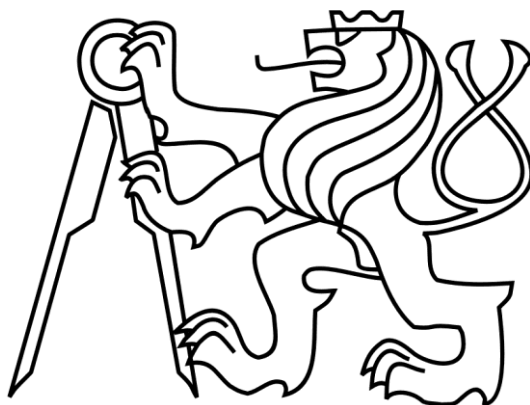


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Metody sanace zdiva proti zemní vlhkosti**

**Methods for Masonry Rehabilitation agaist Ground  
Moisture**

**Tomáš Babák**

2016

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Rostislav Šulc, Ph.D.



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Babák Jméno: Tomáš Osobní číslo: 395699  
Zadávací katedra: K 122 - Katedra technologie staveb  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Metody sanace zdiva proti zemní vlhkosti

Název bakalářské práce anglicky: Methods for Masonry Rehabilitation against Ground Moisture

Pokyny pro vypracování:

- 1) Příčiny vzniku vlhkého zdiva. Vlhkost ve zdivu (zdroje, veličiny, vztahy, transport). Negativní účinky vlhkosti ve stavbě (vodorozpuštěné soli, výkěty a výluhy, biokoroze, vliv na statiku).
- 2) Způsoby měření vlhkosti. Metody sanace vlhkého zdiva.
- 3) Porovnání jednotlivých metod sanace na konkrétních objektech.
  - a) Nepodsklepený objekt
  - b) Suterén objektu
  - c) Objekt v intravilánu města (v zástavbě) a objekt v extravilánu města.
- 4) Vyhodnocení použitelnosti jednotlivých metod pro modelové případy z hlediska technologie a provádění sanace, nákladů na provedení sanace, vlivu na provoz v budově, vlivu na okolí stavby.

Seznam doporučené literatury:

- 1) ČSN 73 0606
- 2) Směrnice ČHIS 01
- 3) VLČEK M., MOUDRÝ I., NOVOTNÝ M., BENEŠ, P.: Poruchy a rekonstrukce v pozemních stavbách II. 1996
- 4) Sborníky konference WTA Sanace a rekonstrukce staveb

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Rostislav Šulc, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 24.2.2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 20.5.2016

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne .....

.....

Tomáš Babák

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval Ing. Rostislavu Šulcovi, Ph.D., jako vedoucímu mé bakalářské práce, za jeho odborné vedení, cenné připomínky a rady při vypracování této práce.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá problematikou nadbytečné vlhkosti ve zdivu a její sanace. Postupně popisuje druhy vlhkosti, její transport, příčiny a zdroje zvýšené vlhkosti zdiva. Dále popisuje způsoby měření vlhkosti ve zdivu, její negativní účinky a v neposlední řadě také metody sanace vlhkého zdiva. Tyto poznatky jsou následně aplikovány v druhé části práce, která se týká porovnání a vyhodnocení použitelnosti metod sanace z různých hledisek na čtyřech modelových případech objektů, přičemž se jedná o nepodsklepené a suterénní varianty objektu v zástavbě a objektu samostatně stojícím.

## **Klíčová slova**

Vlhkost, zdroje vlhkosti, vlhké zdivo, metody sanace, modelové případy, vyhodnocení použitelnosti.

## **Abstract**

This thesis deals with the issue of excess moisture in the masonry and its rehabilitation. Gradually describes the types of moisture, the transport, the causes and sources of increased moisture in the masonry. It also describes methods for measuring the moisture in the masonry, its negative effects and methods for masonry rehabilitation against ground moisture. These findings are then applied in the second part, which concerns the comparison and evaluation of application methods of rehabilitation from different perspectives to four model cases of objects being the no cellars and basement variants of the object in the construction and the standalone object.

## **Key words**

Moisture, moisture sources, damp walls, methods of rehabilitation, model cases, usability evaluation

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>CÍL</b> .....	<b>10</b>
<b>1 VLHKOST VE STAVBÁCH A METODY SANACE</b> .....	<b>11</b>
1.1 VLHKOST VE ZDIVU .....	11
1.1.1 <i>Druhy vlhkosti</i> .....	11
1.1.1.1 Výrobní vlhkost .....	11
1.1.1.2 Skladovací vlhkost.....	11
1.1.1.3 Trvalá vlhkost .....	11
1.1.2 <i>Vlhkost, veličiny a vztahy</i> .....	11
1.1.2.1 Objemová vlhkost materiálu .....	12
1.1.2.2 Hmotnostní vlhkost materiálu .....	12
1.1.3 <i>Transport vlhkosti</i> .....	12
1.1.3.1 Difuze .....	12
1.1.3.2 Kapilární vedení vlhkosti.....	13
1.1.3.3 Kapilární kondenzace .....	14
1.1.3.4 Povrchová kondenzace .....	15
1.1.3.5 Sorpce .....	15
1.1.4 <i>Příčiny vzniku vlhkého zdiva</i> .....	16
1.1.5 <i>Zdroje zvýšené vlhkosti zdiva</i> .....	17
1.1.5.1 Voda srážková .....	17
1.1.5.2 Voda vzlínající.....	18
1.1.5.3 Voda kondenzující, difuze vodní páry .....	18
1.1.5.4 Voda působící hydrostatickým tlakem .....	19
1.1.5.5 Voda obsažená v konstrukci v důsledku rovnovážné (sorpční) vlhkosti, hygroskopicitá .	19
1.1.5.6 Voda v konstrukci po nevhodných stavebních úpravách .....	19
1.1.5.7 Voda zabudovaná do konstrukce .....	20
1.1.5.8 Voda z technických zařízení v důsledku poruch .....	20
1.2 ZPŮSOBY MĚŘENÍ VLHKOSTI VE ZDIVU .....	20
1.2.1 <i>Destruktivní metody</i> .....	20
1.2.1.1 Gravimetrická metoda.....	20
1.2.1.2 Metoda karbidu vápníku .....	21
1.2.2 <i>Nedestruktivní metody</i> .....	21
1.2.2.1 Mikrovlnná metoda.....	21
1.2.2.2 Kapacitní metoda .....	21
1.2.2.3 Vodivostní metoda.....	22
1.2.2.4 Odporová metoda.....	22
1.2.2.5 Metoda impedanční spektroskopie.....	22
1.2.2.6 Radiometrická metoda .....	22
1.3 KLASIFIKACE VLHKOSTI ZDIVA.....	23
1.4 NEGATIVNÍ ÚČINKY VLHKOSTI VE STAVBĚ .....	23
1.4.1 <i>Vodorozpustné soli v konstrukcích</i> .....	23
1.4.1.1 Zdroje zasolení zdiva a druhy solí .....	24

1.4.1.2	Vliv vodorozpuštěných solí, výkvěty a výluhy.....	24
1.4.2	<i>Biokoroze stavebních materiálů</i> .....	25
1.4.3	<i>Vliv vlhkosti na statiku budov</i> .....	25
1.5	METODY SANACE VLHKÉHO ZDIVA.....	26
1.5.1	<i>Přímé metody</i> .....	26
1.5.1.1	Mechanické metody.....	26
1.5.1.2	Chemické metody .....	29
1.5.1.3	Plošné hydroizolace konstrukcí .....	33
1.5.1.4	Elektrofyzikální metody .....	33
1.5.1.5	Vzduchoizolační systémy .....	34
1.5.2	<i>Nepřímé metody</i> .....	38
1.5.2.1	Odvodnění okolí objektu pomocí drenáže .....	38
1.5.2.2	Terénní úpravy okolí objektu.....	39
1.5.2.3	Větrání objektu .....	39
1.5.3	<i>Přímé metody doplňkové</i> .....	40
1.5.3.1	Hydroizolační prostředky .....	40
1.5.3.2	Vnější nátěry, nástřiky a těsnění spár.....	40
1.5.4	<i>Nepřímé metody doplňkové</i> .....	40
1.5.4.1	Sanační omítky .....	40
1.5.5	<i>Přehled přímých metod sanace</i> .....	42
1.6	VÍCEKRITERIÁLNÍ ROZHODOVÁNÍ .....	43
1.6.1	<i>Stanovení vah kritérií</i> .....	43
1.6.2	<i>Stanovení pořadí variant</i> .....	43
<b>2</b>	<b>APLIKACE METOD SANACE NA MODELOVÉ PŘÍPADY OBJEKTŮ</b> .....	<b>44</b>
2.1	METODIKA PRÁCE A VSTUPNÍ PARAMETRY .....	44
2.2	SAMOSTATNĚ STOJÍCÍ OBJEKT.....	46
2.2.1	<i>Varianta nepodsklepená</i> .....	46
2.2.2	<i>Varianta se suterénem</i> .....	50
2.3	OBJEKT V ZÁSTAVBĚ .....	55
2.3.1	<i>Varianta nepodsklepená</i> .....	56
2.3.2	<i>Varianta se suterénem</i> .....	59
	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>66</b>
	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>69</b>
	LITERATURA A NORMY .....	70
	SEZNAM TABULEK.....	71
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	73
	SEZNAM PŘÍLOH .....	73
	PŘÍLOHA 1: ROZPOČET PRO SAMOSTATNĚ STOJÍCÍ OBJEKT	
	PŘÍLOHA 2: ROZPOČET PRO OBJEKT V ZÁSTAVBĚ	



## Úvod

Přestože je voda nepostradatelnou látkou pro život, dokáže v některých případech život spíše znepríjemnit. V případě vniku vody do stavebních konstrukcí dochází ke značným změnám jejich mechanických a tepelně-izolačních vlastností, přičemž může docházet až ke statickým poruchám. S vlhkým zdivem je ale také úzce spojeno vlhké životní prostředí uvnitř objektu a obecně známý fakt, že pobyt ve vlhkém prostředí působí negativně na lidský organismus. Velice negativním projevem vlhkého zdiva a prostředí jsou plísně, které mohou například zapříčínovat příznaky alergií. Z těchto důvodů musíme zdivo s dožilou nebo možná i s neexistující hydroizolací sanovat a dosáhnout tak výrazného a trvalého snížení vlhkosti ve zdivu i přes pracnost a nemálo finančních prostředků, které bývají na sanaci vynaloženy.

## Cíl

Cílem této bakalářské práce je seznámit se s příčinami vzniku vlhkého zdiva, zdroji vlhkosti ve zdivu, veličinami vlhkosti, negativními účinky přítomnosti vlhkosti ve zdivu, způsoby měření a s metodami sanace. Následně teoretické poznatky o sanaci vlhkého zdiva aplikovat na čtyři modelové případy objektů, přičemž se jedná o nepodsklepené a suterénní varianty objektu v zástavbě a objektu samostatně stojícího. Vyhodnotit použitelnost možných variant řešení z hlediska technologie a provádění sanace, nákladů na provedení sanace, vlivu na provoz v budově a vlivu na okolí stavby.

# **1 Vlhkost ve stavbách a metody sanace**

## **1.1 Vlhkost ve zdivu**

Obsah vlhkosti v pórovitém materiálu je vždy nenulový. To samozřejmě platí i pro materiály zabudované do zdiva. Vlhkost obsažená ve zdivu následně ovlivňuje celou řadu jeho vlastností. Jedná se hlavně o objemovou hmotnost, mrazuvzdornost, měrnou tepelnou kapacitu a vodivost, pevnost a pružnost [stav hmot]. Obsah vlhkosti ve zdivu je závislý na teplotě, vzdušné vlhkosti, pórovitosti, v případě zavlhklých konstrukcí na množství hygroskopických solí atd. [1]

### **1.1.1 Druhy vlhkosti**

Množství vlhkosti obsažené ve stavebních materiálech se mění během celé doby životnosti. Proto rozeznáváme základní tři druhy vlhkosti v závislosti na etapách výroby či použití materiálu. [2]

#### **1.1.1.1 Výrobní vlhkost**

Jedná se o vlhkost, která se do zdícího materiálu dostává při budování konstrukce za použití mokrého procesu. Rychle vysychá přesto, že na počátku nabývá vysokých hodnot. [2]

#### **1.1.1.2 Skladovací vlhkost**

Musí se brát v úvahu před zabudováním prvku do konstrukce nebo při výrobě betonové směsi (vlhkost kameniva). [2]

#### **1.1.1.3 Trvalá vlhkost**

Pro dosažení trvalé vlhkosti je potřeba určitá doba, většinou 2 až 7 let. Tuto dobu ovlivňuje provoz v budově, roční období, pórovitost materiálu, intenzita větrání a typ vytápění. Po dosažení určité hodnoty se téměř nemění. [2]

## **1.1.2 Vlhkost, veličiny a vztahy**

Určení množství vlhkosti se provádí pomocí hmotnostní vlhkosti, objemové vlhkosti nebo objemové vlhkosti ve vlhkém stavu. [2]

### 1.1.2.1 Objemová vlhkost materiálu

Rovnice pro výpočet veličiny [2]:  $w_v = \frac{V_w}{V} * 100$

Popis veličin v rovnici:

$w_v$	objemová vlhkost materiálu (%)
$V_w$	objem volné vlhkosti v materiálu (m <sup>3</sup> )
$V$	objem materiálu (m <sup>3</sup> )

### 1.1.2.2 Hmotnostní vlhkost materiálu

Rovnice pro výpočet veličiny [2]:  $w_m = \frac{(m_w - m_d)}{m_d} * 100$

Popis veličin v rovnici:

$w_m$	hmotnostní vlhkost materiálu (%)
$m_w$	hmotnost materiálu ve vlhkém stavu (kg)
$m_d$	hmotnost materiálu v suchém stavu (kg)

## 1.1.3 Transport vlhkosti

Porozumění transportu vlhkosti je důležité z důvodu zamezení kumulace vlhkosti v konstrukci a její následné degradaci. [3]

K šíření vlhkosti v konstrukci dochází jak v plynné, tak i kapalně fázi, za doprovodu průvodních jevů. Mechanismy vedení vlhkosti dělíme na difuzi v případě vodní páry a na kapilární vedení pro kapalinu. [3]

Pro transport a další vlhkostní pochody v konstrukci je nutná přítomnost pórů stavebních materiálů. V případě transportu vlhkosti musí materiály obsahovat póry otevřené. [3]

### 1.1.3.1 Difuze

Jedná se o transport vlhkosti způsobený rozdíly mezi vnitřním a vnějším klimatem, především rozdílem teplot a vlhkostí vzduchu. V takovém případě vzniká tok vlhkosti přes obalové konstrukce z místa s vyšším parciálním tlakem vodní páry do místa s nižším. [3]

Hustota hmotnostního toku vodní páry podle Fickova zákona [3]:

$$q = -D \frac{\partial c}{\partial x}$$

Kde je:         $q$         hustota hmotnostního toku vodní páry ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )  
                   $D$         součinitel difuze vodní páry příslušným materiálem ( $\text{m}^2/\text{s}$ )  
                   $c$         koncentrace vodní páry ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )

Přesun vlhkosti při difuzi způsobují dva hnací mechanismy, jedná se o gradient tlaku a gradient teploty. Ve směru k prostředí s vyšší teplotou, tedy proti směru difuze přivádí vlhkost gradient teploty. Ve směru difuze působí gradient tlaku. Výsledný směr pohybu vlhkosti je dán součtem těchto gradientů. [3]

Difuze vodní páry probíhá kromě několika letních dnů výhradně z vnitřních prostorů směrem ven z budovy, vlivem vyššího parciálního tlaku vodní páry vnitřního vzduchu (vlhkost z provozu v budově). Z tohoto důvodu by měla být konstrukce navržena tak, aby difuzní odpory jednotlivých vrstev směrem od interiéru klesaly. Tímto opatřením se snažíme co nejvíce snížit kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce. [3]

### 1.1.3.2 Kapilární vedení vlhkosti

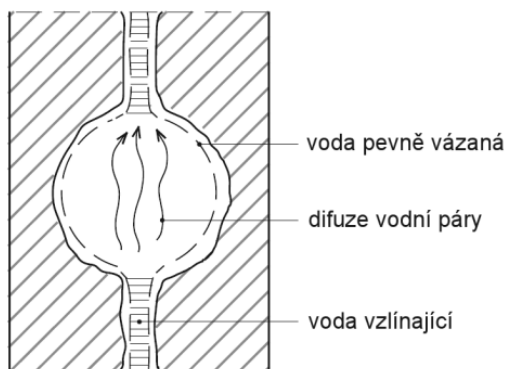
Kapilární vedení vlhkosti je typické pro většinu stavebních materiálů, jelikož se jedná o smáčivé materiály. V případě styku pórovitého materiálu s vodou dochází k nasávání vody. Výška a rychlost vzlínání je závislá na velikosti pórů, přičemž materiály s jemnými póry dokáží vodu nasát do mnohem větších výšek než materiály s póry většími. Poloměry pórů se pro transport vlhkosti vzlínáním pohybují od  $10^{-7}$  do  $10^{-4}$  m. [3]

Vzlínání vlhkosti lze vysvětlit na principu kapilární elevace, který je založen na rozdílu výšek hladin v kapiláře a okolí. Tím vznikají kapilární síly mezi molekulami kapaliny a povrchem pevné látky. Sloupec kapaliny v kapiláře se poté pohybuje ve směru výslednice sil povrchového napětí. [3]

Maximální výška vzlinutí vlhkosti [3]:

$$h = \frac{2 \cdot \delta + \cos\Theta}{r \cdot \rho \cdot g}$$

- kde je:
- $\delta$       povrchové napětí kapaliny ( $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ )
  - $\Theta$       úhel smáčení mezi kapalinou a stěnou kapiláry ( $^\circ$ )
  - $r$       poloměr kapiláry (m)
  - $\rho$       měrná hmotnost kapaliny ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )
  - $g$       tíhové zrychlení ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ )



Obr. 1: Detail prostupu vlhkosti kapilárou zdiva [3]

Vzlínající vlhkost je nejčastější problém týkající se zavlhých zdí a tím pádem důvodem k sanaci zdiva. Vzlínající voda bývá navíc často nasycena rozpuštěnými minerály a solemi, které způsobují další zvýšení vzlinutí vlivem zmenšení průměru pórů. [3]

### 1.1.3.3 Kapilární kondenzace

Jedná se o jeden z významných činitelů, jenž má vliv na rovnovážnou vlhkost stavební konstrukce. Probíhá uvnitř stavebních konstrukcí, přičemž je závislá na poloměrech a četnosti pórů. V určité velikosti pórů dochází ke kondenzaci ještě před dosažením nasyceného tlaku vodní páry. [3]

Kelvinova rovnice [3]:

$$\ln\left(\frac{P}{P_0}\right) = \frac{\delta}{R \cdot T \cdot \rho \cdot r}$$

kde je:

$P/P_0$	relativní vlhkost vodní páry vyjádřená jako poměr tlaků
$\delta$	povrchové napětí vody ( $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ )
$\rho$	hustota vody ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )
$r$	poloměr kapiláry (m)
$R$	plynová konstanta ( $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )
$T$	absolutní teplota (K)

Z předchozí rovnice se dají odvodit poloměry kapilár, při kterých zkondenzuje vlhkost před dosažením nasyceného tlaku vodní páry. Například u kapilár o poloměru  $10^{-6}$  m se kondenzace uskuteční již při relativní vlhkosti vzduchu cca 75%, zatímco u kapilár o poloměru  $10^{-7}$  m se tento efekt neprojeví a ke kondenzaci dochází, až když je vzduch plně nasycen vodní parou. [3]

#### 1.1.3.4 Povrchová kondenzace

K povrchové kondenzaci dochází v případě, že relativní vlhkost vzduchu dosáhne hodnoty 100%. Relativní vlhkost vzduchu  $\varphi$  je poměr částečného tlaku vodní páry  $p_v$  a částečného tlaku nasycené vodní páry  $p_{\text{sat}}$ , vyjádřený v procentech. [3]

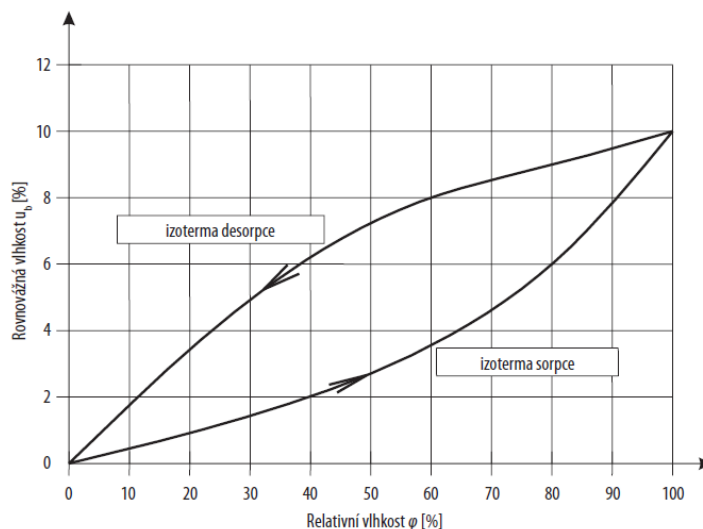
$$\varphi = \frac{P_v}{P_{v,\text{sat}}} \cdot 100 \%$$

Zkondenzovaná vlhkost se následně projeví jako mlha, rosa, nebo jinovatka. [3]

#### 1.1.3.5 Sorpce

Jedná se o transport vlhkosti z nebo do konstrukce, podle toho jestli je vyšší parciální tlak vodní páry v konstrukci nebo ovzduší. Transport probíhá do doby, než se dosáhne rovnovážného stavu. Sorpce označuje jev, kdy zdivo přijímá vlhkost z okolního vzduchu, který má vyšší parciální tlak vodní páry, desorpce naopak. [3]

Sorpční a desorpční izotermy zobrazují závislost rovnovážné vlhkosti na relativní vlhkosti okolního prostředí při určité teplotě. Rozdíl mezi těmito křivkami se nazývá hystereze. [3]



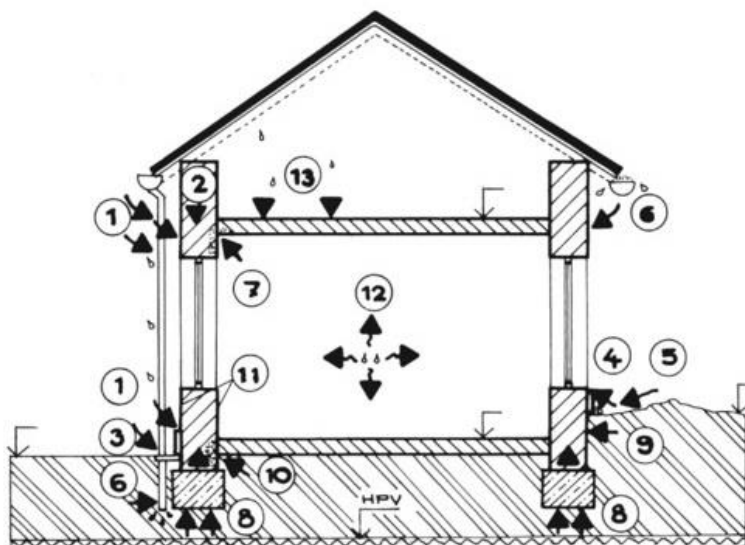
Obr. 2: Izotermy rovnovážné vlhkosti [4]

#### 1.1.4 Příčiny vzniku vlhkého zdiva

Jako příčina vzniku vlhkého zdiva může být chyba již při vytváření projektové dokumentace. Nerespektování terénních podmínek, podcenění kolísání hladiny podzemní vody, zvolení nevhodného opatření proti vlhkosti. Další možností je neodborné provedení hydroizolací, nedodržení technologických postupů nebo porušení hydroizolace následujícím procesem na stavbě. V případě vzniku vlhkého zdiva u starších případně historických staveb bývají častým problémem degradované původní hydroizolace, které už neplní svou funkci, nebo nerespektování původních opatření proti vlhkosti, jejich znehodnocení například zazděním větracích průduchů a následné vlhnutí zdiva. Nedostatečná údržba objektu (zatékání do konstrukcí, vadné žlaby a svody, zanesené drenáže). Případně změny v okolí stavby (přístavby, nové povrchy) mohou mít také negativní vliv. [3]



### 1.1.5 Zdroje zvýšené vlhkosti zdiva



Obr. 3: Zdroje vlhkosti [3]

1 – dešťová voda pronikající z boku, stékající po povrchu zdiva; 2 – volná voda pronikající stavebními vadami; 3 – volná voda vnikající do zdiva vadným stavebním detailem; 4 – voda odstříkující; 5 – voda stékající volně po povrchu; 6 – špatný stav instalací, dešťových svodů; 7 - kondenzace v místech nedostatečné tepelné izolace; 8 – voda vztlínající z podzákladí; 9 – voda vztlínající do zdiva z boků; 10 – s vodou do konstrukce pronikají i rozpustné soli; 11 – voda hydroroskopická; 12 – zvyšování vlhkosti v interiéru; 13 – stavební vlhkost vnášená mokřými procesy

#### 1.1.5.1 Voda srážková

Střecha objektu pomocí žlabů a svodů působí jako hlavní ochrana proti srážkové vodě. V případě větru jsou ale silně namáhány i obvodové konstrukce a to vodou přímou nebo vodou odstříkující od okolních ploch či konstrukcí. Obvodové konstrukce se tedy musí chránit omítkami a nátěry, které sice plní estetickou funkci, ale zároveň poskytují ochranu zdiva proti provlhnutí. Neomítnuté zdivo provlhá mnohem rychleji než zdivo chráněné omítkou. Mezi nejvíce namáhaná místa fasády patří sokly, které jsou zpravidla namáhány jak vodou přímou, tak vodou odstříkující. V zimním období mohou být namáhány posypovými solemi, v jarním období potom při tání sněhu zatékáním. Z toho důvodu by měly být všechny přilehlé plochy a chodníky spádované směrem od objektu. Voda může vnikat do konstrukce i nedořešenými detaily, jako jsou například chybějící stříšky nad komínovými a větracími průduchy. Všechny vodorovné upevňovací prvky (například zábradlí) musí být také spádovány směrem od objektu, toto spádování platí i pro parapety oken a další prvky na fasádě. [5]

### 1.1.5.2 Voda vzlínající

Jedná se o vodu vázanou v pórovitém prostředí zeminy. Tato voda se dostává do konstrukcí pod úroveň terénu přesto, že základová spára nezasahuje pod úroveň podzemní vody. Dochází k tomu pomocí kapilárního vzlínání vody nebo kondenzací na základovém zdivu. Tuto vodu póry zdiva nasávají a transportují kapilárními silami směrem nahoru. Intenzita vzlínání vlhkosti je závislá na množství vody, která se ke zdivu dostane nebo na ní zkondenzuje a na nasákavosti stavebního materiálu podterénního zdiva a základů. [1]



*Obr. 4: Projevy vzlínající vlhkosti v interiéru*

Ke vzlínající vlhkosti zdiva dochází poměrně často a to především na starších stavbách kde už bývají lepenkové izolace za hranicí životnosti. [1]

### 1.1.5.3 Voda kondenzující, difuze vodní páry

Voda může kondenzovat na površích, ale i uvnitř konstrukce jestliže je jejich teplota nižší než teplota rosného bodu okolního vzduchu. Na površích se většinou projevuje lokálně v místech tepelných mostů (výplně otvorů, jejich ostění, nadpraží, parapety, kouty a rohy místností). V důsledku difuze vodní páry se však voda může ukládat i do konstrukce. Důležitým faktorem pro zamezení kondenzace je dostatečné větrání vnitřních prostor tak, abychom zamezili zvyšování měrné vlhkosti vnitřního vzduchu. V opačném případě dochází ke zvýšení teploty rosného bodu a snáze tak dochází ke kondenzaci vodní páry. K projevům kondenzace vodní páry dochází většinou v objektech s velkou tloušťkou obvodových stěn (historické budovy). A to důsledkem velké akumulární schopnosti stěn, které si drží svoji nízkou teplotu i po zvýšení teploty okolního vzduchu. Dalšími příčinami náhlé kondenzace může být zvýšení produkce vodní páry změnou využívání objektu nebo výměna starých oken

za nová těsná, která bez přispění uživatele značně omezí přirozenou infiltraci netěsnostmi. [1]

#### **1.1.5.4 Voda působící hydrostatickým tlakem**

Prvním typem je voda, která při dešti nebo tání sněhu proniká do zeminy. V případě chybějící drenáže se potom z různých důvodů hromadí v okolí stavby a působí hydrostatickým tlakem na spodní stavbu. Důvodem může být například vyšší propustnost zasypu než okolní zeminy nebo nepropustná vrstva pod stavbou. V případně porušené nebo nedostatečné hydroizolace potom proniká do zdiva a projevuje se v závislosti na povětrnostních podmínkách. V druhém případě se spodní stavba nachází pod úrovní kolísající hladiny podzemní vody, vzniká tak podzemní tlaková voda. [1]

#### **1.1.5.5 Voda obsažená v konstrukci v důsledku rovnovážné (sorpční) vlhkosti, hygroscopicita**

Jedná se o vlhkost, kterou přejímá zdivo z okolního vzduchu. Rovnovážnou (sorpční) vlhkost ovlivňuje teplota, relativní vlhkost a barometrický tlak okolního vzduchu. Významné zvyšování této vlhkosti způsobuje hygroscopicita daného zdiva. Hygroscopicita se nejčastěji projevuje v případě, že stavební materiál obsahuje soli s hygroscopicitami. Tyto soli přejímají vodu z okolního vzduchu a zdivo jimi nasycené dosahuje několikanásobně vyšší rovnovážné vlhkosti než zdivo nezasolené. Soly s hygroscopicitami se do zdiva dostávají prostřednictvím vztlínání vlhkosti v případě porušené hydroizolace, v zimním období odstříkující vodou z nasolených komunikací nebo prostřednictvím kyselých dešťů. Zavlhání může být způsobeno i použitím hygroscopicitami jako je například cementová malta a sádra. [1]

#### **1.1.5.6 Voda v konstrukci po nevhodných stavebních úpravách**

Stavební úpravy a sanační opatření, která jsou špatně navržena, mohou rovněž negativně ovlivnit vlhkost zdiva. Mezi tyto stavební úpravy patří například zazdění původních rozvodů vzduchu, které sloužily pro odvětrání vlhkosti. Položení materiálu s vysokým difuzním odporem na původní dřevěné podlahy, pod kterými není hydroizolace nebo zřízení hydroizolace pouze pod podlahou bez napojení na hydroizolaci zdiva. Aplikace povrchu nebo vrstvy s vysokým difuzním odporem na neizolovanou nebo již viditelně vlhkou stěnu. Všechny tyto stavební úpravy mají za

následek zvýšení vlhkosti zdiva, především z důvodu zamezení difuze vodní páry z původně nezakrytých povrchů. [5]

#### **1.1.5.7 Voda zabudovaná do konstrukce**

Při realizaci objektu je vnášena do konstrukce mokkými procesy. Vysychání z výrobní vlhkosti na tzv. praktickou vlhkost je závislé na materiálu, obvykle trvá od 2 do 7 let. Praktická vlhkost je pojem popisující ustálenou vlhkost, kterou si zdivo drží po dobu užívání s menšími výkyvy v důsledku provozu, klimatu atd. Ve většině případů se nejedná o problém, jelikož jde o přirozený jev. Přesto se poruchy mohou projevit v případě uzavření konstrukce vrstvou s vysokým difuzním odporem. [5]

#### **1.1.5.8 Voda z technických zařízení v důsledku poruch**

Může se jednat o poruchy přímo na technických zařízeních (pračka, myčka, wc) nebo na rozvodech (vodovod, kanalizace, ústřední vytápění) a odvodňovacích zařízeních. Těchto poruch existuje celá řada, lze ale říct, že z hlediska zavlhčení zdiva bývá mnohdy horší skrytý nepatrný únik oproti náhlé havárii. V případě nepatrných úniků, obzvláště na potrubí, které je skryto pod omítkou, zjistíme únik až po delší době. Tím dochází k nasáknutí zdiva do větší hloubky a tím náročnější je i sanace. [5]

### **1.2 Způsoby měření vlhkosti ve zdivu**

Způsoby měření vlhkosti ve zdivu rozděluje M. Balík [3] podle způsobu odběru vzorku a podle způsobu měření. Podle způsobu odběru vzorku dělíme tyto metody na destruktivní a nedestruktivní podle toho, jestli je nutné odebrat vzorek a tím pádem destruktivně zasáhnout do konstrukce či nikoliv. Podle způsobu měření můžeme rozdělit tato měření na přímá a nepřímá. Přímá v případě, že daná metoda určuje množství vody oddělené od pevné fáze. Nepřímá pokud metoda určuje vlhkost materiálu podle fyzikální veličiny, která je závislá na vlhkosti (tepelná vodivost, elektrický odpor atd.). [3]

#### **1.2.1 Destruktivní metody**

##### **1.2.1.1 Gravimetrická metoda**

Jedná se o nejpoužívanější metodu měření vlhkosti ve zdivu. Pro zjištění vlhkosti musí být odebrán vzorek, který se zváží, vysuší v sušárně za normou stanovených podmínek a následně znovu zváží. Rozdíl hmotnosti vzorku před a po

vysušení je roven hmotnosti vody, kterou před vysušením obsahoval. Ke stanovení hmotnostní vlhkosti se využívá následující vzorec. [6]

$$w = \frac{m_v - m_s}{m_s} \cdot 100 [\%]$$

Mezi nevýhody této metody se řadí časové zpoždění, jelikož výslednou vlhkost získáváme až po vysušení vzorku, a nemožnost opakování měření v jednom určitém místě. [6]

### **1.2.1.2 Metoda karbidu vápníku**

Metoda karbidu vápníku je metoda, která se využívá především při měření vlhkosti sypkých materiálů, například písků a jílu. Lze ale využít i při měření vlhkosti rozdrčeného zdiva. Princip této metody spočívá v reakci, která proběhne mezi vzorkem a známým množstvím karbidu. Při této reakci začne stoupat tlak v uzavřené nádobě v důsledku tvorby acetyleny. Vlhkost následně určíme dle zvýšení tlaku, pomocí manometru. [6]

## **1.2.2 Nedestruktivní metody**

### **1.2.2.1 Mikrovlnná metoda**

Tato metoda je založena na poznatku, že při průchodu mikrovlnného záření pórovitým prostředím určité látky má největší vliv na útlum tohoto záření volná voda. K přesnému měření vlhkosti přispívají výrazné odlišnosti elektromagnetických vlastností suchých pórovitých látek a vody. Pomocí této metody se dá měřit vlhkost nedestruktivně a v celém objemu látky. Nevýhodou je, že se jedná o laboratorní zařízení, které se těžko uplatňuje při práci v terénu. [6]

### **1.2.2.2 Kapacitní metoda**

Jedná se o metodu, pomocí které se měří dielektrická konstanta hmoty, což je aspekt, který je velice závislý na vlhkosti. Pro citlivost metody se využívá relativní permitivity  $\epsilon$ . Voda má relativní permitivitu 82 a běžné stavební materiály menší než 10, tím pádem se na relativní permitivitě projeví i malé množství vody obsažené ve stavebním materiálu. Mezi výhody této metody patří, že není téměř ovlivněna solemi rozpuštěnými ve vodě a měření se dá provádět ve velkém rozsahu vlhkosti. Naproti tomu musí být přístroj kalibrován dle druhu materiálu, ve kterém provádíme měření. [6]

### 1.2.2.3 Vodivostní metoda

Tato metoda využívá pro určení vlhkosti elektrickou vodivost, která se zvyšuje s obsahem vody v materiálu. Měření se provádí pomocí dvou elektrod. Vodivostní metoda se dá uplatnit pouze u materiálů, které nejsou elektrické vodiče (dřevo, zdivo, beton). [6]

### 1.2.2.4 Odporová metoda

Odporová metoda je založena na stejném principu jako vodivostní metoda, tedy že suchá pórovitá látka je nevodič, ale se zvyšujícím se obsahem vody se elektrická vodivost zvyšuje. Pro určení vlhkosti materiálu se měří velikost elektrického odporu látky o známé délce. Nepřesnost tohoto měření se může projevit především v případě, že vznikne přechodový odpor mezi elektrodou a měřeným materiálem. Obecně se tato metoda využívá především při měření vlhkosti dřeva. [6]

### 1.2.2.5 Metoda impedanční spektroskopie

Jedná se o metodu, které využívá pro určení vlhkosti a dalších vlastností materiálu frekvenční závislosti impedančních charakteristik. [6]

### 1.2.2.6 Radiometrická metoda

Zjišťování vlhkosti pomocí této metody je založeno na principu moderace rychlých neutronů atomy vodíku. Rychlé neutrony dodává směsný zářič americium a berylium. [6]



Obr. 5: Radiometrická soustava Troxler model 3411 [6]

Ve vlhkém prostředí dochází ke zpomalování rychlých neutronů pomocí vodíkových jader. V okamžiku, kdy rychlé neutrony dosáhnou teplotní rovnováhy s jádru prostředí, začnou být registrovány detektory pomalých neutronů.

Vyhodnocovací jednotka následně vyhodnotí vlhkost materiálu dle objemu materiálu, který postačuje ke zpomalení neutronů. Čím menší objem postačuje ke zpomalení neutronů, tím je vyšší vlhkost materiálu. [6]

### 1.3 Klasifikace vlhkosti zdiva

Podle J. Solaře [4] je hmotnostní vlhkost zdiva základním a nejdůležitějším aspektem pro návrh vhodné sanační metody. [4]

Následující tabulka klasifikace vlhkosti zdiva v současnosti platné ČSN P 73 0610 [7] se vztahuje na prostory a místnosti určené pro pobyt osob. Předpokladem pro použití této klasifikace je, že jsou stěny vyzděny z plných pálených cihel a to na vápennou, vápenocementovou nebo cementovou maltu. Případně z dalších tradičních materiálů, které se používaly jako zdící materiály (pískovce, opuky, další druhy přírodního kamene) s nasákavostí větší než 10% hmotnostních. [7]

Tab. 1: Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610 [7]

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

Vzorky by měly být odebrány z hloubky 100 až 150 mm, tak aby byl potlačen vliv obklopujícího prostředí (kondenzace na povrchu, větrem hnané deště). [7]

## 1.4 Negativní účinky vlhkosti ve stavbě

### 1.4.1 Vodorozpustné soli v konstrukcích

Právě vodorozpustné soli způsobují část poruch, které jsou připisovány vlhkosti, ale v případě zatížení konstrukce čistou vodou by k nim nedošlo. Voda v takovém případě slouží jako transportní médium, které umožňuje transport, nebo i vznik solí v pórovitých materiálech. [3]

#### 1.4.1.1 Zdroje zasolení zdiva a druhy solí

Na poškozování stavebních konstrukcí se podílejí především rozpustné soli (sírany, chloridy a dusičnany). [8]



Obr. 6: Projevy soli používané jako tavidlo sněhu

- **Sírany** se do zdiva dostávají z podzemních vod a základových půd, nebo je stavební materiály obsahují samy o sobě. Další možností zdroje síranů jsou kyselá deště. [8]
- **Dusičnany** se ve zdivu vyskytují v případě zvlhčení biologicky znečištěnou vodou, například z kanalizace nebo odpadů uvnitř objektu. Objevují se i u zemědělských objektů v důsledku ustájení zvířat, případně se do zdiva dostávají ze zeminy obsahující hnojiva. [8]
- **Chloridy** představuje především chlorid sodný, který se sice v ČR téměř nevyskytuje, přesto se ve zdivu nachází. To je způsobeno jeho uplatněním jako tavidlo sněhu a ledu na chodnicích podél budov, případně skladováním solí v objektech. [8]

#### 1.4.1.2 Vliv vodorozpustných solí, výkvěty a výluhy

Projevy poškození fasád v důsledku působení vodorozpustných solí se objevují v různých formách. Jejich projevy se liší především v závislosti na rychlosti odpařování a na tom, zda ke krystalizaci dochází na povrchu, případně uvnitř porézního materiálu. V případě povrchové krystalizace se jedná o výkvěty a výluhy, které ani nemusí mít zásadní vliv na destrukci stavebních materiálů, jako spíše na estetický vzhled fasád. Hlavním destruktivním mechanismem vodorozpustných solí



je jejich hydratace v pórech, dutinách, prasklinách, případně pod nátěry. Velmi negativním projevem těchto solí je také jejich hygroskopicita. [3]

#### **1.4.2 Biokoroze stavebních materiálů**

V případě staveb a stavebních materiálů se jedná o negativní proces, který zkracuje životnost stavby. Biokoroze stavebních materiálů je způsobována působením živých organismů na stavební dílo. Nejvíce vnímanými projevy jsou tvorba plísní v interiérech a degradace dřevěných konstrukcí vlivem hmyzu a hub. Přesto se projevuje i koroze přírodních stavebních kamenů, cihel, malt ve spárách, omítek, nebo zvyšováním vlhkosti zdiva. [9]

K poškození stavebních materiálů nedochází pouze v důsledku působení biologických činitelů za účelem získání potravy. Mikroorganismy, mezi které patří například sírné a nitrifikační bakterie, produkují silné minerální kyseliny, které dokáží rozpustit i křemičitany a hlinitany vápenaté. Může tak docházet ke snížení životnosti až k rozpadu krytin či lepenkových vložek v asfaltových pásech. Negativní vliv na konstrukce a hydroizolace mají ale také kořenové systémy stromů, ptáci, hlodavci atd.. [2]

V souvislosti se životním prostředím uvnitř objektu jsou negativně spojeny především plísně, které se často vyskytují na stěnách vlhkého zdiva. Často se jedná o potenciálně patogenní rod *Aspergillus Penicillium*, *Cladosporium*. V důsledku pobytu osob v bytech napadených plísněmi často vznikají příznaky alergií. [3]

#### **1.4.3 Vliv vlhkosti na statiku budov**

Denně se setkáváme s konstrukcemi, jako jsou rozpadající se štítové nebo sokolové partie domů, namáhané dešťovou nebo vzlínající vodou. Rovněž opěrné, nebo plotové stěny, které jsou značně namáhány povětrnostními vlivy. [3]

Vlhkostní namáhání konstrukce v kombinaci s vodorozpustnými solemi a mrazem vede k degradaci a rozpadu materiálu. V takovém případě může být narušena bezpečnost a spolehlivost konstrukce a může dojít až ke statickým poruchám. Zároveň pórovitý stavební materiál sám o sobě ztrácí pevnost v tlaku v důsledku obsahu vlhkosti. [3]

## 1.5 Metody sanace vlhkého zdiva

Vlhkost zdiva značně ovlivňuje tepelněizolační vlastnosti konstrukcí, vlhkost vzduchu uvnitř objektu a způsobuje další například chemické nebo biologické poškození zdiva. Proto usilujeme o její trvalé a výrazné snížení. Toho dosahujeme pomocí stavebních, vysušovacích a hydroizolačních opatření.[7]

V této bakalářské práci se budeme zabývat sanací zdiva, které je namáháno primárně zemní vlhkostí.

Metody sanací proti zemní vlhkosti, srážkové vodě prosakující do zeminy a dalším typům namáhání dělí norma ČSN P 73 0610 [7] takto:

- Přímé metody
- Nepřímé metody
- Přímé metody doplňkové
- Nepřímé metody doplňkové

Důležité je dodat, že sanace vlhkého zdiva se téměř vždy skládá z kombinace metod přímých či nepřímých a metod doplňkových tak, aby byl vytvořen komplexní sanační systém a bylo tak dosaženo optimálního výsledku.[7]

### 1.5.1 Přímé metody

Jedná se o hlavní sanační práce. Podstatou těchto metod je zabránění dalšího vstupu vlhkosti do konstrukce. [10]

#### 1.5.1.1 Mechanické metody

Při použití těchto metod se do konstrukce vkládá hydroizolační materiál, který pak svými vlastnostmi mechanicky brání průniku vlhkosti výše do zdiva. Tyto metody při správném provedení patří mezi nejspolehlivější, ale také mezi dražší. [10]

- **Probourávání zdiva**

Provádění této metody je velmi pracné a zdlouhavé, tím pádem i poměrně drahé. Navíc zde existuje vysoké riziko poškození statiky budovy. V současné době se využívá spíše okrajově při rekonstrukcích menších objektů nebo v případě objektů se složitou skladbou zdiva v kombinaci s dalšími okolnostmi, kvůli kterým bychom těžko uplatňovali jiné mechanické metody. [3]

Princip této metody spočívá v postupném vybourávání 2 až 4 vrstev cihel po úsecích dlouhých 0,8 až 1,5 m. Mezi těmito vybourávanými úseky musíme zachovat pilíř z původního zdiva o šířce minimálně 0,6 m, tak aby nebyla narušena statika budovy. Po vybourání otvorů vyčistíme spodní plochu a nanese vyrovňovací vrstvu z cementové malty. Úroveň této plochy je vhodné zvolit s ohledem na úroveň hydroizolace podlahy uvnitř objektu tak, aby bylo jednodušší následné napojení. Po vytvrdnutí této plochy položíme hydroizolaci (modifikované izolační pásy, PE fólie apod.). Hydroizolaci vkládáme s přesahem 100-150 mm přes líc stěny, ale stejný přesah je potřeba provést i v podélném směru, abychom mohli napojit hydroizolaci z dalšího úseku. Následně dozdíme zbylý prostor, v poslední vrstvě zajistíme pomocí statických plastových klínů z obou stran a zainjektujeme cementovou maltou s plastifikátorem. Postup následně opakujeme v prostoru dosud zachovaných pilířů. [3]

- **Ruční podřezávání zdiva**

Jedná se o nejlevnější mechanickou metodu. Hlavním kritériem pro provedení této metody je vodorovná spára ve zdivu. Podobně jako u probourávání zdiva se jedná o namáhavou činnost. [4]

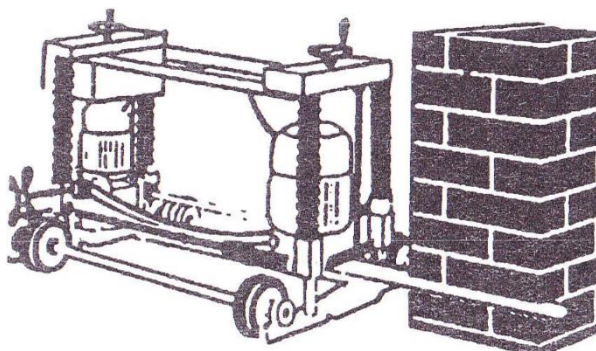
Podřezávání provádějí dvě osoby pomocí pily tzv. břichatky, a to postupně po úsecích 0,8 – 1,2 m. Po proříznutí a vyčištění spáry se vloží hydroizolace, která by měla být pevná a tuhá, tak by šla dobře zasouvat do proříznuté spáry (sklolaminát, LEHD, PEHD). Hydroizolaci vkládáme s přesahem přes jednotlivé pásy, ale také s přesahem přes líc zdi tak, abychom mohli provést napojení na hydroizolaci podlahy. Dalším krokem je vyklínování spáry pomocí plastových klínů a vyplnění cementovou maltou. [4]

V současné době se tato metoda téměř nepoužívá především z důvodu zrychlení a zjednodušení práce pomocí řetězových pil. Přesto si uchovává svou výhodu v nižší ceně. [4]

- **Strojní podřezávání zdiva**

Princip těchto metod je stejný jako u předešlé metody, avšak z důvodu ulehčení a urychlení práce se používají pily s elektrickým motorem. Některé z těchto metod navíc umožňují i podřezávání zdiva bez průběžné vodorovné spáry. [4]

### a) Podřezávání zdiva řetězovou pilou



Obr. 7: Podřezávání zdiva pomocí řetězové pily [10]

Tato metoda umožňuje podřezávání zdiva o tloušťce až 1 m a to výhradně ve vodorovné maltové spáře, použití je ale možné i pro smíšené zdivo. Pila s řetězem osazeným vidiovými plátky je upevněna v pojízdné konstrukci. Z tohoto důvodu je nutné vytvoření asi 1,5 m široké, rovné a dostatečně únosné plochy podél podřezávaného zdiva, tak aby byl umožněn pojezd. [10]

Použitím této metody se dá zvládnout asi 20 m zdiva za den a z finančního hlediska je tato metoda levnější než podřezávání zdiva lanovou pilou. [4]

### b) Podřezávání zdiva lanovou pilou

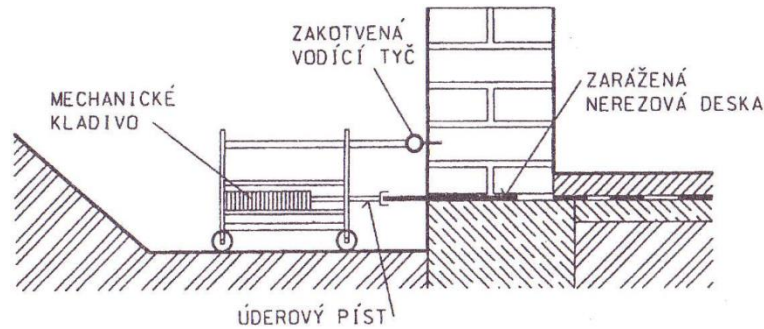
Největší předností lanové pily je možnost podřezávání prakticky jakéhokoliv zdiva (cihelného, kamenného, smíšeného, betonu), zároveň není omezením ani tloušťka zdiva či průběh vodorovných spár a řez lze provádět i svisle. Pro podřezávání se používá diamantové lano složené ze segmentů dlouhých asi 300 mm tak, aby bylo možné upravovat celkovou délku lana dle potřeby a měnit jednotlivé segmenty v případě opotřebování. Po vyvrtání otvorů vzdálených asi 4 až 5 metrů se provleče lano a osadí se do systému hnacího kola a napínacích kladek. Při řezání musí být lano chlazeno proudem vody. Se svými výhodami oproti podřezávání řetězovou pilou tato metoda nese i negativa, a to v podobě nižšího pracovního výkonu (8 až 12 metrů za den) a vyšší finanční náročnosti. [4]

### c) Podřezávání zdiva kotoučovou pilou

Jedná se o málo používanou metodu. Proti předchozím metodám nemá výhody, spíše nevýhody. Nutností použití velkých průměrů kotoučů značně ztěžuje manipulaci, proto se tato metoda uplatňuje spíše u zdiva do tloušťky 150 mm. [4]

- **Zarážení izolačních plechů do zdiva (HW systém)**

Opět se jedná o metodu, která je použitelná pouze u zdiva s průběžnou vodorovnou spárou. Maximální tloušťka zdiva je 1,0 m, v případě silnějšího zdiva (až 2,0 m) je možné provést zarážení oboustranně. [4]



Obr. 8: Schéma zarážení izolačních plechů [10]

Pro vytvoření nepropustné vrstvy se používají nerezavějící vlnité desky vyrobené z chromniklové oceli o tloušťce 1,5 mm. Při zarážení se desky spojují pomocí zámkových spojů nebo se překrývají o 50 až 80 mm. Nutný je i přesah přes líc zdiva z důvodu napojení vodorovné či svislé hydroizolace. Pro manipulaci se zarážecím zařízením je nutná manipulační plocha podél zdiva o šířce cca 1,5 m. Výhodou je vysoká produktivita v podobě 30 až 40 m odizolovaných zdí za den. [4]

### 1.5.1.2 Chemické metody

Dodatečnou hydroizolaci proti vztlínající vodě tvoří chemické látky vpravené do vyvrtaných otvorů, kde pronikají do pórů zdiva. Propustnost vztlínající vody a difuze vodní páry je vyšší než u hydroizolačních materiálů používaných u mechanických metod a účinnost tedy není tak vysoká. Provádění těchto metod je možné u cihelného, kamenného i smíšeného zdiva za předpokladu, že obsahuje převážně kapilárně aktivní póry. Není možné u dutinového zdiva.

Hlavním důvodem k použití těchto metod oproti mechanickým metodám mohou být důvody technické, ekonomické, ale také menší zásah do zdiva, což je důležité především u památkově chráněných objektů. [4]

Injektáže se provádí různými způsoby, například tlakově a beztlakově, i když v současné době už víme, že hlavní význam na pronikání látky do pórového systému zdiva nemá příliš velký význam tlak, ale spíše reakce dané látky s vodou. [4]

- **Principy působení chemických clon ve zdivu**

Rozdělení mechanismů bránících vztlínání zemní vlhkosti podle [3]

- a) **utěšňující kapiláry**

Aplikovaná chemická látka proniká do pórů zdiva, kde následně tuhne do nepropustné formy a tím brání dalšímu pronikání vlhkosti. [3]

- b) **zuzující kapiláry**

Injektáží chemické látky dojde k zúžení průřezu pórů a tím pádem ke snížení kapilární nasákavosti. [3]

- c) **hydrofobizační (odpuzující vodu)**

Jedná se o v současné době nejpoužívanější princip. Tento mechanismus je založen na hydrofobizaci stěn pórů, čímž dochází k zamezení kapilární vztlínivosti. Při provádění se používají pravé roztoky nebo mikroemulze, které mají velmi nízkou viskozitu a dostávají se tak do menších pórů. Výhodou je opakovatelnost použití po uplynutí životnosti. [3]

- d) **kombinující jednotlivé principy**

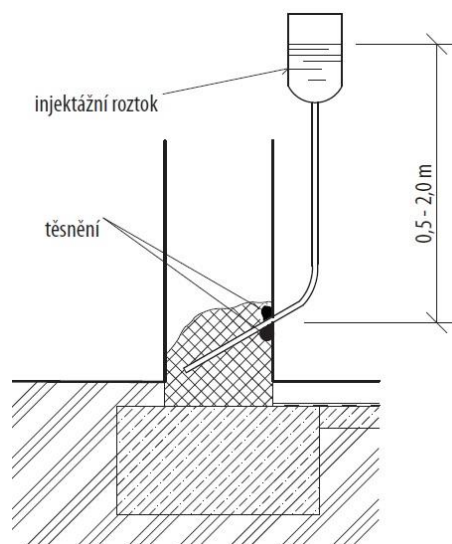
Používají se z důvodu spojení vlastností, například těsnících a hydrofobizačních. [3]

- **Základní Metody chemických injektáží**

- a) **Beztlakové injektáže**

Beztlakové injektáže jsou nepoužívanější metodou. Injektážní prostředek se dostává do zdiva výhradně účinkem kapilárních sil, případně malým hydrostatickým tlakem způsobeným převýšením mezi injektovaným místem a zásobníkem s kapalinou. Osové vzdálenosti vrtů jsou závislé na nasákavosti a typu použitého materiálu, nejčastěji ale 100 až 125 mm. Průměry vrtů závisí na injektážním prostředku a použité technologii, obvykle se pohybují od 20 do 38 mm a vrtají se pod úhlem 15° do 45°. Důležité je dodržení zásady, že vrty musí procházet dvěma ložnými spárami, u tenčích zdí postačí jednou ložnou spárou. Jednostranné navrtávání se provádí do tloušťky zdiva 800 až 900 mm, tlustší zdivo je třeba navrtat oboustranně. Vrty se neprovádí skrz celou konstrukci, ale končí asi 50-100 před protějším lícem, v případě oboustranného navrtávání z každé strany do 2/3 tloušťky

zdiva. Po vyvrtání se otvory vyčistí stlačeným vzduchem pomocí kompresoru. Vlastní injektáž se provádí aplikačními nádobami, které udržují stálou výšku hladiny, nebo přepravními čerpadly či speciálními nádobkami. [3]



Obr. 9: Beztlaková injektáž [4]

Pro beztlakovou injektáž se nejlépe hodí rozpustné, nízkoviskózní injektážní prostředky. Mezi tyto patří například silikáty, silany, silikonové mikroemulze a ohřáté parafíny. [3]

### b) Tlakové injektáže

Hlavním opodstatněním použití tlakové injektáže je silně zavlhlá konstrukce. Z předpokládaných minimálních hloubek pronikání injektážního prostředku ve zdivu se stanoví osové rozteče vrtů. Tyto rozteče bývají zpravidla 100 až 300 mm o průměrech vrtu 10 až 12 mm. Proti beztlakové injektáži se tedy podstatně zvětší rozteče a zmenší průměry vrtů. Vrty je možné situovat i do víceřadého uspořádání, při dvouřadém by měla být svislá vzdálenost řad do 80 mm. Obecně však postupujeme podle technologického postupu výrobce. [3]

Do vrtů osazených injektážními ventily se vhaní pomocí vysokotlaké pumpy injektážní prostředek. Využívá se tlaku do 1000 kPa. Hodnota tlaku se kontroluje pomocí manometru, který je součástí tlakového vedení. V případě nedosažení potřebného tlaku nejspíše dochází k úniku injektážního prostředku trhlinami nebo dutinami ve zdivu. Tomu musíme zamezit a vadná místa opravit (vyplnit dutiny).

Injektování provádíme tak dlouho, dokud se nevytvoří souvislá vodorovná clona. V průběhu provádění dokumentujeme injektážní tlak a spotřebu materiálu. [3]

Tlaková injektáž má oproti beztlakové výhodu v rychlosti provádění a manipulaci. Vyššího naplnění kapilár však nedosahuje. [3]

- **Zvláštní metody chemických injektáží**

- a) Metoda následní infuze**

V případě této metody jsou do konstrukce postupně napouštěny dva infuzní prostředky na vodné silikátové či rozpouštědlové silikonové bázi. Jeden s utěsňujícími a druhý s hydrofobizačními účinky. Použitím těchto prostředků se do konstrukce zavádí poměrně málo vody a tím se zkracuje doba vysušování. [3]

- b) Termicky aktivovaná injektáž**

Principem této metody je injektáž do vysušeného a ohřátého zdiva. Vysoušení zdiva se provádí zasunutím odporových tyčí do vrtů po dobu 12 až 24 hodin. Po zbavení kapilární vlhkosti a ohřátí zdiva na cca 200 °C se provede injektáž roztaveným parafínem. Tato metoda má pozitivní vliv na pevnost izolovaného zdiva a rychlost vysychání konstrukcí. [3]

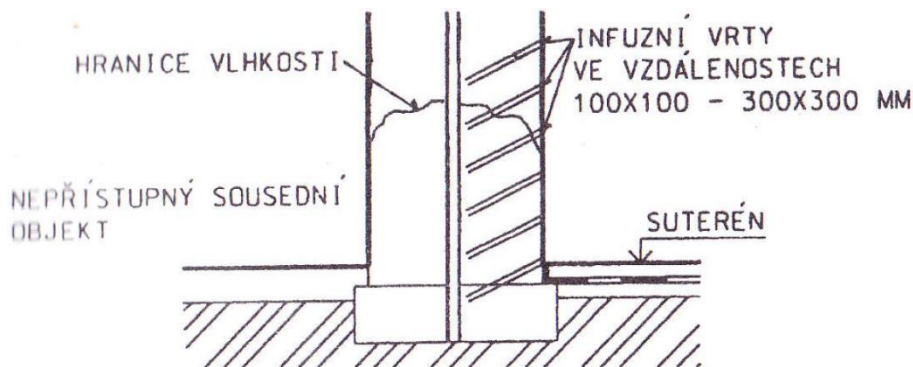
- c) Rubová injektáž**

Nejedná se o injektáž prováděnou ve zdivu, ale na styku podzemního zdiva se zemí. Vrty se tedy provádí skrz celou šířku konstrukce v rastru tak, aby se na rubu zdiva vytvořila spojitá hydroizolační membrána. Jako injektážní prostředek se používají gely a hydrogely, které reagují s vodou. Injektuje se výhradně tlakovou metodou. Výhodou tohoto opatření je, že chrání konstrukci jak proti zemní vlhkosti, tak i proti tlakové vodě. Není tedy nutné odkopávat podzemní části či snižovat hladinu podzemní vody. [3]



#### d) Plošná injektáž

Požívá se v případě nemožnosti provedení vnější svislé hydroizolace, nebo například v případě stěny sousedící s nepřístupným sousedícím objektem. Injektážní vrty se tedy provedou v ploše stěny. [10]



Obr. 10: Použití plošné injektáže [10]

#### 1.5.1.3 Plošné hydroizolace konstrukcí

Plošné hydroizolace se používají především na vnější povrchy stěn nad i pod úrovní terénu a na podlahy v nejnižších podlažích objektů. Na tyto povlakové hydroizolace se používají především asfaltové materiály v podobě asfaltových pásů se skelnými nebo polyesterovými vložkami, plastové fólie, případně syntetické polymery v podobě stěrek a nátěrů. [8]

Navrhováním povlakových hydroizolací se podrobně zabývá ČSN P 73 0606 Hydroizolace staveb – Povlakové hydroizolace - Základní ustanovení [13], případně směrnice ČHIS 01 Hydroizolační technika – Ochrana staveb a konstrukcí před nežádoucím působením vody a vlhkosti. [14]

#### 1.5.1.4 Elektrofyzikální metody

Základním principem elektrofyzikálních metod je elektroosmóza a podstatou elektroosmózy je elektrokinetický jev. Tento jev se dá pozorovat na U-trubicí, jenž je naplněná vodou a práškovým křemenem. Působením stejnosměrného elektrického proudu dochází ke zvýšení hladiny na straně záporné elektrody tedy katody. [4]

V současnosti se využívá především metoda aktivní elektroosmózy, která odstraňuje nedostatky jiných elektroosmotických metod (pasivní elektroosmóza, galvanoosmóza). Zároveň je to i jediná elektroosmotická metoda, která je zakotvena v ČSN P 730610 [7]. [3]

- **Aktivní elektroosmóza**

Jedná se o metodu citlivou na parametry sanovaného zdiva, tedy obsah hygroskopických solí a kyselost. Použití není možné u zdiva o  $\text{pH} < 6$ , které se často vyskytuje právě ve starších či historických budovách. Nezabraňuje působení tlakové vody a difuzi vodní páry a účinnost negativně ovlivňují i ocelové výztuže ve zdivu nebo bludné proudy. [4]

Kladné elektrody tedy anody se umisťují pod omítku zdiva, katody do zemního tělesa. Zařízení aktivní elektroosmózy pracuje pod napětím do 6 V. Napětí je do systému pouštěno z vnitřního rozvodu elektřiny přes transformátor. Hlavní podmínkou životnosti je zvolený materiál anody a závisí na jeho elektrochemické odolnosti. Běžně se používají elektrody uhlíkové, případně odolnější titanové. [4]

Před návrhem aktivní elektroosmózy bychom si měli především uvědomit, že elektroosmotické metody by měly být pro dosažení požadovaných výsledků kombinovány s doplňkovými metodami (sanační omítky, systém provětrávaných dutin atd.). Kladné a záporné elektrody by měly být v rámci možností umístěny co nejbližší k sobě. Anoda by měla být umístěna do vlhké oblasti, ne však do úrovně dotované zemní vlhkostí, nebo pod ní. A umístění katody je vhodnější provést do zeminy než do paty zdiva. [3]

#### **1.5.1.5 Vzduchoizolační systémy**

Použití těchto sanačních systémů může být opodstatněno především následujícími důvody. [4]

- a) Nemáme možnost zasahovat do nosného zdiva mechanickým způsobem například z důvodu památkové ochrany objektu, nebo statických důvodů u kleneb a sloupů.
- b) Vzduchoizolační systémy jsou součástí budovy. V průběhu užívání ale došlo k neodbornému zásahu (zasypání průduchů, využití průduchů k jiným účelům). Potom je vhodným opatřením jejich obnovení.
- c) Stávající vzduchoizolační systém neplní svou funkci z důvodu neodborného návrhu. Po provedení odborných úprav by mohl sloužit k sanaci vlhkého zdiva.

[4]

Vzduchové izolační systémy lze podle J. Solaře [4] dělit následovně:

- a) Vzduchové dutiny
- b) Ostatní vzduchové izolační systémy

#### **ad a) Vzduchové dutiny**

Vzduchové dutiny jsou založeny na principu oddělení konstrukce od přilehlé zeminy, tedy potenciálního zdroje vlhkosti, a to pomocí provětrávané vzduchové dutiny. Vzhledem k tomu, že vzduchoizolační systémy dokáží snížit hmotnostní vlhkost zdiva jen o 2-3 %, je jejich použití doporučeno u zdiva do hmotnostní vlhkosti 10 %. [4]

Vzduchové dutiny mohou být provedeny jako přirozeně (gravitačně) větrané, nebo jako nuceně větrané.

- Přirozeně větrané dutiny s nasávacími i výdechovými otvory umístěnými v exteriéru fungují v důsledku rychlosti proudění větru.
- Přirozeně větrané dutiny s nasávacími otvory v interiéru a výdechovými v exteriéru zajišťují cirkulaci vzduchu pomocí rozdílu teplot vzduchu, případně výškového rozdílu těchto otvorů.
- Nuceně větrané dutiny jsou osazeny ventilátory, které zajišťují proudění vzduchu. Použití je spíše výjimečné a pouze v případě že nelze zajistit přirozené větrání dutin. [4]

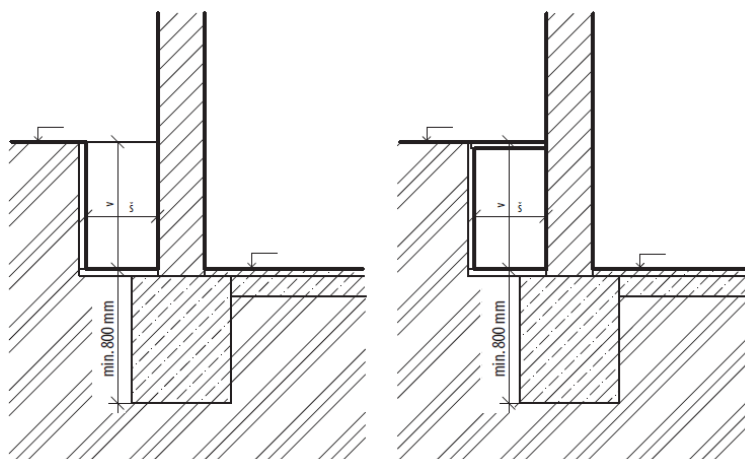
#### **• Stěnové vzduchové dutiny**

Stěnové vzduchové dutiny můžeme provádět jak na vnější, tak na vnitřní straně zdiva. [3]

#### **- Stěnové vzduchové dutiny na vnější straně obvodových stěn**

Vzduchové dutiny na vnější straně obvodových stěn se provádí buď pod úroveň terénu jako otevřené (anglické dvorky) a zakryté, nebo nad úroveň terénu jako provětrávané soklové dutiny. [3]

**Otevřený systém** pod úroveň terénu (anglický dvorek) je tvořen předsazenou opěrnou stěnou, provedenou většinou z betonu, železobetonu či kamene. Dno anglického dvorku musí být odvodněno a se spádem od objektu. Dutiny, které by měly být přístupné, musí být opatřeny zábradlím a musí být širší jak 600 mm. V opačném případě se zakrývají kovovými rošty. [3]



Obr. 11: Otevřený a zakrytý systém vzduchové dutiny na vnější straně zdi [4]

**Zakrytý systém** pod úrovní terénu je oproti otevřenému systému větrán pomocí přiváděcích a odváděcích otvorů. Vzhledem k tomu, že odvlhčované zdivo nebude pohledové, je vhodné osekát omítku a proškrabat spáry tak, aby byla zajištěna co největší odpařovací plocha. Dno musí být rovněž spádováno směrem od objektu a odvodněno. Strop dutiny, ať už je v úrovni terénu nebo pod terénem, musí být izolován proti stékající vodě či zemi vlhkosti a to v souladu s ČSN P 73 0600 [15] a ČSN P 730606 [13]. Vhodné je izolovat i stěny dutiny a v případě nepropustných okolních zemin vytvořit po obvodu drenáž. [3]

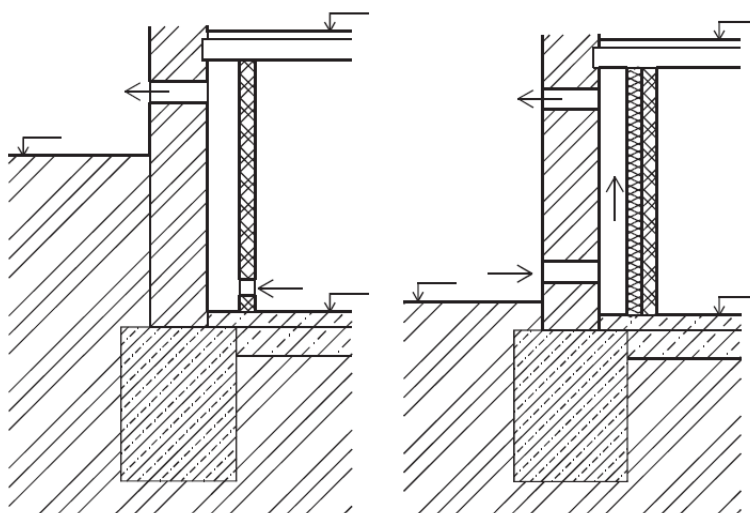
V případě provádění vzduchových dutin pod úrovní terénu musíme před provedením výkopu vzhledem k tomu, že základové konstrukce často disponují minimální soudržností, zjistit kvalitu zdiva z hlediska únosnosti. Případně provést statické zajištění například injektáží, nebo použít jiné sanační opatření. Zároveň nesmí dojít k podkopání základové spáry. [3]

**Provětrávané soklové dutiny** nad úrovní terénu jsou umístěny v nejvíce namáhané oblasti odstříkující dešťovou vodou, zároveň se jedná o oblast, kde se často vyskytují problémy s vlhkostí. Provětrávání dutiny je opět zajištěno pomocí nasávacích a výdechových otvorů. Provětrávaná dutina by neměla být užší jak 50 mm. Existuje celá řada provedení (zděné, zavěšené) a materiálů (kámen, hliník, plast) princip ale zůstává stejný. [3]

Nevýhodou tohoto systému může být zatékání vody nasávacími či výdechovými otvory. Na veřejných místech potom může docházet k zanesení dutiny vlivem odhazování odpadků. [3]

## - Stěnové vzduchové dutiny na vnitřní straně stěn

Dutiny na vnitřní straně stěn můžeme rozdělit na ty pod úrovní podlahy a nad úrovní podlahy. V případě dutin pod úrovní podlahy jsou principy stejné jako u dutin pod úrovní terénu na vnější straně stěn. Dále se tedy budeme zabývat dutinami nad úrovní podlahy. [3]



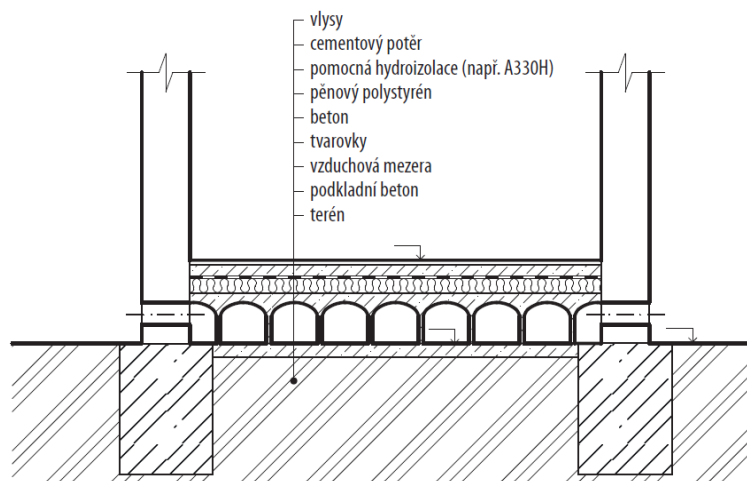
Obr. 12: Varianty předsazené stěny na vnitřní straně zdi [4]

Tyto mohou být řešeny jako předsazené stěny nebo vnitřní obklady. V případě předsazených stěn se většinou jedná o zděné cihelné příčky opatřené nasávacími a výdechovými otvory. V případě obkladů je rozdíl v tom, že se ke kotvení obkladu používají kotvící konstrukce, které pak mohou bránit proudění vzduchu. Z tohoto důvodu je důležité správně umístit kotvící lišty a větrací otvory či štěrbinu. [3]

V případě budování stěnové dutiny z důvodu sanace vlhkosti vztlínající ze zemního prostředí je zcela nevhodné použití neodvětrávaných vzduchových dutin. V takovém případě dochází ke kumulaci vody a následnému pronikání do zdiva i předsazené stěny. Neodvětrávané vzduchové dutiny se používají pro řešení kondenzované vlhkosti na povrchu interiérových stěn. [3]

### • Podlahové vzduchové dutiny

Jedná se o systém, který se v současnosti běžně využívá v souvislosti se sanací vlhkého zdiva. Podlahové vzduchové mezery se vytvářejí buď jako zastropení pomocí vodorovné nosné konstrukce, nebo pomocí speciálních tvarovek. [3]



Obr. 13: Vzduchová mezera pod podlahou, vytvořená pomocí speciálních tvarovek [4]

Veškeré provětrávané vzduchové dutiny musí být opatřeny minimálně jedním nasávacím a jedním výdechovým otvorem. Nasávací otvory by měly být situovány na návětrné straně objektu, výdechové na závětrné. Tyto otvory musí být zajištěny proti vnikání vody, škůdců a musí být pravidelně čištěny. Pokud se v objektu nachází nevyužitý komínový průduch, je vhodné jeho napojení na vzduchovou dutinu. [3]

#### **ad b) Ostatní vzduchové izolační systémy**

Sanace systémem kanálek se podle M. Balíka [odvl bal] se z důvodu nízké účinnosti v důsledku našich klimatických podmínek téměř nenavrhují. I další vzduchové izolační systémy jako jsou provětrávané drenáže nebo použití profilovaných fólií mají nízkou účinnost, co se týče odvlhčení zdiva. V případě použití profilovaných fólií pod úrovní terénu se dá mluvit spíše o ochraně hydroizolační vrstvy. Provětrávané drenáže mají zásadní vliv spíše na snížení koncentrace radonu. [3]

### **1.5.2 Nepřímé metody**

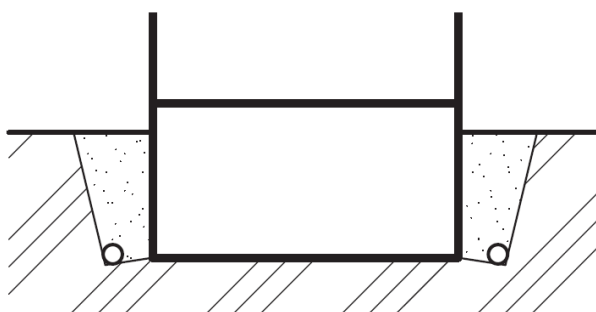
Tyto metody přímo neovlivňují vlhkost v konstrukci, ale zajišťují odvod vody od konstrukce, případně odchod vlhkosti interiérového vzduchu. Často jsou součástí komplexního sanačního opatření. [10]

#### **1.5.2.1 Odvodnění okolí objektu pomocí drenáže**

Pomocí drenážního systému odvádíme srážkové či podzemní vody od objektu. Obvykle se navrhuje jako součást hydroizolačního systému. [4]

Drenážní systém se uplatní v případě, že [4]:

- **Objekt se nachází nad úrovní hladiny podzemní vody v nepropustném podloží**, tím pádem by mohlo docházet k vytváření vodního sloupce a následnému působení hydrostatickým tlakem na obvodové zdivo v důsledku pronikání dešťové vody propustným zásypem okolo objektu.
- **Budova je založena ve svahu**, dochází tak k nebezpečí, že by stékající voda mohla také působit hydrostatickým tlakem na obvodové zdivo.
- **V případě návrhu sanace při porušení hlavní hydroizolace gravitační nebo tlakovou vodou.** [4]



Obr. 14: Drenáž kolem suterénu objektu v nepropustném podloží

Drenáž je neúčinná a tím pádem ji nenavrhujeme v případě, že je objekt založen na propustném podloží nebo se nachází pod úrovní hladiny podzemní vody. [4]

### 1.5.2.2 Terénní úpravy okolí objektu

Terénními úpravami se snažíme co nejlépe odvádět především dešťovou vodu od objektu. U novostaveb se většinou s problémy neseťkáváme. Problémy nastávají v důsledku špatně provedených dodatečných terénních úprav, které zapříčiní přesný opak a vodu ke konstrukci přivádí, nebo se neprovede vhodná hydroizolace po navýšení terénu u konstrukce. [10]

### 1.5.2.3 Větrání objektu

V důsledku snižování energetických ztrát se používají těsná okna a dveře, jak u novostaveb, tak výměnou za stará netěsná u starších budov. Větrání potom již neprobíhá přirozenou infiltrací přes netěsnosti v oknech a v případě, že obyvatelé daného objektu mechanicky nevětrají, dochází ke zvyšování vlhkosti vzduchu a následně zavlhání zdiva. Stejný efekt má zadržování původních větracích otvorů.

Větrání objektu by mělo být navrženo tak, aby jeho správná funkce nebyla závislá na lidském činiteli. [10]

### **1.5.3 Přímé metody doplňkové**

#### **1.5.3.1 Hydroizolační prostředky**

ČSN P 73 0610 [7] udává, že se jedná o vodotěsné malty nebo silikátové materiály s krystalizačními účinky, které se používají pro ochranu podzemních a nadzemních konstrukcí proti působení vody. Aplikace se provádí ze strany působení vody, z vnějšího líce stěny nebo na vnitřním líci stěny, tedy na straně tzv. negativního tlaku vody. [7]

#### **1.5.3.2 Vnější nátěry, nástřiky a těsnění spár**

Tyto úpravy se provádějí z důvodu snížení průniku srážkové vody do omítek a pro snížení smáčivosti fasád tak, aby byly chráněny další podklady a režné zdivo. Druhy prostředků použitých pro provádění vnějších nátěrů, nástřiků a těsnění spár musí odpovídat požadavku výměny vlhkosti mezi zdivem a okolním prostředím. [8]

### **1.5.4 Nepřímé metody doplňkové**

#### **1.5.4.1 Sanační omítky**

Jedná se o sanační systém, který se využívá vždy s nějakou přímou nebo nepřímou metodou sanace, jelikož sám o sobě nezabraňuje vlhnutí zdiva, ani ho nevysušuje. [7]

Zdivo zůstává nadále vlhké i přesto, že byl odstraněn zdroj vlhkosti pomocí některé hlavní metody sanace. Potřebujeme tedy provést úpravu, která dovolí zdivu vysychat. V takovém případě se uplatní sanační omítky, jelikož nelze aplikovat běžně používané povrchové úpravy, které se používají u novostaveb. A ponechání zdiva bez omítek by bylo značně neestetické a objekt by se nedal využívat. [4]

Vysychání zdiva umožňují sanační omítky díky své vysoké pórovitosti (větší než 40%) a nízkému difuznímu odporu ( $\mu < 12$ ). Proti běžným vápenným či vápenocementovým omítkám obsahují také větší průměry pórů. V sanačních omítkách nedochází ke vztlínání vody díky jejich vnitřní hydrofobizaci, a soli obsažené v původně vlhkém zdivu se usazují v pórech a netvoří tak na povrchu výkvěty. [3]



Aplikace sanačních omítek se provádí na očištěné zdivo se spárami vyškrabanými do hloubky 20 mm tak aby bylo zajištěna lepší adheze omítky a byla odstraněna část usazených solí. Omítka se běžně aplikuje cca 800 mm nad úroveň vlhkosti. Následné nátěry interiérového i exteriérového povrchu musí mít ekvivalentní difuzní tloušťku  $s_d < 0,2$  m, aby nedošlo k uzavření a znehodnocení sanačních omítek. [3]

Požadavky na sanační omítky, jejich vlastnosti, složení, provádění atd. podrobně popisuje směrnice WTA CZ 2-9-04. [11]

## 1.5.5 Přehled přímých metod sanace

Tab. 2: Přehledná tabulka hlavních výhod a nevýhod přímých metod sanace [3,4,16,17,18,19]

Metoda sanace	cena bez DPH	výhody	nevýhody
Probourávání zdiva ručně	3250 Kč/m <sup>2</sup> [16]	nepřístupná místa	pracnost, radikální zásah do zdiva
Podřezávání zdiva řetězovou pilou	1950 Kč/m <sup>2</sup> [16]	nejnižší cena z mechanických metod	zdivo s průběžnou sparou, radikální zásah do zdiva
Podřezávání zdiva lanovou pilou	3750 Kč/m <sup>2</sup> [17]	všechny typy zdiva	cena, chlazení vodou, radikální zásah do zdiva
Zarážení izolačních plechů	3300 Kč/m <sup>2</sup> [17]	rychlost provádění, životnost	zdivo s průběžnou sparou, radikální zásah do zdiva
Injektáž - cihelné zdivo	2800 Kč/m <sup>2</sup> [16]	menší zásah do zdiva, památkově chráněné budovy	nižší účinnost, nižší životnost
Injektáž - smíšené zdivo	3050 Kč/m <sup>2</sup> [16]	menší zásah do zdiva, památkově chráněné budovy	nižší účinnost, nižší životnost
Tlaková injektáž - cihelné zdivo	3250 Kč/m <sup>2</sup> [18]	menší zásah do zdiva, vysoce zavlhčené zdivo, památkově chráněné budovy	nižší účinnost, nižší životnost
Tlaková injektáž - smíšené zdivo	3850 Kč/m <sup>2</sup> [18]	menší zásah do zdiva, vysoce zavlhčené zdivo, památkově chráněné budovy	nižší účinnost, nižší životnost
Tlaková plošná injektáž - cihelné zdivo	5200 Kč/m <sup>2</sup> [18]	jednostranně přístupné zdivo, vysoce zavlhčené zdivo	nižší účinnost, nižší životnost
Tlaková plošná injektáž - smíšené zdivo	5620 Kč/m <sup>2</sup> [18]	jednostranně přístupné zdivo, vysoce zavlhčené zdivo	nižší účinnost, nižší životnost
Rubová injektáž	6000 Kč/m <sup>2</sup> [19]	jednostranně přístupné zdivo, tlaková voda	vysoká cena
Mírná aktivní elektroosmóza	-	šetrná metoda, památkově chráněné budovy	náročnost na vstupní parametry zdiva
Vzduchoizolační systémy	-	tradiční metoda, památkově chráněné budovy	nízká účinnost

## 1.6 Vícekriteriální rozhodování

V případě, že bude v následující části bakalářské práce potřeba rozhodnout mezi více variantami možných sanačních opatření, využijeme následně popsaných metod pro stanovení vah jednotlivých kritérií a pro vícekriteriální hodnocení variant.

### 1.6.1 Stanovení vah kritérií

- **Bodovací metoda**

Jedná se o jednoduchou metodu, při které je nutné, aby měl pozorovatel kardinální informace o kritériích. Zná tedy nejen pořadí, ale i rozestupy mezi jednotlivými kritérii. Bodovací stupnice může mít jakýkoliv rozsah, běžně se ale používá 1 – 10 bodů. Počet bodů se následně převede na normovanou váhu dle následujícího vzorce. [12]

$$w_j = \frac{v_j}{\sum_{j=1}^n v_j}, j = 1, 2, \dots, n$$

Kde je:  $w_j$  normovaná váha kritéria

$v_j$  váha kritéria

### 1.6.2 Stanovení pořadí variant

- **Metoda pořadí**

Tato metoda je založena na tom, že se přiřadí ve všech kritériích pořadí jednotlivým variantám. Varianty jsou tedy ohodnoceny čísly od 1, 2, ..., m, kde m je počet variant. Nejlepší varianta tak získá nejmenší součet tohoto hodnocení. V případě, že jsou jednotlivá kritéria ohodnocena váhami, vypočítá se vážené pořadí variant. [12]

## 2 Aplikace metod sanace na modelové případy objektů

Tato část bakalářské práce se zabývá porovnáváním vhodnosti jednotlivých metod sanace na dvou objektech, tyto jsou záměrně vybrané jako samostatně stojící objekt a objekt v zástavbě. Pro oba objekty uvažujeme variantu nepodsklepenou a variantu se suterénem.

Již z předešlé části bakalářské práce vyplývá, že se sanační opatření nebude skládat pouze z jedné sanační metody, ale jejich kombinace. Cílem je vyhodnocení použitelnosti jednotlivých metod pro modelové případy z hlediska technologie a provádění sanace, nákladů na provedení sanace, vlivu na provoz v budově a z hlediska vlivu na okolí stavby.

### 2.1 Metodika práce a vstupní parametry

Jelikož se bakalářská práce nezabývá návrhem sanace na konkrétní objekt, ale porovnáním těchto metod z různých hledisek na více modelových případech. Nebyly zjišťovány jinak nutné podklady pro navrhování sanačních opatření. Při porovnávání jednotlivých metod sanace budeme brát v úvahu stejné parametry namáhání konstrukcí pro všechny modelové případy. Tedy pouze vztlínající vlhkostí. Vlhkost zdiva budeme uvažovat v rozmezí zvýšené až vysoké vlhkosti. Objekty budou staticky v pořádku, tudíž nebude ohrožena statika budovy v důsledku provádění některé ze sanačních metod. V úvahu budeme brát také materiál zdiva konkrétních objektů, poplatky za zábor cizího pozemku v dané lokalitě.

Pro vyhodnocení z hlediska nákladů na provedení sanace budou využity orientační ceny jednotlivých metod sanace získané z nabídkových ceníků firem provádějících sanační práce, které jsou součástí *tabulky 2: Přehledná tabulka hlavních výhod a nevýhod přímých metod sanace* a orientační rozpočty, které jsou součástí bakalářské práce jako přílohy.

Při vyhodnocování navržených variant metod sanace budeme používat kritéria s určitou důležitostí/váhou. Tyto váhy stanovíme pomocí bodovací metody, která byla popsána v první části bakalářské práce.

- **Popis a přiřazení bodů jednotlivým kritériím**
- a) **Technologie a provádění sanace** – Toto kritérium bere v úvahu náročnost provedení, dodržení technologie, náročnost na technické vybavení. Není důvod, abychom dělali složitě, to co jde jednoduše. (3 body)
- b) **Cena sanačního opatření** – Jedná se o nejdůležitější kritérium, především z pohledu investora, proto je ohodnoceno maximálním počtem bodů. (10 bodů)
- c) **Účinnost sanačního opatření** – Ne všechny sanační metody mají „100%“ účinnost, proto je to třeba zohlednit při rozhodování. (5 bodů)
- d) **Životnost sanačního opatření** – Rovněž životnost není u všech metod a použitých materiálů stejná. (5 bodů)
- e) **Vliv na okolí objektu** – Jedná se o kritérium zohledňující nutnost provedení výkopu v okolí objektu, nutnost záboru cizího pozemku, případně zatížení okolního prostředí hlukem. (2 body)
- f) **Vliv na provoz v budově** – Jelikož se jedná o případ kompletní sanace vlhkého zdiva daného objektu. Počítáme, že v nejnižším podlaží bude provoz přerušen v důsledku kompletní rekonstrukce. Toto kritérium se týká vyšších pater objektu. V úvahu se tedy bude brát především zatížení hlukem potažmo vibrace ze stavebních prací. (2 body)

Tab. 3: Přiřazení bodů a výpočet vah jednotlivých kritérií

Kritérium	Počet bodů	Váha
<b>Technologie a provádění</b>	3	<b>0,11</b>
<b>Cena</b>	10	<b>0,37</b>
<b>Účinnost</b>	5	<b>0,19</b>
<b>Životnost</b>	5	<b>0,19</b>
<b>vliv na okolí</b>	2	<b>0,07</b>
<b>vliv na provoz</b>	2	<b>0,07</b>
<b>Σ</b>	<b>27</b>	<b>1,00</b>

## 2.2 Samostatně stojící objekt



Obr. 15: Samostatně stojící objekt, vlevo pohled, vpravo letecký snímek [22]

Jedná se o objekt číslo popisné 38 nacházející se v obci Sběř, stavební parcela číslo 45, katastrální území Sběř. Dvoupodlažní částečně podsklepený objekt s valbovou střechou a přízemní přístavbou je situován jako samostatně stojící s přístupem po vlastním pozemku ze všech stran. Objekt je využíván jako obecní úřad, přístavba jako zázemí pro dobrovolné hasiče. Okolí objektu je tvořeno zatravněnou plochou, v přední části a u vstupu do objektu zámkovou dlažbou. V nadzemní části je objekt vyzděn z cihel plných pálených v suterénní části se nachází zdivo smíšené.

Přesto že se jedná o budovu málo využívanou, budeme uvažovat případ kompletní sanace vlhkého zdiva. Ve skutečnosti by se nejspíš přistoupilo pouze ke snížení a zakrytí vlhkosti pomocí sanačních omítek.

### 2.2.1 Varianta nepodsklepená

V tomto případě nejsme téměř omezeni z hlediska technologie a provádění sanace. Jelikož se jedná o budovu s cihlovým zdivem s průběžnou spárou, můžeme využít jakoukoliv metodu sanace. Zároveň je objekt dobře přístupný a s dostatkem místa pro manipulaci s technickým zařízením potřebným k provádění sanace.

- **Opatření nutná pro sanaci vzlínající vlhkosti**

Pro sanaci vzlínající vlhkosti bude nutné provést horizontální hydroizolační vrstvu. Tato vrstva bude provedena co nejbližší úrovni vodorovné hydroizolační vrstvy budoucí podlahy. V průběžné ložné spáře zdiva v případě mechanických metod, případně vodorovnými či šikmými vrty u metod chemických. Následně se

provede napojení hydroizolace podlahy na hydroizolaci stěny. Jako samozřejmost se bere doplnění tohoto opatření sanačními omítkami.

- **Nevhodné metody**

Jelikož se jedná o případ, kdy není zamezeno použití přímých mechanických, případně chemických metod sanace vlhkého zdiva ze statických důvodů nebo z důvodu památkové ochrany objektu, řadí se ostatní metody přímé mezi metody nevhodné a to z důvodu nižší účinnosti a vyšší ceny. Například v případě budování vzduchové dutiny na vnější straně zdiva v kombinaci s provětrávanými podlahovými deskami by bylo nutné provedení výkopových prací a jednalo by se o řešení s nízkou účinností. Rovněž použitím mírně drátové elektroosmózy bychom nedosáhli účinnosti mechanických či chemických metod, zároveň by se nejednalo o levnější řešení.

- **Vhodné metody**

Jak již bylo dříve řečeno, v tomto případě se dají uplatnit jak mechanické, tak chemické metody pro provedení nové horizontální hydroizolační vrstvy a není tak nutné zvažovat jiné, méně účinné metody sanace vlhkého zdiva.

- **Výběr vhodných variant metod sanace**

Z hlediska technologie a provádění sanace se v případě mechanických metod v daném případě jeví jako vhodná především metoda podřezání zdiva pomocí řetězové pily. Bylo by možné využít i metody probourávání zdiva nebo ruční podřezávání zdiva, ale vzhledem k náročnosti provádění a vyšší ceně není důvod. Další vhodnou mechanickou metodou, která se dá využít, je zarážení izolačních plechů. Jak podřezávání zdiva řetězovou pilou, tak zarážení izolačních plechů má z technologického hlediska podobné nároky. Přičemž se k podřezávání potažmo zarážení využívá zařízení, které je umístěné na kolovém podvozku a vyžaduje podél sanované zdi pojízdnou plochu o šířce cca 1,5 m. Jako třetí varianta se nabízí provedení chemické injektážní clony. Tu můžeme provést tlakovou nebo beztlakovou metodou. V našem případě budeme uvažovat tlakovou metodu injektáže zdiva, především z důvodu předpokladu silně zavlhých konstrukcí a vyšší rychlosti provádění. Pro provádění bude tedy potřeba především vrtací kladivo a injektážní čerpadlo.

- a) **Varianta 1** - Podřezání zdiva řetězovou pilou
- b) **Varianta 2** - Zarážení izolačních plechů
- c) **Varianta 3** – Tlaková injektáž

• **Určení pořadí variant v jednotlivých kritériích**

- a) **Technologie a provádění** – Z tohoto hlediska jsou jednotlivé varianty srovnatelné, co se týče potřebného technického vybavení. Provádění se zdá být nejjednodušší v případě injektáže (V3), následuje podřezávání zdiva řetězovou pilou (V1) a zarážení izolačních plechů (V2) na děleném druhém a třetím místě.

Tab. 4: Pořadí variant z hlediska technologie a provádění

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	2,5	2,5	1

- b) **Cena** – Nejnižší cenou (1950 Kč/m<sup>2</sup>) disponuje podřezání zdiva řetězovou pilou (V1). Následuje injektáž (V3) s cenou (3250 Kč/m<sup>2</sup>) a zarážení izolačních plechů (V2) při ceně (3300 Kč/m<sup>2</sup>).

Tab. 5: Pořadí variant z hlediska ceny

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	1	3	2

- c) **Účinnost** – Co se týče účinnosti sanace a zabránění dalšímu pronikání vlhkosti do zdiva nad hydroizolační vrstvou, jsou na srovnatelné úrovni podřezání zdiva řetězovou pilou (V1), kde se jako hydroizolace využívají například sklolaminátové pásy a zarážení izolačních plechů (V2). Podle J. Solaře [odst] je účinnost těchto metod v případě správného provedení stoprocentní. Na třetím místě se nachází injektáž (V3), jelikož se jejich účinnost podle M. Balíka [odv stav] v laboratorních podmínkách pohybuje od 50% do 95%.

Tab. 6: Pořadí variant z hlediska účinnosti

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	1,5	1,5	3

- d) **Životnost** – Opět se jedná o kritérium, které ovlivňuje použitý materiál dané hydroizolační vrstvy. Nejlépe se tak umísťuje zarážení izolačních plechů (V2), kde se udává životnost 140 let. Na druhém místě podřezání zdiva řetězovou pilou



(V1) s životností 100 let a následuje injektáž (V3) s udávanou životností cca 50 let.

Tab. 7: Pořadí variant z hlediska životnosti

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	2	1	3

e) **Vliv na okolí** – v tomto případě žádná z variant metod sanace přímo nezasahuje do okolí stavby, například výkopem. Bezprostřední okolí objektu je využíváno pouze pro pojezd prováděcích zařízení v případě podřezávání zdiva řetězovou pilou (V1) a zarážení izolačních plechů (V2). Z pohledu zatížení okolí vlivem hluku, prachu, případně vibracemi se jeví jako nejlepší injektáž zdiva (V3), následuje podřezávání zdiva řetězovou pilou (V1) a na třetím místě je zarážení izolačních plechů (V2).

Tab. 8: Pořadí variant z hlediska vlivu na okolí

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	2	3	1

f) **Vliv na provoz v budově (vyšší patra)** – Z tohoto hlediska se v daném případě řadí na první místo opět nejšetnější z variant, tedy injektáž zdiva (V3). Stejně jako v kritériu vlivu na okolí se na druhém místě nachází podřezávání zdiva řetězovou pilou (V1), následované zarážení izolačních plechů (V2).

Tab. 9: Pořadí variant z hlediska vlivu na provoz v budově

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	2	3	1

## • Vyhodnocení variant

Tab. 10: Vyhodnocení variant metod sanace pro samostatně stojící nepodsklepený objekt

	Technologie a provádění	Cena	Účinnost	Životnost	Vliv na okolí	Vliv na provoz	Body	Pořadí
<b>V1</b>	2,5	1	1,5	2	2	2	1,59	<b>1.</b>
<b>V2</b>	2,5	3	1,5	1	3	3	2,28	<b>2.</b>
<b>V3</b>	1	2	3	3	1	1	2,13	<b>3.</b>
<b>váhy</b>	<b>0,11</b>	<b>0,37</b>	<b>0,19</b>	<b>0,19</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>		

Dle metody pořadí vícekritériálního hodnocení variant se jeví jako nejvhodnější metoda sanace volně stojícího nepodsklepeného objektu podřezání

zdiva pomocí řetězové pily, které i přes nízkou cenu poskytuje výbornou účinnost zamezení dalšího vzlínání vlhkosti s dlouhou životností.

### **2.2.2 Varianta se suterénem**

V tomto případě se budeme muset především rozhodnout, zda se vyplatí objekt po obvodu odkopat a provést plošné hydroizolace, nebo využít jiné metody bez nutnosti výkopu. Vzhledem k tomu, že se jedná o samostatně stojící objekt s přístupem ze všech stran po vlastním pozemku, nebude nutné řešit zábor cizího pozemku.

- **Opatření nutná pro sanaci vzlínající vlhkosti**

Pro sanaci vzlínající vlhkosti bude nutné provést jak horizontální, tak vertikální hydroizolační vrstvu na obvodovém zdivu. Horizontální vrstva bude provedena stejně jako v případě nepodsklepeného objektu co nejbližší úrovni vodorovné hydroizolační vrstvy budoucí podlahy. Jelikož stěny suterénní části objektu jsou tvořeny smíšeným zdivem, předpokládáme, že nebude obsahovat horizontální průběžnou spáru v potřebné úrovni. Následně se provede napojení horizontální hydroizolace zdiva s vertikální hydroizolací a s hydroizolací podlahy. Toto opatření bude doplněno sanačními omítkami na vnitřním líci obvodových stěn na celou výšku suterénu a 800 mm nad vlhkostní mapu na vnitřních stěnách. V případě provedení výkopu okolo objektu bude provedena drenáž, tak aby se zamezilo hromadění vody v násypu.

- **Nevhodné metody**

Jak již bylo dříve řečeno, jedná se o objekt, kdy není zamezeno použití přímých mechanických, případně chemických metod sanace vlhkého zdiva ze statických důvodů nebo z důvodu památkové ochrany objektu. Proto se řadí ostatní metody přímé mezi metody nevhodné a to z důvodu nižší účinnosti, komplikovanosti návrhu a případně vyšší ceny.

- **Vhodné metody**

V daném případě jsme omezeni především typem zdiva, které umožňuje použití chemických metod a jedné mechanické metody pro vytvoření horizontální hydroizolační vrstvy.

- **Výběr vhodných variant metod sanace**

V tomto případě musíme řešit jak horizontální, tak vertikální hydroizolaci stěn. Jelikož se jedná o smíšené zdivo bez průběžné horizontální maltové spáry, přichází z mechanických metod v úvahu pouze podřezání zdiva pomocí lanové pily s diamantovým lanem. V takovém případě by se jednalo z hlediska technologie a provádění sanace o náročný zákrok, jelikož by bylo navíc nutné z důvodu provádění provést výkop po obvodu objektu a následně drenáž, alternativou této varianty je použití tlakové injektáže místo podřezání pomocí lanové pily. V obou případech se provede plošná hydroizolace na obvodových stěnách a drenáž kolem objektu. Plošná hydroizolace bude provedena bitumenovou stěrkou, která se běžně používá při sanačních pracích a je vhodná především z důvodu snadného provádění na nerovných podkladech. I tak se ale nevyhneme použití plošné případně rubové injektáže v prostoru pod vstupním schodištěm do objektu, pokud neplánujeme jeho demolici. Variantou, při které není nutné provádět výkop okolo objektu je použití chemické clony jako horizontální hydroizolační vrstvy v kombinaci s rubovou injektáží.

- **Varianta 1** – podřezání zdiva lanovou pilou s diamantovým lanem u všech stěn, plošná hydroizolace obvodových stěn, drenáž, plošná injektáž v prostoru pod vstupním schodištěm
- **Varianta 2** – Tlaková injektáž pro vytvoření horizontální hydroizolační vrstvy, plošná hydroizolace obvodových stěn, drenáž, plošná injektáž v prostoru pod vstupním schodištěm
- **Varianta 3** – Tlaková injektáž pro vytvoření horizontální hydroizolační vrstvy, rubová injektáž obvodových stěn
- **Výpočet ceny výkopu kolem objektu**

Pro provedení sanace se nabízí i varianty, u kterých je nutné provést rýhu kolem zdiva tak, abychom mohli provést plošné hydroizolace, případně horizontální hydroizolace zdiva. Z tohoto důvodu bude zhruba proveden položkový rozpočet v softwaru pro tvorbu rozpočtů euroCALC.

Dle geologické mapy [20] se objekt nachází v území se sprašovou hlínou, jedná se tedy o horninu 2. třídy s doporučeným svahováním 1:0,25. Rýhu tak vzhledem k možnému prudkému svahování a jednoduššími provádění následného

sanačního opatření provedeme jako svahovanou. Šířka rýhy bude u dna výkopu 800 mm. Na dně výkopu bude zhotovena drenáž, jelikož se jedná o málo propustnou zeminu a voda by se tak mohla hromadit v zásypu kolem objektu. Výkop bude proveden 150 mm pod úroveň plánované horizontální hydroizolace v suterénu. Uvažujeme tedy hloubku výkopu 2,0 m v přední části a 1,4 m pod přístavbou, kde bude muset být výkop proveden pomocí minirýpadla (pod přístavbou se nachází podlaha z dusané hlíny). Tyto hodnoty odpovídají hloubkovému zapuštění v terénu daného objektu a světlé výšce suterénního podlaží 2,2 m. Půdorysné rozměry byly získány z katastrální mapy [21].

- **Určení pořadí variant v jednotlivých kritériích**

**a) Technologie a provádění** - Mezi variantami se nachází velké rozdíly, ať už z hlediska technologie a provádění, ale také náročnosti na technické vybavení. Nejnáročnější metodou z tohoto hlediska se zdá být varianta 1, kde se pro provedení horizontální hydroizolace zdiva používá lanová pila s diamantovým lanem a je potřeba provést výkop okolo objektu z důvodu podřezání zdiva a provedení plošné hydroizolace. V případě varianty 2 by se opět musel provést výkop, ale horizontální hydroizolace zdiva se provede pomocí injektáže, řadí se tak na druhé místo. Jedinou možností, která nevyžaduje provedení výkopu okolo objektu je varianta 3, kde se plošná hydroizolace oproti předešlým variantám provede rubovou injektáží. Odpadá tak potřeba dalšího technického zařízení (rypadla) a při provádění se nemusí zasahovat do okolí objektu.

*Tab. 11: Pořadí variant z hlediska technologie a provádění*

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	3	2	1

**b) Cena** – Pomocí položkového rozpočtu byla stanovena cena odkopání a provedení plošné hydroizolace z vnější strany na 172 953 Kč bez DPH, vezmeme-li v úvahu 10% nepřesnost z důvodu nedostatku podkladů, dostaneme se na 190 248 Kč bez DPH. Cena za varianty obsahující výkop kolem objektu tak bude součtem ceny výkopu s provedením plošné hydroizolace a metody zajišťující horizontální hydroizolaci zdiva.

- **Varianta 1** – Výsledná cena této varianty je kombinací ceny výkopu s provedením plošné hydroizolace, provedení horizontální hydroizolace pomocí

podřezání zdiva lanovou pilou ve smíšeném zdivu o tloušťce 850 mm a provedení plošné injektáže v prostoru pod vstupním schodištěm.

Tab. 12: Výsledná cena varianty 1

	Cena/m <sup>2</sup> bez DPH	Plocha (m <sup>2</sup> )	Cena bez DPH
<b>výkop</b>	-	-	190 248,00 Kč
<b>lanová pila</b>	3 750,00 Kč	31,54	118 275,00 Kč
<b>plošná injektáž</b>	5 620,00 Kč	7,65	42 993,00 Kč
		Σ	<b>351 516,00 Kč</b>

- **Varianta 2** – Výsledná cena této varianty je kombinací ceny výkopu s provedením plošné hydroizolace, provedení horizontální hydroizolace pomocí injektáže ve smíšeném zdivu o tloušťce 850 mm a provedení plošné injektáže v prostoru pod vstupním schodištěm.

Tab. 13: Výsledná cena varianty 2

	Cena/m <sup>2</sup> bez DPH	Plocha (m <sup>2</sup> )	Cena bez DPH
<b>výkop</b>	-	-	190 248,00 Kč
<b>horiz. injektáž</b>	3 850,00 Kč	31,54	121 429,00 Kč
<b>plošná injektáž</b>	5 620,00 Kč	7,65	42 993,00 Kč
		Σ	<b>354 670,00 Kč</b>

- **Varianta 3** – Výsledná cena této varianty je kombinací provedení horizontální hydroizolace pomocí injektáže a provedení rubové injektáže.

Tab. 14: Výsledná cena varianty 3

	Cena/m <sup>2</sup>	Plocha (m <sup>2</sup> )	Cena
<b>horiz. injektáž</b>	3 850,00 Kč	35,37	136 174,50 Kč
<b>rubová injektáž</b>	6 000,00 Kč	58	348 000,00 Kč
		Σ	<b>484 174,50 Kč</b>

Vzhledem k tomu, že výsledné ceny prvních dvou variant vyšly velmi podobné, nemůžeme z tohoto hlediska upřednostnit ani jednu z nich. Jako výrazně nejhorší se jeví varianta s rubovou injektáží.

Tab. 15: Pořadí variant z hlediska ceny

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	1,5	1,5	3

- a) **Účinnost** – Nejúčinnějším řešením by měla být varianta 1, jelikož pro odizolování zdiva používá plastové nebo sklolaminátové pásy a svislá hydroizolace je stejně jako u varianty 2 provedena z výkopu. Varianta 2 se tak řadí na druhé místo s použitím injektáže pro vytvoření horizontální hydroizolace. Následuje varianta 3 s rubovou injektáží zdiva.

Tab. 16: Pořadí variant z hlediska účinnosti

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	1	2	3

- b) **Životnost** – Jedná se o kritérium, které ovlivňuje použitý materiál dané hydroizolační vrstvy. Nejdelší životnosti dosahují plastové či sklolaminátové pásy použité u varianty 1. Pořadí mezi variantou 1 a variantou 2 rozhodne použitá svislá plošná hydroizolace. Předpokládám, že větší životnosti bude dosahovat plošná hydroizolace oproti rubové injektáži.

Tab. 17: Pořadí variant z hlediska životnosti

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	1	2	3

- c) **Vliv na okolí** – Jednoznačně nejmenší vliv na okolí bude mít varianta 3, tedy provedení rubové injektáže, která nezasahuje do okolí objektu a provádí ze z interiéru. Obě další varianty vyžadují pro provedení sanace zhotovení výkopu kolem objektu, jinak se jejich vliv na okolí významně neliší.

Tab. 18: Pořadí variant z hlediska vlivu na okolí

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	2,5	2,5	1

- d) **Vliv na provoz v budově (vyšší patra)** – Podobně jako u vlivu na okolí bude mít i u vlivu na provoz v budově negativní vliv provádění výkopu kolem objektu. Přestože se v případě rubové injektáže (V3) bude provádět hodně vrtů, zdá se jako nejšetrnější.

Tab. 19: Pořadí variant z hlediska vlivu na provoz v budově

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	2,5	2,5	1

- **Vyhodnocení variant**

Tab. 20: Vyhodnocení variant metod sanace pro samostatně stojící objekt se suterénem

	Technologie a provádění	Cena	Účinnost	Životnost	Vliv na okolí	Vliv na provoz	Body	Pořadí
V1	3	1,5	1	1	2,5	2,5	1,62	1.
V2	2	1,5	2	2	2,5	2,5	1,89	2.
V3	1	3	3	3	1	1	2,50	3.
váhy	0,11	0,37	0,19	0,19	0,07	0,07		

Jako nejlepší varianta metod sanace vlhkého zdiva v případě samostatně stojícího podsklepeného objektu se jeví varianta 1, tedy podřezání zdiva lanovou pilou s diamantovým lanem s plošnou hydroizolací stěn provedenou z výkopu, která i přes složitější provádění a vyšší náročnost na technické zařízení disponuje výbornou účinností a životností provedené hydroizolační vrstvy. Objekt se tedy vyplatí odkopat a provést plošnou hydroizolaci z vnějšího líce zdiva.

### 2.3 Objekt v zástavbě



Obr. 16: Objekt v zástavbě, vlevo pohled, vpravo letecký snímek [22]

Objekt se nachází v obci Lázně Bělohrad, číslo popisné 184, stavební parcela číslo 205, katastrální území Lázně Bělohrad. Jedná se o řadový dvoupodlažní částečně podsklepený objekt s půdou a sedlovou střechou a přízemní přístavbou. Objekt je východní straně přistavěn k sousední budově podobného charakteru. Severní strana je v bezprostředním kontaktu s veřejným dlážděným chodníkem. Ze západní a částečně jižní strany se nachází asfaltová plocha určená pro příjezd k přízemní přístavbě, která je napojena na objekt z jižní strany. Objekt je v přízemí využíván jako recepce a administrativní zázemí pro výrobu chráněné dílny sídlící

v přístavbě. Stěny objektu tvoří v nadzemní části cihlové zdivo, v suterénní části zdivo smíšené.

### **2.3.1 Varianta nepodsklepená**

Podobně jako v případě samostatně stojícího nepodsklepeného objektu nejsme téměř omezeni z hlediska technologie a provádění sanace. Jelikož se jedná o budovu s cihlovým zdivem s průběžnou spárou, můžeme využít téměř jakoukoliv metodu sanace. Omezení ale nastává především u štítové stěny směrem k sousednímu objektu a v tom, že objekt bezprostředně sousedí s veřejným prostorem.

- **Opatření nutná pro sanaci vztlínající vlhkosti**

Pro sanaci vztlínající vlhkosti bude nutné provést horizontální hydroizolační vrstvu. Tato vrstva bude provedena co nejbližší úrovni vodorovné hydroizolační vrstvy budoucí podlahy. V průběžné ložné spáře zdiva v případě mechanických metod, případně vodorovnými či šikmými vrty u metod chemických. Následně se provede napojení hydroizolace podlahy na hydroizolaci stěny. Problém však nastává u štítové stěny, která je přistavěna k sousednímu objektu. Především se jedná o to, že nebudeme mít přístup ke zdi z obou stran a i po provedení horizontální hydroizolace by vlhkost mohla vztlínat přes sousední zdivo ve vyšší úrovni. Po dokončení hlavních sanačních prací se provedou sanační omítky.

- **Nevhodné metody**

Jelikož v objektu probíhá kompletní sanace vlhkého zdiva a jedná se o případ, kdy není zamezeno použití přímých mechanických, případně chemických metod sanace vlhkého zdiva ze statických důvodů nebo z důvodu památkové ochrany objektu, řadí se ostatní metody přímé mezi metody nevhodné a to z důvodu nižší účinnosti a případně i vyšší ceny.

- **Vhodné metody**

Mezi vhodné metody se řadí metody mechanické a chemické, které vynikají oproti dalším přímým metodám především svojí účinností a komplexností.



- **Výběr vhodných variant metod sanace**

Vhodné metody sanace jsou stejné jako v případě samostatně stojícího nepodsklepeného objektu, tedy podřezání zdiva řetězovou pilou (V1), zarážení izolačních plechů (V2) a injektáž (V3). U variant, které potřebují přístup k sanovanému zdivu z obou stran se ale na výsledné ceně, mohou projevit náklady spojené se zábořem cizího pozemku. U štítové stěny přilehlé k sousednímu objektu připadá v úvahu pouze použití injektáže pro vytvoření horizontální hydroizolační vrstvy, jelikož nevyžaduje přístup k sanovanému zdivu z obou stran. Nad touto řadou vrtů bude provedena plošná injektáž, která zamezí případnému dalšímu vzlínání vlhkosti přes zdivo sousedního objektu. Všechny navržené varianty tedy budou kombinací s tímto opatřením. Je otázkou, zda by se v reálu v takovém případě nepřistoupilo k použití injektáže na celém objektu, přesto je možné metody kombinovat.

a) **Varianta 1** - Podřezání zdiva řetězovou pilou

b) **Varianta 2** - Zarážení izolačních plechů

c) **Varianta 3** – Tlaková injektáž

- **Určení pořadí variant v jednotlivých kritériích**

a) **Technologie a provádění** – Z tohoto hlediska jsou jednotlivé varianty srovnatelné, co se týče potřebného technického vybavení. Provádění se zdá být nejjednodušší v případě injektáže (V3), následuje podřezávání zdiva řetězovou pilou (V1) a zarážení izolačních plechů (V2) na děleném druhém a třetím místě.

Tab. 21: Pořadí variant z hlediska technologie a provádění

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	2,5	2,5	1

b) **Cena** – Nejnižší cenou (1950 Kč/m<sup>2</sup>) disponuje podřezání zdiva řetězovou pilou (V1). Následuje injektáž (V3) s cenou (3250 Kč/m<sup>2</sup>) a zarážení izolačních plechů (V2) při ceně (3300 Kč/m<sup>2</sup>). V tomto případě ale do ceny vstupuje i poplatek za zábor veřejného prostranství, který by se mohl negativně projevit na ceně variant metod sanace, které vyžadují oboustranný přístup ke zdivu. V tomto případě se však neprojeví, jelikož místní poplatek v Lázních Bělohrad za zábor veřejného prostranství při stavebních pracích činí 1 Kč/m<sup>2</sup>/den a předpokládáme, že sanace čelní stěny se bude provádět maximálně dva dny. Při standartní sazbě 10

Kč/m<sup>2</sup>/den a delším úseku sousedícím s veřejným prostorem by se tento poplatek mohl projevit. V úvahu se nebere doba provádění sanačních omítek, protože se budou provádět u všech variant.

Tab. 22: Pořadí variant z hlediska ceny

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	1	3	2

- c) **Účinnost** – Co se týče účinnosti sanace a zabránění dalšímu pronikání vlhkosti do zdiva nad hydroizolační vrstvu, jsou na srovnatelné úrovni podřezání zdiva řetězovou pilou (V1), kde se jako hydroizolace využívají například sklolaminátové pásy a zarážení izolačních plechů (V2). Podle J. Solaře [odst] je účinnost těchto metod v případě správného provedení stoprocentní. Na třetím místě se nachází injektáž (V3), jelikož se jejich účinnost podle M. Balíka [odv stav] v laboratorních podmínkách pohybuje od 50% do 95%.

Tab. 23: Pořadí variant z hlediska účinnosti

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	1,5	1,5	3

- d) **Životnost** – Opět se jedná o kritérium, které ovlivňuje použitý materiál dané hydroizolační vrstvy. Nejlépe se tak umísťuje zarážení izolačních plechů (V2), kde se udává životnost 140 let. Na druhém místě podřezání zdiva řetězovou pilou (V1) s životností 100 let a následuje injektáž (V3) s udávanou životností cca 50 let.

Tab. 24: Pořadí variant z hlediska životnosti

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	2	1	3

- e) **Vliv na okolí** – Přesto že se všechny varianty dají provádět z interiéru objektu, z důvodu nižší úrovně terénu vně objektu se dá horizontální hydroizolační vrstva provést blíže hydroizolaci podlahy. Z pohledu zatížení okolí vlivem hluku, prachu, případně vibracemi se jeví jako nejlepší injektáž zdiva (V3), následuje podřezávání zdiva řetězovou pilou (V1) a na třetím místě je zarážení izolačních plechů (V2).

Tab. 25: Pořadí variant z hlediska vlivu na okolí

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	2	3	1

f) **Vliv na provoz v budově (vyšší patra)** – Z tohoto hlediska se v daném případě řadí na první místo opět nejšetnější z variant, tedy injektáž zdiva (V3). Stejně jako v kritériu vlivu na okolí se na druhém místě nachází podřezávání zdiva řetězovou pilou (V1), následované zarážením izolačních plechů (V2).

Tab. 26: Pořadí variant z hlediska vlivu na provoz v budově

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	2	3	1

### • Vyhodnocení variant

Tab. 27: Vyhodnocení variant metod sanace pro nepodsklepený objekt v zástavbě

	Technologie a provádění	Cena	Účinnost	Životnost	Vliv na okolí	Vliv na provoz	Body	Pořadí
V1	2,5	1	1,5	2	2	2	1,59	1.
V2	2,5	3	1,5	1	3	3	2,28	2.
V3	1	2	3	3	1	1	2,13	3.
váhy	0,11	0,37	0,19	0,19	0,07	0,07		

Dle metody pořadí vícekritériálního hodnocení variant se jeví jako nejvhodnější metoda sanace nepodsklepeného objektu v zástavbě, stejně jako v případě samostatně stojícího nepodsklepeného objektu podřezání zdiva pomocí řetězové pily, které i přes nízkou cenu poskytuje výbornou účinnost zamezení dalšího vztlínání vlhkosti s dlouhou životností.

### 2.3.2 Varianta se suterénem

Stejně jako v případě samostatně stojícího objektu se suterénem se budeme muset především rozhodnout, zda se vyplatí objekt po obvodu odkopat a provést plošné hydroizolace, nebo využít jiné metody bez nutnosti výkopu. V tomto případě se navíc kolem objektu nachází asfaltové plochy potažmo veřejný dlážděný chodník. Další problém nastává v tom, že objekt je přistavěn k sousední budově a má přístavbu, která není součástí pro sanační opatření.

- **Opatření nutná pro sanaci vztlínající vlhkosti**

Pro sanaci vztlínající vlhkosti bude nutné provést jak horizontální, tak vertikální hydroizolační vrstvu na obvodovém zdivu. Horizontální vrstva bude provedena stejně jako v případě nepodsklepeného objektu co nejbližší úrovni vodorovné hydroizolační vrstvy budoucí podlahy. Jelikož stěny suterénní části objektu jsou tvořeny smíšeným zdivem, předpokládáme, že nebude obsahovat horizontální průběžnou spáru v potřebné úrovni. Následně se provede napojení horizontální hydroizolace zdiva s vertikální hydroizolací a s hydroizolací podlahy. Toto opatření bude doplněno sanačními omítkami na vnitřním líci obvodových stěn na celou výšku suterénu a 800 mm nad vlhkostní mapu na vnitřních stěnách. V případě provedení výkopu okolo objektu bude provedena drenáž, tak aby se zamezilo hromadění vody v násypu.

- **Nevhodné metody**

Jak již bylo dříve řečeno, jedná se o objekt, kdy není zamezeno použití přímých mechanických, případně chemických metod sanace vlhkého zdiva ze statických důvodů nebo z důvodu památkové ochrany objektu. Proto se řadí ostatní metody přímé mezi metody nevhodné a to z důvodu nižší účinnosti, komplikovanosti návrhu a případně vyšší ceny.

- **Vhodné metody**

V daném případě jsme omezeni především typem zdiva, které umožňuje použití chemických metod a jedné mechanické metody pro vytvoření horizontální hydroizolační vrstvy.

- **Výběr vhodných variant metod sanace**

Stejně jako v případě samostatně stojícího objektu se suterénem i v tomto případě musíme řešit jak horizontální, tak vertikální hydroizolaci stěn. Jelikož se jedná o smíšené zdivo bez průběžné horizontální maltové spáry, přichází z mechanických metod v úvahu pouze podřezání zdiva pomocí lanové pily s diamantovým lanem. V takovém případě by se jednalo z hlediska technologie a provádění sanace o náročný zákrok, jelikož by bylo navíc nutné z důvodu provádění provést výkop po obvodu objektu, alternativou této varianty je použití tlakové injektáže místo podřezání pomocí lanové pily. V obou případech se provede plošná hydroizolace na

obvodových stěnách a drenáž kolem objektu. Variantou, při které není nutné provádět výkop okolo objektu, je použití chemické clony jako horizontální hydroizolační vrstvy v kombinaci s rubovou injektáží. V tomto případě je navíc objekt přistavěn k sousední budově a má přístavbu, která není součástí pro sanační opatření. U štítové stěny a stěny, nad kterou navazuje přístavba přilehlé k sousednímu objektu, připadá v úvahu pouze použití injektáže pro vytvoření horizontální hydroizolační vrstvy, jelikož nevyžaduje přístup k sanovanému zdivu z obou stran. Nad touto řadou vrtů bude provedena plošná injektáž, která zamezí případnému dalšímu vzlínání vlhkosti přes zdivo sousedního objektu, potažmo přes zeminu pod přístavbou. Všechny navržené varianty tedy budou kombinací s tímto opatřením. Je otázkou, zda by se v reálu v takovém případě nepřistoupilo k použití injektáže na celém objektu, přesto je možné metody kombinovat.

- **Varianta 1** – podřezání zdiva lanovou pilou s diamantovým lanem u všech stěn, plošná hydroizolace obvodových stěn, drenáž
- **Varianta 2** – Tlaková injektáž pro vytvoření horizontální hydroizolační vrstvy, plošná hydroizolace obvodových stěn, drenáž
- **Varianta 3** – Tlaková injektáž pro vytvoření horizontální hydroizolační vrstvy, rubová injektáž obvodových stěn
- **Výpočet ceny výkopu kolem objektu**

Pro provedení sanace se nabízí i varianty, u kterých je nutné provést rýhu kolem zdiva tak, abychom mohli provést plošné hydroizolace, případně horizontální hydroizolace zdiva. Z tohoto důvodu bude zhruba proveden položkový rozpočet v softwaru pro tvorbu rozpočtů euroCALC.

Dle geologické mapy [20] se objekt nachází v území se sprašovou hlínou, jedná se tedy o horninu 2. třídy s doporučeným svahováním 1:0,25. Rýhu tak vzhledem k možnému prudkému svahování a jednoduššímu provádění následného sanačního opatření provedeme jako svahovanou. Šířka rýhy bude u dna výkopu 800 mm. Na dně výkopu bude zhotovena drenáž, jelikož se jedná o málo propustnou zeminu. Výkop bude proveden 150 mm pod úroveň plánované horizontální hydroizolace v suterénu. Uvažujeme tedy hloubku výkopu 2,6 m v přední části výkopu a 1,9 m v zadní části, tomu odpovídá hloubkové zapuštění daného objektu v terénu, při světlé výšce suterénního podlaží 2,2 m. Půdorysné rozměry byli získány z katastrální mapy [21].

- **Určení pořadí variant v jednotlivých kritériích**

a) **Technologie a provádění** - Mezi variantami se nachází velké rozdíly ať už z hlediska technologie a provádění, ale také náročnosti na technické vybavení. Nejnáročnější metodou z tohoto hlediska se zdá být varianta 1, kde se pro provedení horizontální hydroizolace zdiva používá lanová pila s diamantovým lanem a je potřeba provést výkop okolo objektu z důvodu podřezání zdiva a aplikace plošné hydroizolace. V případě varianty 2 by se opět musel provést výkop, ale horizontální hydroizolace zdiva se provede pomocí injektáže, řadí se tak na druhé místo. Jedinou možností, která nevyžaduje provedení výkopu okolo objektu je varianta 3, kde se plošná hydroizolace oproti předešlým variantám provede rubovou injektáží. Odpadá tak potřeba dalšího technického zařízení (rypadla) a při provádění se nemusí zasahovat do okolí objektu.

Tab. 28: Pořadí variant z hlediska technologie a provádění

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	3	2	1

b) **Cena** – Pomocí položkového rozpočtu byla stanovena cena odkopání a provedení plošné hydroizolace z vnější strany na 228 238 Kč bez DPH, vezmeme-li v úvahu 10% nepřesnost z důvodu nedostatku podkladů, dostaneme se na 251 062 Kč bez DPH. Cena za varianty obsahující výkop kolem objektu, tak bude součtem ceny výkopu s provedením plošné hydroizolace, metody zajišťující horizontální hydroizolaci zdiva a poplatkem za zábor veřejného prostranství. V tomto případě se však neprojeví, jelikož místní poplatek v Lázních Bělohrad za zábor veřejného prostranství při stavebních pracích činí 1 Kč/m<sup>2</sup>/den.

- **Varianta 1** – Výsledná cena této varianty je kombinací ceny výkopu s provedením plošné hydroizolace a provedení horizontální hydroizolace pomocí podřezání zdiva lanovou pilou ve smíšeném zdivu o tloušťce 850 mm.

Tab. 29: Výsledná cena varianty 1

	Cena/m <sup>2</sup>	Plocha (m <sup>2</sup> )	Cena
<b>výkop</b>	-	-	251 062,00 Kč
<b>lanová pila</b>	3 750,00 Kč	28,05	105 187,50 Kč
		Σ	<b>356 249,50 Kč</b>

- **Varianta 2** – Výsledná cena této varianty je kombinací ceny výkopu s provedením plošné hydroizolace a provedení horizontální hydroizolace pomocí injektáže ve smíšeném zdivu o tloušťce 850 mm.

Tab. 30: Výsledná cena varianty 2

	Cena/m <sup>2</sup>	Plocha (m <sup>2</sup> )	Cena
<b>výkop</b>	-	-	251 062,00 Kč
<b>horiz. Injektáž</b>	3 850,00 Kč	28,05	107 992,50 Kč
		Σ	<b>359 054,50 Kč</b>

- **Varianta 3** – Výsledná cena této varianty je kombinací provedení horizontální hydroizolace pomocí injektáže a provedení rubové injektáže.

Tab. 31: Výsledná cena varianty 3

	Cena/m <sup>2</sup>	Plocha (m <sup>2</sup> )	Cena
<b>horiz. injektáž</b>	3 850,00 Kč	28,05	107 992,50 Kč
<b>rubová injektáž</b>	6 000,00 Kč	62,6	375 600,00 Kč
		Σ	<b>483 592,50 Kč</b>

Vzhledem k tomu, že výsledné ceny prvních dvou variant vyšly velmi podobné, nemůžeme z tohoto hlediska upřednostnit ani jednu z nich. Jako výrazně nejhorší se jeví varianta s rubovou injektáží.

Tab. 32: Pořadí variant z hlediska ceny

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	1,5	1,5	3

- c) **Účinnost** – Nejúčinnějším řešením by měla být varianta 1, jelikož pro odizolování zdiva používá plastové nebo sklolaminátové pásy a svislá hydroizolace je stejně jako u varianty 2 provedena z výkopu. Varianta 2 se tak řadí na druhé místo s použitím injektáže pro vytvoření horizontální hydroizolace. Následuje varianta 3 s rubovou injektáží zdiva.

Tab. 33: Pořadí variant z hlediska účinnosti

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	1	2	3

**d) Životnost** – Jedná se o kritérium, které ovlivňuje použitý materiál dané hydroizolační vrstvy. Nejdelší životnosti dosahují plastové či sklolaminátové pásy použité u varianty 1. Pořadí mezi variantou 1 a variantou 2 rozhodne použitá svislá plošná hydroizolace. Předpokládám, že větší životnosti bude dosahovat plošná hydroizolace oproti rubové injektáži.

Tab. 34: Pořadí variant z hlediska životnosti

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	1	2	3

**e) Vliv na okolí** – Jednoznačně nejmenší vliv na okolí bude mít varianta 3, tedy provedení rubové injektáže, která nezasahuje do okolí objektu a provádí ze z interiéru. Obě další varianty vyžadují pro provedení sanace zhotovení výkopu kolem objektu, jinak se jejich vliv na okolí významně neliší.

Tab. 35: Pořadí variant z hlediska vlivu na okolí

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	2,5	2,5	1

**f) Vliv na provoz v budově (vyšší patra)** – Podobně jako u vlivu na okolí bude mít i u vlivu na provoz v budově negativní vliv provádění výkopu kolem objektu. Přesto, že se v případě rubové injektáže (V3) bude provádět velké množství vrtů, zdá se jako nejšetrnější.

Tab. 36: Pořadí variant z hlediska vlivu na provoz v budově

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Pořadí	2,5	2,5	1

## • Vyhodnocení variant

Tab. 37: Vyhodnocení variant metod sanace pro objekt v zástavbě se suterénem

	Technologie a provádění	Cena	Účinnost	Životnost	Vliv na okolí	Vliv na provoz	Body	Pořadí
<b>V1</b>	3	1,5	1	1	2,5	2,5	1,62	<b>1.</b>
<b>V2</b>	2	1,5	2	2	2,5	2,5	1,89	<b>2.</b>
<b>V3</b>	1	3	3	3	1	1	2,50	<b>3.</b>
<b>váhy</b>	<b>0,11</b>	<b>0,37</b>	<b>0,19</b>	<b>0,19</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>		



Jako nejlepší varianta metod sanace vlhkého zdiva v případě objektu v zástavbě se suterénem se jeví stejně jako v případě samostatně stojícího podsklepeného objektu varianta 1, která i přes složitější provádění a vyšší náročnost na technické zařízení disponuje výbornou účinností a životností provedené hydroizolační vrstvy. Objekt se tak i v tomto případě vyplatí odkopat a provést plošnou hydroizolaci z vnějšího líce zdiva.

## Výsledky a diskuze

- **Samostatně stojící nepodsklepený objekt**

Jednalo se o nejjednodušší modelový případ, který jsme uvažovali, jelikož zdivo obsahovalo horizontální spáru a zároveň byl objekt dobře přístupný a s dostatkem místa pro manipulaci s technickým zařízením potřebným k provádění sanace. Pro sanaci vlhkého zdiva byli navrženy tři varianty metod sanace, přičemž se jednalo o podřezání zdiva řetězovou pilou, zarážení izolačních plechů a tlakovou horizontální injektáž. Všechny tyto varianty byly navrženy v kombinaci se sanačními omítkami tak, aby bylo docíleno optimálního výsledku. Po vyhodnocení těchto variant se ukázalo jako nejlepší řešení vlhkého zdiva v daném případě varianta 1, tedy podřezání zdiva pomocí řetězové pily, následovala tlaková injektáž a zarážení izolačních plechů. Podřezání zdiva pomocí řetězové pily kombinuje nejnižší cenu a výbornou životností a účinností dodatečné hydroizolační vrstvy, proto se tedy zdá jako nejlepší řešení v daném případě. Nevýhody by se však projevíly v případě, že by se nejednalo o případ kompletního sanačního opatření a snažili bychom se například provést sanaci vlhkého zdiva bez možnosti zásahu do interiéru.

- **Samostatně stojící objekt se suterénem**

V tomto případě se jednalo především o vyhodnocení toho, zda se vyplatí daný objekt odkopat a provést plošné hydroizolace z výkopu, nebo jestli je výhodnější zvolit metodu, která umožňuje jejich provedení bez jeho nutnosti. Navíc jsme byli omezeni ve výběru metod pro provedení horizontální hydroizolační vrstvy, jelikož se jednalo o smíšené zdivo bez průchozí horizontální spáry. Byly tedy navrženy tři varianty řešení, přičemž jedna umožňovala provedení sanace bez nutnosti výkopu a další dvě naopak. Výhodou v takovém případě je, že objekt disponuje vlastním pozemkem s možností ukládání případného výkopku, bez nutnosti jeho vodorovného přemístování na delší vzdálenosti. Po vyhodnocení variant se ukázalo, že se objekt vyplatí odkopat i přes zásah do okolí objektu a větší náročnosti z hlediska technologie provádění. Rubová injektáž se tak u objektů s možností zásahu do okolí těžko uplatní, především vzhledem ke své vysoké ceně. Jako nejlepší varianta se ukázala kombinace podřezání zdiva lanovou pilou s diamantovým lanem s plošnou hydroizolací stěn provedenou z výkopu, která i přes složitější provádění a vyšší náročnost na technické zařízení disponuje výbornou

účinností a životností provedené hydroizolační vrstvy. Objekt se tedy vyplatí odkopat a provést plošnou hydroizolaci z vnějšího líce zdiva.

- **Nepodsklepený objekt v zástavbě**

Stejně jako v případě samostatně stojícího nepodsklepeného objektu se jednalo o objekt s cihelným zdivem s průběžnou horizontální spárou. Z tohoto hlediska jsme tak nebyli téměř omezeni ve výběru sanační metody. Proti samostatně stojícímu objektu však nastává omezení ve výběru sanační metody především u štítové stěny, která je přistavěna k sousednímu objektu a v tom, že se bezprostředně před objektem nachází veřejný chodník. Opět byly navrženy tři varianty řešení, tedy podřezání zdiva řetězovou pilou, zarážení izolačních plechů a horizontální tlaková injektáž, přičemž všechny byly kombinací s horizontální a plošnou injektáží štítové stěny přilehlé k sousednímu objektu. Další skutečností, kterou jsme museli vyhodnotit, bylo, že v tomto případě do ceny vstupuje i poplatek za zábor veřejného prostranství, který by se mohl negativně projevit na ceně těch metod sanace, které vyžadují oboustranný přístup ke zdivu. V tomto případě se však neprojevil, jelikož místní poplatek v Lázních Bělohrad za zábor veřejného prostranství při stavebních pracích činí pouze 1 Kč/m<sup>2</sup>/den. Při standartní sazbě 10 Kč/m<sup>2</sup>/den a delším úseku sousedícím s veřejným prostorem by se tento poplatek mohl projevit.

- **Objekt v zástavbě se suterénem**

Stejně jako v případě samostatně stojícího objektu se suterénem jsme se museli především rozhodnout, zda se vyplatí objekt po obvodu odkopat a provést plošné hydroizolace nebo využít jiné metody bez nutnosti výkopu. V tomto případě se navíc kolem objektu nacházely asfaltové plochy, potažmo veřejný dlážděný chodník. Další omezení týkající se výběru metody sanace bylo, že štítová stěna objektu je přistavěna k sousední budově, daný objekt má přístavbu, která není součástí pro sanační opatření a suterénní zdivo je smíšené bez horizontální průběžné spáry. Pro vytvoření horizontální hydroizolační vrstvy tak přicházela v úvahu pouze metoda podřezání zdiva pomocí lanové pily nebo injektáž v kombinaci s odkopáním objektu a provedením plošných hydroizolací z vnějšího líce zdiva. Jako varianta, která umožňuje provedení odizolování suterénu bez výkopu, byla navržena rubová injektáž v kombinaci s tlakovou injektáží pro vytvoření horizontální hydroizolační vrstvy. Tyto varianty však musely být doplněny plošnou injektáží provedenou ve

zdivu přistavěnému k sousednímu objektu a pod přístavbou. Po vyhodnocení variant se ukázalo, že se vyplatí provést výkop i přes zásah do okolí objektu, platbu poplatku za zábor veřejného prostranství a vyšší náročnost z hlediska technologie provádění. V našem případě se tak jeví jako nejvhodnější varianta podřezání zdiva pomocí lanové pily s plošnou hydroizolací provedenou z výkopu. Tento výsledek je však značně ovlivněn velice nízkou sazbou za zábor veřejného prostranství 1 Kč/m<sup>2</sup>/den, přičemž standardní poplatek ve větších městech činí 10 Kč/m<sup>2</sup>/den. Svůj vliv měla i uvažovaná vzdálenost, na kterou by musel být přepravován výkopek. Lze tedy říct, že v případě objektu umístěného v centru většího města, může být výsledek opačný.

## **Závěr**

Cílem této bakalářské práce bylo popsat problematiku týkající se vlhkého zdiva a možností sanace. Následně tyto poznatky aplikovat a vyhodnotit vhodnost jednotlivých metod sanace pro modelové případy objektů.

Při vypracovávání bakalářské práce byla v první řadě provedena rešerše dostupné literatury a norem zabývajících se vlhkým zdivem a sanacemi, pomocí které byla vypracována první část. Ve druhé části práce byly vybrány dva objekty, přičemž se jednalo o samostatně stojící objekt a objekt v zástavbě, které byly použity jako základ pro modelové případy z hlediska rozměrů, materiálu zdiva, polohy a vztahu k okolí. Pro oba objekty byla uvažována nepodsklepená verze a verze se suterénem tak, abychom mohli vyhodnotit, zda se nějaká metoda sanace vyloženě hodí pro určitý modelový případ. Pro každý modelový případ tedy byly navrženy vhodné varianty řešení, které byly následně vyhodnoceny pomocí vícekritériálního hodnocení, tím byly cíle práce splněny. Avšak i přes snahu vyhodnotit nejvhodnější metodu sanace pro jednotlivé modelové případy se nedá říct, že by byla v reálu jen jedna metoda ta nejvhodnější pro daný typ objektu. Volba sanačních opatření je závislá na velkém množství aspektů a musí se odvíjet od konkrétní situace na konkrétním objektu.

## Literatura a normy

- [1] VLČEK, Milan a Petr BENEŠ. *Poruchy a rekonstrukce staveb*. Brno: ERA group, 2005. Technická knihovna (ERA). ISBN 80-7366-013-X.
- [2] SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty*. 3. elektronické vyd. [online] Praha: 2013, [vid. 10.4.2016]. ISBN 978-80-260-4972-2. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~svobodas/sh/>
- [3] BALÍK, Michael. *Odvhlčování staveb*. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2693-9.
- [4] SOLAŘ, Jaroslav. *Odstraňování vlhkosti: sanace vlhkého zdiva*. [elektronická kniha] Praha: Grada, 2013. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-8606-3.
- [5] BALÍK, Michael a Jaroslav SOLAŘ. *Odvodnění domu: anglické dvorky, drenáže, vzduchové dutiny*. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada, 2010. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-3393-7.
- [6] ANTON Ondřej, Vendula BLAŽKOVÁ a Leonard HOBST. *Měření vlhkosti v praxi soudního inženýra*. Soudní inženýrství [online] 3/2005 [vid. 20.3.2016]. Dostupný z: [http://www.sinz.cz/cz/archiv\\_clanku.php](http://www.sinz.cz/cz/archiv_clanku.php)
- [7] ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [8] SOKOL, Václav a Zdeněk KUTNAR. *Sanace vlhkého zdiva [online]*. Praha: Kutnar – Izolace staveb, 2004 [vid. 20.4.2016]. Dostupné z: <http://15123.fa.cvut.cz/?page=cz,pozemni-stavitelstvi-iv>
- [9] LEDEREROVÁ, Jaroslava. *Biokorozní vlivy na stavební díla*. Praha: Silikátový svaz, 2009. ISBN 978-80-86821-50-4.
- [10] VLČEK, Milan. *Metody sanace vlhkého zdiva*. Praha: Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky - WTA CZ, 2007. ISBN 978-80-02-01945-9.
- [11] WTA směrnice 2-9-04/D Sanační omítkové systémy. Praha: Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky – WTA CZ, 2008.
- [12] BROŽOVÁ, Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT. *Modely pro vícekritériální rozhodování*. Praha: Credit, 2003. ISBN 80-213-1019-7.

- [13] ČSN P 73 0606 Hydroizolace staveb – Povlakové hydroizolace – Základní ustanovení. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [14] Směrnice ČHIS 01 Hydroizolační technika – Ochrana staveb a konstrukcí před nežádoucím působením vody a vlhkosti. Praha: Česká hydroizolační společnost, 2014.
- [15] ČSN P 73 0600 Hydroizolace staveb – Základní ustanovení. Praha: Český normalizační institut, 2000.

### **Další zdroje**

- [16] *KZS Sanace vlhkého zdiva*. [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.sanace-izolace.cz/sanace-vlhkeho-zdiva.htm>
- [17] *HW-PANTY spol. s r.o.*. [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.hwpanty.cz/stranka/cz/5/cenik-sanace-vlhkeho-zdiva/>
- [18] *TRUMF renovace a sanace, s.r.o.*. [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.sanace-zdiva-praha.cz/injektaz-vlhkeho-zdiva-cenik/>
- [19] *TRUMF sanace s.r.o.*. [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.injektaz-zdiva-praha.cz/tlakova-gelova-injektaz/>
- [20] *Česká geologická služba*. [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: [http://mapy.geology.cz/geocr\\_50/](http://mapy.geology.cz/geocr_50/)
- [21] *Nahlížení do katastru nemovitostí*. [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://nahliznidokn.cuzk.cz/>
- [22] *mapy.cz*. [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>

### **Seznam tabulek**

Tab. 1: Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610 [7] .....	23
Tab. 2: Přehledná tabulka hlavních výhod a nevýhod přímých metod sanace [3,4,16,17,18,19] .....	42
Tab. 3: Přiřazení bodů a výpočet vah jednotlivých kritérií .....	45
Tab. 4: Pořadí variant z hlediska technologie a provádění .....	48
Tab. 5: Pořadí variant z hlediska ceny .....	48
Tab. 6: Pořadí variant z hlediska účinnosti .....	48
Tab. 7: Pořadí variant z hlediska životnosti .....	49

Tab. 8: Pořadí variant z hlediska vlivu na okolí.....	49
Tab. 9: Pořadí variant z hlediska vlivu na provoz v budově.....	49
Tab. 10: Vyhodnocení variant metod sanace pro samostatně stojící nepodsklepený objekt.....	49
Tab. 11: Pořadí variant z hlediska technologie a provádění .....	52
Tab. 12: Výsledná cena varianty 1 .....	53
Tab. 13: Výsledná cena varianty 2 .....	53
Tab. 14: Výsledná cena varianty 3 .....	53
Tab. 15: Pořadí variant z hlediska ceny .....	53
Tab. 16: Pořadí variant z hlediska účinnosti .....	54
Tab. 17: Pořadí variant z hlediska životnosti .....	54
Tab. 18: Pořadí variant z hlediska vlivu na okolí.....	54
Tab. 19: Pořadí variant z hlediska vlivu na provoz v budově.....	54
Tab. 20: Vyhodnocení variant metod sanace pro samostatně stojící objekt se suterénem .....	55
Tab. 21: Pořadí variant z hlediska technologie a provádění .....	57
Tab. 22: Pořadí variant z hlediska ceny .....	58
Tab. 23: Pořadí variant z hlediska účinnosti .....	58
Tab. 24: Pořadí variant z hlediska životnosti .....	58
Tab. 25: Pořadí variant z hlediska vlivu na okolí.....	59
Tab. 26: Pořadí variant z hlediska vlivu na provoz v budově.....	59
Tab. 27: Vyhodnocení variant metod sanace pro nepodsklepený objekt v zástavbě .	59
Tab. 28: Pořadí variant z hlediska technologie a provádění .....	62
Tab. 29: Výsledná cena varianty 1 .....	62
Tab. 30: Výsledná cena varianty 2 .....	63
Tab. 31: Výsledná cena varianty 3 .....	63
Tab. 32: Pořadí variant z hlediska ceny .....	63
Tab. 33: Pořadí variant z hlediska účinnosti .....	63
Tab. 34: Pořadí variant z hlediska životnosti .....	64
Tab. 35: Pořadí variant z hlediska vlivu na okolí.....	64
Tab. 36: Pořadí variant z hlediska vlivu na provoz v budově.....	64
Tab. 37: Vyhodnocení variant metod sanace pro objekt v zástavbě se suterénem ....	64



## Seznam obrázků

Obr. 1: Detail prostupu vlhkosti kapilárou zdiva [3] .....	14
Obr. 2: Izotermy rovnovážné vlhkosti [4].....	16
Obr. 3: Zdroje vlhkosti [3] .....	17
Obr. 4: Projevy vztlínající vlhkosti v interiéru.....	18
Obr. 5: Radiometrická soustava Troxler model 3411 [6] .....	22
Obr. 6: Projevy soli používané jako tavidlo sněhu .....	24
Obr. 7: Podřezávání zdiva pomocí řetězové pily [10].....	28
Obr. 8: Schéma zarážení izolačních plechů [10].....	29
Obr. 9: Beztlaková injektáž [4] .....	31
Obr. 10: Použití plošné injektáže [10] .....	33
Obr. 11: Otevřený a zakrytý systém vzduchové dutiny na vnější straně zdi [4].....	36
Obr. 12: Varianty předsazené stěny na vnitřní straně zdi [4].....	37
Obr. 13: Vzduchová mezera pod podlahou, vytvořená pomocí speciálních tvarovek [4].....	38
Obr. 14: Drenáž kolem suterénu objektu v nepropustném podloží.....	39
Obr. 15: Samostatně stojící objekt, vlevo pohled, vpravo letecký snímek [22] .....	46
Obr. 16: Objekt v zástavbě, vlevo pohled, vpravo letecký snímek [22] .....	55

## Seznam příloh

Příloha 1: Rozpočet pro samostatně stojící objekt

Příloha 2: Rozpočet pro objekt v zástavbě

## Příloha 1: Rozpočet pro samostatně stojící objekt

Zakázka: Sběr

### Rozpočet s výkazem výměr

Číslo zakázky:  
Název zakázky: **Sběř**  
Klasifikace:  
Fáze zakázky: Založená nabídka  
Zadavatel rozpočtu:  
Komentář zakázky:  
  
Verze zakázky: Nabídka  
Komentář verze:

#### Rekapitulace DPH

Sazba DPH	Základ daně	DPH	Cena s DPH
21%	172 953	36 320	209 273

Celkem bez DPH: **172 953 CZK**  
Celkem s DPH: **209 273 CZK**

**Rekapitulace objektů**

Popis	Cena	DPH	Cena s DPH
SO_01: Stavební objekt 01	172 953	36 320	209 273
	172 953	36 320	209 273

## Rekapitulace - objekty a oddíly

Popis	Cena	DPH	Cena s DPH
<b>SO_01: Stavební objekt 01</b>	<b>172 953</b>	<b>36 320</b>	<b>209 273</b>
001: Zemní práce	82 935	17 416	100 352
002: Základy	8 428	1 770	10 198
005: Komunikace	7 045	1 479	8 525
008: Trubní vedení	14 458	3 036	17 494
009: Ostatní konstrukce a práce	3 016	633	3 649
711: Izolace proti vodě	57 070	11 985	69 055
	<b>172 953</b>	<b>36 320</b>	<b>209 273</b>

### Rozpočet s výkazem výměr

Poř. ▲	Ident.	Kód	Popis	MJ	Výměra	Jedn. cena	Cena
<b>SO_01: Stavební objekt 01</b>							<b>172 953</b>
<b>001: Zemní práce</b>							<b>82 935</b>
1	SP	943Ba0010-006	Rozebrání dlažeb komunikací pro pěši - ostatní - ze zámkové dlažby, lože jakýchkoliv, výpň spř jakýchkoliv	m2	22,800	44,30	1 010
2	SP	122Cc0024-008	Sejmutí omíčky ručně - s vodorovným přemíslením do 50 m, tloušťka vrstvy přes 150 mm	m3	11,665	351,00	4 094
3	SP	123Cc0100-002	Hloubení rýh šířky přes 600 do 2 000 mm - homina 1 a 2, množství do 100 m3	m3	77,550	195,00	15 122
4	SP	126Ac0040-014	Vodorovné přemíslení výkopku - homina 1 až 4, přes 2 000 do 2 500 m	m3	11,480	75,80	870
5	SP	126Ac0090-002	Nakládání, vykládání a překládání nelehkého výkopku - nakládání, množství do 100 m3, homina 1 až 4	m3	11,480	152,00	1 745
6	SP	127Cc0040-002	Uložení sypaniny - na skládce	m3	11,480	10,40	119
7	SP	127Cc0164-002	Poplatek za uložení odpadu ze sypaniny na skládce (skládkové)	t	22,960	156,00	3 582
8	SP	127Cc0040r-002	Uložení sypaniny - na deponii	m3	50,000	10,40	520
9	H	000Cp1028-03	Štěrka předrozný - frakce 16-32 mm, tř. B	t	22,960	195,00	4 477
10	H	131Ln6002-03	Rohož drenážní Juta Petexdren - 400, tloušťka 3,0 mm, 200kPa, propustn. 0,005 l/(m.s)	m2	43,414	38,00	1 650
11	SP	127Cc0070-002	Obsep potrubí - bez prohození sypaniny	m3	11,480	335,00	3 846
12	SP	126Ac0090r-002	Nakládání výkopku z deponie - nakládání, množství do 100 m3, homina 1 až 4	m3	50,000	152,00	7 600
13	SP	126Ac0040-004	Vodorovné přemíslení výkopku - homina 1 až 4, přes 20 do 50 m	m3	50,000	27,10	1 355
14	SP	127Cc0090-002	Obsep objektů - bez prohození sypaniny	m3	73,990	495,00	36 625
15	SP	911Cc0010-002	Rozprostření a urovnání omíčky v rovině nebo ve svahu sklonu do 1 : 5 - souvislá plocha do 500 m2, tloušťka vrstvy do 100 mm	m2	11,665	27,40	320
<b>002: Základy</b>							<b>8 428</b>
16	SP	133Eq4010r-002	Lože pro drenáž - beton prostý	m3	3,440	2 450,00	8 428
<b>005: Komunikace</b>							<b>7 045</b>
17	SP	942Ff2002-002	Kladení dlažby pozemních, z betonových zámkových dlaždic - tř. dlaždic 80 mm, skup. A, plocha do 50 m2, lože kam. těž. nebo drobné, tř. lože do 50 mm	m2	22,800	309,00	7 045
<b>008: Trubní vedení</b>							<b>14 458</b>
18	SP	952Fg2010r-002	Dodávka + montáž kontrolní šachtičky + příslušenství - dl. 290 mm, P 15, obestavěný prostor do 0,75 m3	kus	2,000	5 929,00	11 858
19	SP	954In6022r-002	Drenážní potrubí plastové flexibilní - průměr 160 mm	m	28,700	82,70	2 373
20	SP	952In6010r-002	Kladení drenážního potrubí PVC do rýhy, do 200 mm	m	28,700	7,90	227
<b>009: Ostatní konstrukce a práce</b>							<b>3 016</b>

Poř. →	Ident.	Kód	Popis	MJ	Výměra	Jedn. cena	Cena
21	SP	943Ff2064-004	Osazení chodníkového obrubníku betonového stojatého - bez boční opěry, lože z betonu prostého ř. C 12/15	m	20,800	145,00	3 016
			<b>711: Izolace proti vodě</b>				<b>57 070</b>
22	SP	190Bz0002-004	Odstranění izolace proti zemní vlhkosti - plocha svistá S	m2	81,400	9,11	742
23	SP	190Ys4030-004	Izolace proti zemní vlhkosti bitumenovým tmelem - COMBIFLEX- C2, plocha svistá	m2	81,400	398,00	32 397
24	SP	190Ln6136-004	Izolace ploch nepovými fólemi systému DELTA - drenážní a ochranný systém asfaltových stěrkových hydroizolací, zatížitelnost 400 kN/m2	m2	81,400	294,00	23 932

## Příloha 2: Rozpočet pro objekt v zástavbě

Zakázka: Lázně Bělohrad

### Rozpočet s výkazem výměr

Číslo zakázky:  
Název zakázky: Lázně Bělohrad  
Klasifikace:  
Fáze zakázky: Založená nabídka  
Zadavatel rozpočtu:  
Komentář zakázky:  
  
Verze zakázky: Nabídka  
Komentář verze:

#### Rekapitulace DPH

Sazba DPH	Základ daně	DPH	Cena s DPH
21%	228 238	47 930	276 168

Celkem bez DPH: 228 238 CZK  
Celkem s DPH: 276 168 CZK

**Rekapitulace objektů**

Popis	Cena	DPH	Cena s DPH
<b>SO_01: Stavební objekt 01</b>	<b>228 238</b>	<b>47 930</b>	<b>276 168</b>
	<b>228 238</b>	<b>47 930</b>	<b>276 168</b>



## Rekapitulace - objekty a oddíly

Popis	Cena	DPH	Cena s DPH
<b>SO_01: Stavební objekt 01</b>	<b>228 238</b>	<b>47 930</b>	<b>276 168</b>
001: Zemní práce	99 893	20 977	120 870
002: Základy	10 849	2 278	13 127
005: Komunikace	20 113	4 224	24 337
006: Úpravy povrchu	26 307	5 525	31 832
008: Trubní vedení	15 201	3 192	18 393
711: Izolace proti vodě	55 875	11 734	67 609
	<b>228 238</b>	<b>47 930</b>	<b>276 168</b>

### Rozpočet s výkazem výměr

Poř. →	Ident.	Kód	Popis	MJ	Výměra	Jedn. cena	Cena
<b>SO_01: Stavební objekt 01</b>							<b>228 238</b>
<b>001: Zemní práce</b>							<b>99 893</b>
1	SP	943Be0010-002	Rozabrání dlažeb komunikací pro pěší - z kamene - z mozaiky, lože jakákoliv, výpň spár jakákoliv	m2	24,000	48,50	1 164
2	SP	941Bs5030-008	Odstranění živičného podkladu nebo krytu frézováním ploch do 500 m2 na jednom objektu - tloušťka vrstvy 50 mm	m2	25,960	182,00	4 723
3	SP	123Cc0100-002	Hloubení rýh šířky přes 600 do 2 000 mm - homina 1 a 2, množství do 100 m3	m3	91,960	195,00	17 932
4	SP	126Ac0040-014	Vodorovné přemístění výkopku - homina 1 až 4, přes 2 000 do 2 500 m	m3	14,780	75,80	1 120
6	SP	127Cc0040-002	Uložení sypaniny - na skládku	m3	14,780	10,40	154
7	SP	127Cc0184-002	Poplatek za uložení odpadu ze sypaniny na skládce (skládkové)	t	29,560	156,00	4 611
8	SP	127Cc0070-002	Oběp potrubí - bez prohození sypaniny	m3	14,780	335,00	4 951
9	SP	127Cc0090-002	Oběp objektů - bez prohození sypaniny	m3	77,180	495,00	38 204
10	H	000Cp1028-03	Štěrka předroaný - frakce 16-32 mm, tř. B	t	29,560	195,00	5 764
11	H	131Ln6002-03	Rohož drenážní Juta Petexdren - 400, tloušťka 3,0 mm, 200kPa, propustn. 0,005 l/(m.s)	m2	55,500	38,00	2 109
12	SP	126Ac0090-002	Nakládání výkopku z deponie - nakládání, množství do 100 m3, homina 1 až 4	m3	67,180	152,00	10 211
13	SP	127Cc0040r-002	Uložení sypaniny - na deponii	m3	67,180	10,40	699
14	SP	126Ac0040r-010	Vodorovné přemístění výkopku na deponii - homina 1 až 4, Přes 1 000 do 1 500 m	m3	67,180	61,40	4 125
15	SP	126Ac0040rr-010	Vodorovné přemístění výkopku z deponie - homina 1 až 4, Přes 1 000 do 1 500 m	m3	67,180	61,40	4 125
<b>002: Základy</b>							<b>10 849</b>
16	SP	133Eq4010r-002	Lože pro drenáž - beton prostý	m3	4,428	2 450,00	10 849
<b>005: Komunikace</b>							<b>20 113</b>
17	SP	943Ft2004-001	Kladení dlažby z mozaiky komunikací pro pěší dvoubarevné s ložem tloušťky do 40 mm - kamenivo	m2	24,000	618,00	14 832
18	SP	941Cp1070-010	Podklad ze štěrkoití - tloušťka po ztuhnutí 70 mm	m2	25,960	49,50	1 285
19	SP	942Ln2009-003	Asfaltový koberec otevřený jemnozrný AKOU s rozprostřením a se ztuhnutím - šířka do 3 m, tloušťka po ztuhnutí 30 mm	m2	25,960	154,00	3 996
<b>006: Úpravy povrchu</b>							<b>26 307</b>
20	SP	411Pt3676-004	Vyplnění spár cementovou maltou vnějších povrchů z tvámic nebo kamene - stěna	m2	79,895	77,10	6 144
21	SP	411Pt3680-004	Vyrovnání nerovností podkladu cementovou maltou vnějších omítaných ploch tloušťky do 10 mm - stěna	m2	79,895	253,00	20 163
<b>008: Trubní vedení</b>							<b>15 201</b>

Poř. ▲	Ident.	Kód	Popis	MJ	Výměra	Jedn. cena	Cena
22	SP	952Fg2010r-002	Dodávka + montáž kontrolní šachtičky + příslušenství - dl. 290 mm, P 15, obestavěný prostor do 0,75 m3	kus	2,000	5 929,00	11 858
23	SP	954In6022r-002	Drenážní potrubí plastové flexibilní - průměr 160 mm	m	36,900	82,70	3 052
24	SP	952In6010r-002	Kladení drenážního potrubí PVC do rýhy, do 200 mm	m	36,900	7,90	292
			<b>711: Izolace proti vodě</b>				<b>55 875</b>
25	SP	190Bz0002-004	Odstanění izolace proti zemní vlhkosti - plocha svislá S	m2	79,695	9,11	726
26	SP	190Ys4030-004	Izolace proti zemní vlhkosti bitumenovým tmelem - COMBIFLEX- C2, plocha svislá	m2	79,695	398,00	31 719
27	SP	190Ln6138-004	Izolace ploch novými fólemi systému DELTA - drenážní a ochranný systém asfaltových stěrkových hydroizolací, zatížitelnost 400 kN/m2	m2	79,695	294,00	23 430