnu stavební dokumentace. Vysoký radonový index by musel být brán v úvahu vždy, ale u zvoleného objektu ho lze téměř vyloučit.

Informace týkající se problematiky radonu jsem získal od Františka Plachkého (jednatel firmy Průzkumné práce spol. s.r.o.).

4. 2. Definice problému

Interiéry (již zmíněných místností) přízemí ukazují, jak může vlhkost být značným problémem. Jsou zde vidět zřetelné poruchy na omítkách, od trhlin až po omítku opadanou. Také jsou zde patrné zřetelné vlhkostní mapy, které poměrně hojně doplňují různé plísně. Všechny tyto projevy jsou vyvolány zvýšenou vlhkostí uvnitř objektu a vlivem málo se opakujícího větrání způsobují zápach v objektu. Z uvedeného vyplývá, že tyto poruchy zamezují plnohodnotnému využívání celého objektu.

4. 2. 1. Popis jednotlivých postižených místností

Za názvem každé místnosti uvádím v závorce její číslo (viz příloha: půdorys objektu).

a) spíž (1. 07) – jedná se o malou místnost, jsou zde patrné vlhkostní mapy, opadaná omítka, v současnosti nevyužívána.

b) „stará kuchyně“ (1. 08) – jde o větší místnost, dříve používána jako kuchyně, je opatřena vytápěním (kamna na dřevo), postižení totožné jako u spíže (stejná příčina), v současnosti je její použití omezeno na část sloužící jako skladovací plocha a část určenou k průchodu do dalších místností.

c) chodba (1. 10) – menší prostor, který propojuje sklepy, prádelnu a ložnici s ostatními místnostmi v přízemí domu. Vlhkost se zde projevuje prostřednictvím vlhkostních map a vyskytují se tu plísně.

d) ložnice (1. 14) – jde o velkou místnost, charakteristické projevy vlhkosti zde přímo nejsou k vidění, avšak vlivem nepravidelného větrání se tu vyskytuje nepříjemný (ztuchlý) zápach, v současnosti je tato místnost téměř nevyužívána.

e) prádelna a záchod (1. 12 a 1. 13) – oba tyto prostory mají stejné projevy vlhkosti, tj. vlhkostní mapy, vysoká vlhkost vzduchu (toaletní papír značně navlhlý), dochází zde ke korozi zárubní, aktuálně se prádelna využívá jako sklad sadbových brambor.

f) sklep na brambory (1. 11) – studený a vlhký, z pohledu skladování brambor plně vyhovující, z tohoto důvodu není hlavním předmětem sanace.

g) sklep „univerzální“ (1. 09) – větší prostor, poměrně vlhčí, značné negativum je zde občasný výskyt plísní (vlhkost je odvětrávána odtud do exteriéru), slouží ke skladování kyselého zelí, kompotů a šřáv.

Poznámka

To, co zde bylo popsáno, je možno si detailně prohlédnout v příložené fotodokumentaci (v příloze).

Tabulka místností

Číslo místnosti	Název místnosti	Izolace podlah	Výměra místnosti [m ²]	Aktuální využitelnost	Potřeba sanačních zásahů
1. 01	Kuchyně	ano	21,77	vysoká	nevyžadující
1. 02	Obývací pokoj	ano	15,93	vysoká	nevyžadující
1. 03	Koupelna	ano	3,71	vysoká	nevyžadující
1. 04	Veranda	ano	8,37	vysoká	nevyžadující
1. 05	Předsíň	ano	8,8	vysoká	nevyžadující
1. 06	Malá spíž	ano	1,34	střední	minimální zásah
1. 07	Spíž	ano	2,39	žádná	komplexní zásah
1. 08	"Stará kuchyně"	ano	15,46	žádná	komplexní zásah
1. 09	Sklep "univerzální"	ne	10,71	vysoká	nevyžadující
1. 10	Chodba	ano	4,21	střední	minimální zásah
1. 11	Sklep na brambory	ne	12,59	vysoká	nevyžadující
1. 12	Prádelna	ano	5,32	žádná	komplexní zásah
1. 13	Záchod	ano	1,44	střední	minimální zásah
1. 14	Ložnice	ano	29,23	střední	minimální zásah

Místnosti jsou po stránce polohové zakresleny v příloze: půdorys objektu.

4. 3. Stanovení příčiny problému

K tomu, abych byl schopen určit příčiny vzniku vlhkosti, jsem potřeboval provést místní šetření, stávající projektová dokumentace není použitelná (většina změn v dispozici objektu nebyla do ní zanesena) a proto jako další zdroj informací k objektu bylo využito výpovědi současného majitele stavby, který je se všemi úpravami plně seznámen.

Projevy vlhkosti v domě mají stálý charakter bez ohledu na roční období či srážkovou činnost. Objekt se nachází ve svažitém území s poměrně snadno propustným podložím. Z předešlého lze vyvodit, že na objekt nebude působit tlaková voda, ale spíše voda vzlínající z podzákladí.

Problémem tohoto objektu je fakt, že se zde vyskytují místnosti, ve kterých má obvodový plášť různou skladbu. V domě se jednak vyskytují zdi cihelné se stále funkční hydroizolací, dále pak zdi kamenné (původní), které byly provedeny bez hydroizolace.

Tabulka 1: Příčiny a příznaky vlhkosti u různých konstrukcí

Hlavní příčiny	Nejčastější typ konstrukce	Typický příznak
Vzlínající vlhkost	Tradiční stavební porézní materiály	Jemná vlhkostní skvrna šířící se odspodu, hranice vlhkosti konstantní, krystalizace solí na této hranici
Pronikání vlhkosti z obvodu	Obvodové (polo)suterénní stěny, obvodové stěny u komunikací	Celoplošně vlhká stěna, narušení povrchu ve velkých plochách
Kondenzační vlhkost	Nedostatečně izolované obvodové konstrukce (podlahy, obvodové stěny), konstrukce ve vlhkých provozech, neizolované trubky rozvodu pitné vody, neizolované rozvody chlazení	Lokální skvrny, často spojené s tvorbou (tmavých) plísní, projevuje se v době nízkých vnějších teplot ve vytápěných místnostech a v létě v chladných místnostech
Porucha instalace	Vnitřní stěny a stropy s rozvodem instalací	Lokální „čistá“ vlhká skvrna
Zatékání (volně pronikající voda)	Obvodové stěny se zvýšenou nasákavostí povrchu, nesprávné detaily (klempířské, truhlářské, tesařské...)	Proměnlivé vlhkostní skvrny (po dešti)

zdroj [10]

Vznik vlhkosti v místnostech

a) spíž a „stará kuchyně“ – tyto uvedené místnosti mají stejnou příčinu i vývoj vlhkosti. Příčinou vlhkosti je jednoznačně společná zeď s „univerzálním sklepem“, tato zeď byla zhotovena z kamene a nebyla u ní provedena žádná ochrana proti zemní vlhkosti. Předchozí užívání jako plnohodnotné kuchyně s pravidelným denním topením po celý rok (docházelo k vysušování zdiva) s občasným větráním zabráňovalo zřetelným projevům vlhkosti. Následně došlo k přestěhování kuchyně do jiné větší místnosti a v této „staré kuchyni“ se přestalo topit, již zmiňovaná zeď začala do sebe přijímat vlhkost z podzákladí. Pak v důsledku vlhkosti vznikaly na omítce tmavé mapy a malé trhlinky, od té doby až doposud odpadává čím dál více omítky a postižená stěna má dnes omítku doslova „v rozkladu“ a navíc se zde ukazují i plísně.

b) chodba, prádelna a záchod – zde je příčinou vlhkosti opět zeď se sousedním sklepem.

c) ložnice – jak již bylo zmíněno, zde se jedná především o zápach, který je zejména způsoben nedostatečným větráním v místnosti, dále po tepelné stránce nedořešené dvě obvodové zdi. Jedna byla přizděná vedle staré kamenné zdi, byla zde ponechána vlivem nerovnosti této zdi vzduchová mezera, která měla být vyplněna tepelnou izolací, bohužel doposud se tak neučinilo. Druhá by měla být v podstatě příčkou (její reálná tloušťka 75 mm z CP), sousedí s prádelnou a záchodem, z pohledu tepelné izolace též nedostačuje. Parametrem pro obytné místnosti, který vyjadřuje vztah mezi vytápěným a nevytápěným prostorem, je alespoň příčka o tloušťce 150 mm z tepelně-izolačního materiálu nebo minimálně 300 mm u CP.

d) „univerzální sklep“ – příčina vlhkosti je zde jednoznačná, jedna stěna byla zhotovena z kamenného zdiva a nebyla zde provedena izolace proti zemní vlhkosti. Ostatní stěny též nebyly izolovány a byly zhotoveny z betonu, který byl prokládán kamenivem.

Shrnutí

Hlavní příčinou vlhkosti v domě je neprovedená dostatečná ochrana proti zemní vlhkosti.

4. 4. Navrhované varianty řešení

Navrhnout optimální variantu odvlhčení vybraného objektu není zcela jednoduché, protože objekt má velice pestrú skladbu zdiva. Téměř u každé varianty se bude vždy jednat o kombinaci dvou případně i více opatření. Nejprve budou

rozebírána opatření, která nejsou vhodná použít (včetně jejich odůvodnění). Následně budou vybrány dva návrhy, jejichž součástí bude podrobný popis navrhovaných řešení. Tyto varianty budou doplněny grafickým znázorněním do nakresleného půdorysu objektu. Ceny za m² u jednotlivých metod byly získány od firmy HAV-BAU s.r.o., byl jsem však upozorněn, že se poskytnuté ceny lze chápat jen jako orientační. Tyto ceny jsem porovnal s cenami uváděnými u konkurence na internetu, proto je u některých případů poměrně veliký cenový rozptyl.

Tabulka 2: Návrh opatření – výběr nejvhodnější metody

Metoda	Příčina a druh vlhkosti						
	vztlínající				atmosférická	provozní	kondenzační
	nízká U<4%	zvýšená 4%<U<7,5%	vysoká 7,5%<U<10,5%	velmi vysoká U>10,5%			
vkládání dodatečných hydroizolačních pásů, desek, fólií, plechů		•	○				
aplikace zvláštních povlaků, omítek, dalších hmot, úpravy difuzní nebo utěšňovací	•	○			○	•	•
elektroosmózy		•					
vzduchové úpravy	•	○			○		
horizontální a vertikální clony infuzními vrty		•					
stavební úpravy okolí, přestavby, odvodnění, dispozice	○	○	○	•	•	○	○

Poznámka: Orientační přehled metod a jejich optimální aplikace je řešen tak, že každému druhu metody je přiřazena nejvhodnější metoda (•). Jiná možná metoda je označena ○.

zdroj [11]

4. 4. 1. Varianty nevhodné

a) dodatečné vložení vodorovné izolace do probouraných otvorů – aplikování tohoto opatření by bylo značně pracné a finančně velmi nákladné (orientačně 3300 - 4200 Kč za m² včetně DPH), na část kde jsou sklepní prostory nepoužitelné. Dále by mohlo toto opatření způsobit destrukci starých kamenných zdí, což by předesílalo vznik závažných problémů ve statické objektu. Jediné místo, kde by tento zásah mohl být eventuálně realizován v trochu rozšířené formě (odstranění celých částí nosné

kamenné zdi okolo okna a její nahrazení novou odizolovanou zdí), se nachází v místnosti „stará kuchyně“. Jelikož se s touto operací v minulosti počítalo (nebylo provedeno zavázání zdi do sebe, viz příložený půdorys: návrh A), zdála by se tato varianta jako realizovatelná. Nicméně by bylo nutné statické posouzení tohoto stavebního zásahu, dále by muselo dojít k odbornému podepření stropů a nákupu nového stavebního materiálu, to vše by způsobilo vysokou cenu tohoto zásahu.

b) dodatečné vložení vodorovné izolace do proříznuté ložné spáry – použití tohoto zásahu má podobné limity jako opatření předešlé, jen po stránce cenové se jedná o zásah výrazně levnější (cena za m² cca 3120 Kč včetně DPH). Z mechanických metod má toto opatření jednoznačně největší perspektivu, pochopitelně kladným přínosem je 100 % účinnost tohoto zásahu ve srovnání s jinými metodami. Úskalím tohoto řešení je nesnadné napojení na stávající izolace a opět nepoužitelnost v oblasti suterénů.

c) dodatečné vložení vodorovné izolace zarážením desek – pro vybraný objekt je tato metoda zcela nevyhovující, opět problém s využitím v suterénních částech domu, nelze tuto metodu použít na kamenné a smíšené zdivo a cena oproti předešlé metodě je vyšší (cena za m² dle kvality použitých desek 3600 – 4680 Kč včetně DPH).

d) metoda aktivní elektroosmózy – toto je dnes hojně využívané a oblíbené opatření, které vyjma přemístění vlhkosti odvádí i soli nahromaděné ve zdivu. Tento zásah je však podmíněn vypracováním zvláštního průzkumu. Vyžaduje dodržení hodnoty pH, stupeň zasolení zdiva musí být max. zvýšený a nesmí být překročena dvoutřetinová hodnota absolutní nasákavosti materiálů zdiva. Hlavním omezením pro vybraný objekt je fakt, že se ve zdivu nacházejí kovové elektricky neizolované prvky sloužící k přivádění a rozvádění vody v domě. Potenciální účinnost této metody by tedy z výše uvedeného důvodu byla značně snížena nebo by jednalo o zásah zcela neúčinný.

e) použití metod vzduchoizolačních – tato metoda spočívá ve vydýchávání vlhkého zdiva do vzduchové dutiny. Mezi výhodou lze zařadit, že kromě vlhkosti dochází i k odvádění radonu. Používají se sanační profilované fólie nebo profilované plechy, s tím souvisí první negativum této metody, dochází ke zmenšení dispozic místností. Za další nevýhodu lze považovat zvýšení tepelných ztrát v místnosti. Také je nutné řádné odvětrání dutin nejlépe založené na komínovém efektu. Tento fakt výrazně komplikuje případný návrh tohoto opatření, odvod vzduchu alespoň zde není možné zrealizovat.

f) použití zařízení s nuceným oběhem vzduchu – neřeší problém nahromaděné vlhkosti ve zdivu, jedná se pouze o doplňující opatření k metodám, které nemají 100 % účinnost.

4. 4. 2. Návrh A (chemická injektáž v kombinaci s paropropustnými omítkami)

Popis chemické metody

Tato metoda je v současnosti stále zdokonalována, jedná se především o používání kvalitnějších a účinnějších injektážních prostředků. Základní princip metody zůstává stále stejný a je rozdělen podle způsobu aplikace: na beztlakové injektáže a na tlakové injektáže.

a) **beztlakové injektáže** jsou nejběžnějším a nejpoužívanějším způsobem aplikace injektážního prostředku do struktur zdiva. Injektážní prostředek se do zdiva dostává prostřednictvím předem vyvrtaných, vyčištěných (nejlépe vyfoukaných) vrtů. Vrty se provádějí obvykle v odstupech 12 cm, jejich průměr bývá od 20-30 mm a jejich sklon je doporučen 30-45°. Délka vrtů je pochopitelně ovlivněna tloušťkou sanovaného zdiva, ale platí zde zásada, že vrty končí 5 cm od líce protější strany zdiva. Vlastní způsob vpravování injektážní hmoty je založen na kapilární nasákavosti pórovitého zdiva, případně je možno použít mírný hydrostatický tlak sloupce kapaliny ze zásobníku, anebo lze aplikovat vstřikováním. Účinnost této metody je cca 60 %

b) **tlakové injektáže** nacházejí použití zejména pro silně zavlhle stavební konstrukce a materiály. Stejně jako v předchozím případě se injektážní prostředek aplikuje do předem vyvrtaných vyčištěných otvorů. Vrty se provádějí obvykle v též odstupech 12 cm, jejich průměr bývá od 14-20 mm. Délka vrtů se odvíjí totožným způsobem jako u beztlakové injektáže, ale vrty jsou ve vodorovné poloze. Následně se na tyto otvory osadí injektážními ventily, které mají zaručit těsné uzavření vrtů. Tyto ventily jsou připojeny pomocí tlakové hadice ke speciální vysokotlaké pumpě, která má za úkol vhánět injektážní hmotu do zdiva. Při tlakové injektáži bývá vždy plněno několik vrtů současně, každé jednotlivé tlakové vedení musí být vybaveno manometrem. Účinnost této metody je o něco vyšší cca 70 %.

Poznámka

Obě tyto výše uvedené metody mají stejnou nevýhodu: existuje zde možnost úniku aplikované injektážní látky do mezer zdiva, není tedy zaručeno na 100 %, že dojde k potřebnému provzlínání injektážního prostředku mezi vrty. Jinými slovy řečeno, pokud nebude vytvořena celistvá vrstva injektážní hmoty ve zdivu, tak může docházet v kritických místech vzlínání vlhkost, a tím se sníží účinnost těchto metod.

Mezi v současnosti hojně používané injektážní přípravky patří silikonové roztoky (např. DICOSIL, AQUAFIN, FORTESIL atd.), cena těchto metod pro smíšené a kamenné zdivo se pohybuje na m^2 od 2490-3070 Kč včetně DPH v závislosti na použitém přípravku a použité metodě.

c) **použití injektážních krémů** je v současnosti z chemických metod nejlepší opatření, jednak po stránce jednoduchosti zpracování, ale i z hlediska vysoké účinnosti. Ta se pohybuje okolo cca 80 %. Podstatnou výhodou této metody je odstranění „necelistvé vrstvy“, která byla nevýhodou u metody a) a b). Injektážní krém se opět dává do předem vyvrtaných vodorovných otvorů. Vrty se provádějí v odstupech 10-12 cm a měly by mít průměr mezi 16-22 mm, délka vrtů viz a). Krém je do otvorů přiváděn obyčejným postřikovačem s prodlužovací rovnou tyčí. K neznámějším a na trhu nejvyužívanějším krémům patří injektážní krém DRYZONE. Za nevýhodu tohoto opatření lze považovat poměrně vysokou cenu za m^2 , která se pohybuje okolo 3840 Kč s DPH.

Omítky budou popsány níže.

4. 4. 3. Návrh B (sanační omítky doplněné přirozeným odvětráváním interiéru)

Popis sanačních omítek

Jak už bylo zmíněno v literárním přehledu, bývá často toto opatření jediným realizovaným. Tento jev způsobuje fakt, že sanační omítka je celkem dle mého názoru levné opatření, které má poměrně dobrou účinnost. Jejich výhoda spočívá ve vysoké paropropustnosti, tudíž omítka propouští snadno vlhkost, a navíc zabraňuje vzniku solí a následných výkvětů. Životnost této úpravy se udává 10 až 15 let, což oproti chemickým metodám (cca 30 až 50 let) není příliš mnoho, avšak lze uvažovat tuto dobu za dostatečnou. Po uplynutí její životnosti bude možné např. její obnovení či využití nějakého dokonalejšího a pokrokovějšího opatření proti pronikání vlhkosti.

Cena sanačních omítek je tvořena:

- tekutá přísada (BAUREX) cena na m^2 cca 58 Kč
- směs na výrobu omítky (30kg) cena na m^2 cca 204 Kč
- náklady na práci cena na m^2 cca 780 Kč

Celková cena za sanační omítku bude tedy na m^2 cca 1042 Kč, tato hodnota zahrnuje i DPH.

Za velmi vhodné k tomuto opatření považuji provádět pravidelné přirozené odvětrávání interiéru.

5. VÝSLEDKY A DISKUZE

Na základě výše uvedených informací byl vypracován technicko-technologický postup zaměřený na odstranění nadbytečné vlhkosti z vybraného domu. Jeho obsah jsem rozdělil do několika částí: práce společné pro oba dva návrhy, specifika návrhu A, dále návrhu B. Ke každému návrhů bude v přílohách přidělen půdorys se zakreslenými stavebními zásahy a součástí budou vysvětlivky grafického znázornění. Návrh B bude doplněn opatřeními společnými pro oba návrhy.

5. 1. Návrh technologického postupu provádění sanačních prací

5. 1. 1. Návrh opatření společných pro obě varianty

Tento návrh se týká v první řadě ložnice. Zde doporučuji vzduchovou dutinu v severní stěně vyplnit tepelně izolačním materiálem. Vzhledem k nesouměrnosti dutiny bude žádoucí vybrat materiál, který se aplikuje volně. Aby bylo zamezeno vzniku tepelného mostu, bylo by vhodné použít granulát kamenné či skelné vlny (minerální vaty), v ideálním případě jej dopravit do dutiny foukanou technologií. Tímto dojde i k zateplení záchodu. Další problematickou stěnou v této místnosti je západní stěna s tloušťkou pouze 75 mm. Tuto stěnu navrhuji rozšířit alespoň na 225 mm, což je možné, pokud na přístavbu bude použit tepelně izolační materiál. Jako vhodný materiál připadá v úvahu použít např. pěnositilátové tvárnice (YTONG) o šířce min 150 mm.

V druhé řadě musí dojít k odstranění plísní uvnitř objektu. Tento zásah se dotýká následujících prostor: chodby, prádelny a záchodu. Plísně budou odstraněny fungicidním přípravkem, který bude přidán do vrchního nátěru.

Dále, jak můžeme vidět z příložené fotodokumentace, bude nevyhnutelné provést výměnu zárubní. Tyto nevyhovující zárubně se odstraní a budou nahrazeny novými nerezovými. Cena těchto zárubní se pohybuje 3036 Kč (včetně DPH) za kus.

Po provedení jakékoli z uvedených variant bude nutné zaměnit starou podlahu včetně nefungující a nevhodně udělané izolace ve spíži a „staré kuchyni“ za izolaci novou. Mohou být použity např. asfaltové hydroizolační pásy, které budou vytaženy min. 20 cm nad dodatečnou ochranu zdiva (v případě návrhu chemické metody) nebo nad úroveň čisté podlahy (u návrhu B).

V malé spíži navrhuji provést sanační omítku do výše min. 900 mm, rozsah je zakreslen též v příloze (návrh B). Předpokládaná cena tohoto zásahu je 1641 Kč.

Venkovní úpravy povrchů omítek zatím nebyly zmíněny, protože vlastník stavby je s nimi spokojen. I přesto bych doporučil provést: na jižní straně min až do výše provedené hydroizolace sanační omítky (důvod odpadávání omítek vlivem

vlhkosti), na severní straně (v případě budoucího zřízení omítky) použít omítku s velkou propustností. Nátěr fasád by bylo vhodné provést silikátovými nátěry.

5. 1. 2. Specifika návrhu A (použití chemických injektážních krémů)

Vzhledem k faktu, že zdivo je značně staré a výskyt dutin zde není vyloučen, volím aplikaci injektážního krému DRYZONE.

Rozsah aplikace (viz půdorys: návrh A).

Tyto práce budou navrženy zejména na staré nosné kamenné zdivo (rozdělující: „starou kuchyni“ a sklep „univerzální“; prádelnu + WC a sklep na brambory; spíž a „falešný“ sklep; dále „starou kuchyni“ a exteriér). „Falešný“ sklep je prostor, který byl plánován jako budoucí sklep pro byt v druhém poschodí, avšak dodnes nebyl dodělán a nesplňuje svoji původní navrženou funkci.

Postup prací

Nejprve navrhuji odstranění porušené omítky spojené s následným důkladným očištěním zdiva. Vlastní postup této chemické metody je podle www.remmers.cz následující:



Obr. 2: Naplnění aplikační nádoby krémem



Obr. 3: Vyvrtání a vyčištění otvorů



Obr. 4: Naplnění otvorů krémem



Obr. 5: Působení krému proti zemní vlhkosti

Po provedení chemické injektáže dojde k výše zmiňovanému položení asfaltových pásů. Následně bude omítnuto zdivo do výšky 20 cm nad místo, kde byl aplikován krém (celková výška 300 mm). V „staré kuchyni“ a spíži bude provedena omítka na dotčené stěně, vzhledem k ploše porušení, v plné výši této stěny (viz půdorys: návrh A). Materiál této omítky musí mít vysokou paropropustnost, tudíž navrhuji použít jádrovou omítku Baurex. Cena takovéto omítky se pohybuje okolo cca 880 Kč na m² (počítáno i s DPH). Vrchní nátěr omítek je nutné provést z prodyšné látky.

5. 1. 2. Specifika návrhu B

Rozsah aplikace je totožný s předchozím. Rozdíl však bude ve výšce, kde bude omítka použita. Zde platí zásada, že 1,5 násobek tloušťky sanovaného zdiva se rovná výšce, která by měla být nad nejvyšším místem výskytu příznaku vlhkosti. Pro tento konkrétní případ by tato výška znamenala 900 mm (1,5*600 mm). Ve spíži a „staré kuchyni“ u společné problematické zdi bude provedena omítka v celé ploše stěny a navíc navrhuji její použití i na 450 mm stěn přímo sousedících. U ostatních zmiňovaných u rozsahu aplikace navrhuji provést sanační omítku jako preventivní opatření ve výšce 900 mm. Vždy musí dojít k důkladnému očištění a okartáčování (odstranění vápna z předchozí omítky) zdiva, na které bude aplikována sanační omítka. Z hlediska materiálu bude použita sanační omítka Baurex včetně sanační tekuté přísady. V podstatě se jedná o postupné aplikování tří vrstev: podhoz, jádrová omítka a štuk.

5. 2. Ekonomické posouzení navrhovaných variant

Pro snazší ucelený obraz o tom co bude počítáno, jsem rozdělil řešená místa v objektu do jednotlivých úseků. Tyto úseky jsou vyznačeny v příloze (půdorys: návrh A).

5. 2. 1. Návrh A

a) použití chemického krému DRYZONE (cena za m² cca 3840 Kč s DPH)

ÚSEK č. 1

Délka zdiva 1360 mm

Šířka zdi 800 mm

Plocha zdiva $1,36 \cdot 0,8 = 1,088 \text{ m}^2$

cena 4178 Kč

ÚSEK č. 2

Délka zdiva 1220 mm

Šířka zdi 800 mm

Plocha zdiva $1,22 * 0,8 = 0,976 \text{ m}^2$

cena 3748 Kč

ÚSEK č. 3

Délka zdiva 3145 mm

Šířka zdi 800 mm

Plocha zdiva $3,145 * 0,8 = 2,516 \text{ m}^2$

cena 9661 Kč

ÚSEK č. 4

Délka zdiva 4970 mm

Šířka zdi 800 mm

Plocha zdiva $4,97 * 0,8 = 3,976 \text{ m}^2$

cena 15268 Kč

ÚSEK č. 5

Délka zdiva 2625 mm

Šířka zdi 800 mm

Plocha zdiva $2,625 * 0,8 = 2,1 \text{ m}^2$

cena 8064 Kč

Celková cena chemického zásahu je tedy 40919 Kč.

b) potřebné omítky s vysokou paropropustností (cena za m^2 cca 880 Kč s DPH)

ÚSEK č. 1

Délka zdiva 1360 mm

Výška omítky 300 mm

Plocha omítaného zdiva $1,36 * 0,3 = 0,408 \text{ m}^2$

cena 359 Kč

ÚSEK č. 2

Délka zdiva 1220 mm

Výška omítky 300 mm

Plocha omítaného zdiva $1,22 * 0,3 = 0,366 \text{ m}^2$ cena 322 Kč

ÚSEK č. 3

Délka zdiva 3145 mm

Výška omítky 300 mm

Plocha omítaného zdiva $3,145 * 0,3 = 0,944 \text{ m}^2$ cena 830 Kč

ÚSEK č. 4

Délka zdiva 1250 mm

Výška omítky 300 mm

Plocha omítaného zdiva $1,25 * 0,3 = 0,375 \text{ m}^2$ cena 330 Kč

Délka zdiva 4520 mm

Výška omítky 2400 mm

Plocha omítaného zdiva $4,52 * 2,4 = 10,848 \text{ m}^2$ cena 9546 Kč

ÚSEK č. 5

Délka zdiva 450 mm

Výška omítky 300 mm

Plocha omítaného zdiva $0,45 * 0,3 = 0,135 \text{ m}^2$ cena 119 Kč

Délka zdiva 2325 mm

Výška omítky 2400 mm

Plocha omítaného zdiva $2,325 * 2,4 = 5,58 \text{ m}^2$ cena 4910 Kč

Celková cena za tyto omítky je tedy 16416 Kč.

CELKOVÁ CENA ZA „NÁVRH A“ ČINÍ 57335 Kč.

5. 2. 2. Návrh B (sanační omítky – cena za m^2 cca 1042 Kč)

ÚSEK č. 1

Délka zdiva 2160 mm

Výška omítky 900 mm

Plocha sanační omítek $2,16 * 0,9 = 1,944 \text{ m}^2$ cena 2026 Kč

ÚSEK č. 2

Délka zdiva 2020 mm

Výška omítky 900 mm

Plocha sanační omítek $2,02 * 0,9 = 1,818 \text{ m}^2$ cena 1894 Kč

ÚSEK č. 3

Délka zdiva 3520 mm

Výška omítky 900 mm

Plocha sanační omítek $3,52 * 0,9 = 3,168 \text{ m}^2$ cena 3301 Kč

ÚSEK č. 4

Délka zdiva 550 mm

Výška omítky 900 mm

Plocha sanační omítek $0,55 * 0,9 = 0,495 \text{ m}^2$ cena 516 Kč

Délka zdiva 4520 mm

Výška omítky 2400 mm

Plocha sanační omítek $4,52 * 2,4 = 10,848 \text{ m}^2$ cena 11304 Kč

ÚSEK č. 5

Délka zdiva 900 mm

Výška omítky 900 mm

Plocha sanační omítek $0,9 * 0,9 = 0,9 \text{ m}^2$ cena 844 Kč

Délka zdiva 2325 mm

Výška omítky 2400 mm

Plocha sanační omítek $2,325 * 2,4 = 5,58 \text{ m}^2$ cena 5814 Kč

CELKOVÁ CENA ZA „NÁVRH B“ ČINÍ 25699 Kč.

5. 3. Zdůvodnění výběru nejvhodnější varianty

Vybrat variantu, která by splňovala podmínku „ideálnosti“, není úkolem jednoduchým. Hodnocení jednotlivých variant je ovlivněno řadou kritérií. Za tyto kritéria lze považovat: cenu, účinnost a životnost opatření a samozřejmě požadavky na budoucí využití objektu.

Cena – jak je možné výše vidět, návrh B (sanační omítky) s cenou 25699 Kč oproti návrhu A (injektažní krém DRYZONE v kombinaci s omítkami s vysokou paropropustností) s cenou 57335 Kč je o více než polovinu levnější.

Účinnost a životnost – u návrhu A se pohybuje okolo 80 % a předpokládaná životnost 40 až 50 let, což ve srovnání s variantou B je výrazně perspektivnější. Návrh B totiž předpokládá s životností 10 až 15 let a o účinnosti lze diskutovat. Sanační omítky neřeší odvedení vlhkosti ze zdiva, ale pouze zajišťují jeho „vydýchávání“.

Požadavky na budoucí využití objektu – postupné plnohodnotné využívání všech místností.

Na základě výše uvedených skutečností bych se přikláněl k variantě B (sanační omítky jako jediné opatření), protože v dnešní době je totiž cena kritériem dosti významným.

6. ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem se zabýval problematikou vyskytující se nadbytečné vlhkosti v rodinném domě č. p. 36 v obci Nebahovy. Tento objekt obsahuje velmi rozličnou skladbu zdiva, při návrhu sanace bylo nutné k této skutečnosti také přihlídnout.

Považoval jsem za nutné provést šetření týkající se radonového ohrožení v okolí stavby. Na základě místního šetření jsem popsal okolí dané nemovitosti, pak jsem zhodnotil poruchy zdiva vlivem zvýšené vlhkosti (včetně aktuálního využití místností) a analyzoval jsem jejich možné příčiny. Na jejich základě a z poznatků získaných z odborné literatury jsem vytvořil technicko-technologický postup, zaměřený na odstranění nadbytečné vlhkosti, který čítá dvě varianty řešení. Tyto návrhy jsem podrobně popsal.

Vzhledem k neexistující aktuální a kompletní projektové dokumentaci bylo potřeba, abych zaměřil daný objekt a projekt vytvořil. Tento projekt jsem použil jako podklad, do kterého jsem zakreslil nejprve skladbu zdiva a následně i jednotlivé varianty technologického postupu.

Na základě informací od firmy HAV-BAU s.r.o. o cenách jednotlivých používaných metod jsem posoudil obě navržené varianty z hlediska ekonomického. Pak podle stanovených kritérií jsem zdůvodnil výběr podle mého názoru nejvhodnější metody řešení daného objektu. Touto metodou je využít aplikaci sanačních omítek jako jediného opatření proti vlhkosti, je potřeba však říci, že se nejedná o zásah „ideální“. Je potřeba podotknout, že konečné slovo bude mít investor této stavební úpravy.

7. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] MUSIL, Adolf; PEJCHAR, Jiří. *Spárové těsnící tmely ve stavebnictví*. Praha : SNTL, 1985. 256 s.
- [2] HOŠEK, Jiří; LOSOS, Ludvík. *Historické omítky Průzkum, sanace, typologie*. Praha : Grada Publishing, 2007. 168 s. ISBN 978-80-247-1395-3
- [3] BALÍK, Michael. Snižování vlhkosti zdiva v příkladech, část I. - volba nejvhodnějších metod. *Časopis stavebnictví*. Brno: EXPO DATA spol. s. r. o., 2011, V(02/2011), s. 55-59. ISSN 1802-2030.
- [4] BALÍK, Michael. Kombinace klasických stavebních opatření a metody mírné elektroosmózy. *Časopis stavebnictví*. Brno: EXPO DATA spol. s. r. o., 2008, II(03/2008), s. 50-54. ISSN 1802-2030.
- [5] VĚDECKOTECHNICKÁ SPOLEČNOST PRO SANACE STAVEB A PÉČI O PAMÁTKY. *Diagnostika vlhkých staveb*. 2. vyd. Praha 1: Česká stavební společnost, 2003, 125 s. ISBN 80-02-01537-1.
- [6] EMMONS, Peter H. *Sanace a údržba betonu v ilustracích*. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 1999. ISBN 80-7204-106-1.
- [7] BALÍK, Michael. Průzkum a návrh sanace vlhkého zdiva historické budovy ve městě Český Brod. *Časopis stavebnictví*. Brno: EXPO DATA spol. s. r. o., 2007, I(09/2007), s. 50-54. ISSN 1802-2030.
- [8] BALÍK, Michael, L. BALÍK, K. BAYER, M. BLAHA, E. BURGETOVÁ, J. KOČÍ, J. KOLÍSKO, M. NOVOTNÝ, J. SOLAŘ a P. ŠŤASTNÝ. *Odvhlčování staveb*. Praha: Grada Publishing, 2005, 292 s. Stavitel. ISBN 80-247-0765-9.
- [9] PEHLE, Tobias. *Vlhkost v domě prevence a odstraňování*. 1. vyd. Čestlice, 251 70 Dobřejovice: REBO Productions CZ s.r.o., 2001. ISBN 80-7234-196-0.
- [10] BLÁHA, Martin a Ladislav BUKOVSKÝ. *Prevence a odstraňování vlhkosti*. 2. vyd. Brno: ERA group spol s.r.o., 2006. Stavíme: Izolace. ISBN 80-7366-051-2
- [11] BALÍK, Michael. *Vysušování zdiva I*. třetí, upravené vydání. Praha: Grada Publishing a.s., 2002. ISBN 80-247-0438-2
- [12] BALÍK, Michael. Vysušování zdiva vzduchovými systémy : podlahové sanační dutinové systémy. *Časopis stavebnictví*. Brno: EXPO DATA spol. s. r. o., 2009, III(02/2009), s. 49-56. ISSN 1802-2030.
- [13] PAŘÍKOVÁ, Jelena a Irena KUČEROVÁ. *Jak likvidovat plísně*. Praha: Grada Publishing, spol s.r.o., 2001. ISBN 80-247-9029-7.
- [14] BALÍK, Michael. *Vysušování zdiva v příkladech*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3045-5.

- [15] BALÍK, Michael. Sanace staveb z hlediska vlhkosti. *Časopis stavebnictví*. Brno: EXPO DATA spol. s. r. o., 2010, **IV**(03/2010), s. 46-48. ISSN 1802-2030.
- [16] HAVEL, Miroslav. *Sborník přednášek "Sanace vlhkého zdiva"*. Plzeň: ČSVTS stavební podnik, 1990. ISBN 80-02-00450-7.
- [17] DOS T 5.01. *Doporučený standard technický: Plísň ve stavbách a jejich sanace*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2002. ISBN 80-86364-63-1.
- [18] ČSN P 73 0600. *Hydroizolace staveb - Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [19] ČSN P 73 0606. *Hydroizolace staveb - Povlakové hydroizolace - Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [20] ČSN P 73 0610. *Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [21] *Odvozená mapa radonového rizika ČR - KRAJ JIHOČESKÝ*. 1:200000. Praha: Český úřad geodetický a katastrální, 1971.

ELEKTRONICKÉ ZDROJE

Geologická mapa 1:50 000. *Geologické mapy* [online]. 2012 [cit. 2012-04-16].

Dostupné z:

http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=785900&x=1158400&s=1

Základní charakteristiky BPEJ. *Sowac gis* [online]. 2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: http://ms.sowac-gis.cz/mapserv/dhtml_zchbpej/index.php

Injektáží krém do zdiva – infuzní clona ve zdivu zabraňující vztlínání zemní vlhkosti.

Remmers CZ s.r.o. [online]. 2012, 2012 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z:

<http://www.remmers.cz/izolace-a-sanace-staveb/injektazi-krem-do-zdiva--infuzni-clona-ve-zdivu-zabranujici-vzlinani-zemni-vlhkosti.htm>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CP	cihla plná
DPH	daň z přidané hodnoty

8. PŘÍLOHY

8. 1. Fotodokumentace



Foto 1: Koroze zárubní u sklepa na brambory



Foto 2: Výskyt plísní na stropu chodby



Foto 3: Koroze zárubní u vchodu do prádelny



Foto 4: Vlhké mapy a odpadávající omítka (pohled u podlahy) ve spíži



Foto 5: Vlhké mapy a odpadávající omítka (pohled u stropu, vedle chodby) ve „staré kuchyni“



Foto 6: Odpadávající omítka (pohled u podlahy, vedle chodby) ve „staré kuchyni“



Foto 7: Rozsáhlé vlhkostní mapy (pohled u podlahy, vedle spíže) ve „staré kuchyni“



Foto 8: Rozsáhlé vlhkostní mapy (pohled u stropu, vedle spíže) ve „staré kuchyni“

8. 2. Půdorys objektu

8. 3. Stáří a druh zdiva

8. 4. Zákres návrhu A

8. 5. Zákres návrhu B