

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra konstrukcí pozemních staveb

Bakalářská práce

Průzkum a návrh rekonstrukce rodinného domu ve Rtyni nad Bílinou
Survey and Reconstruction Proposal of family house in Rтынě upon Bílina



Autor: Levko Sasin
Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Tomáš Čejka, Ph.D.
Praha, 2017

Prohlášení o autorství práce

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Průzkum a návrh rekonstrukce rodinného domu ve Rtyni nad Bílinou“ vypracoval samostatně za použití zdrojů uvedených v seznamu literatury předkládané bakalářské práce.

V Praze, dne:

Podpis:

Poděkování:

Děkuji všem, kteří mi pomohli při sepsání bakalářské práce svojí podporou, radami a připomínkami. V první řadě děkuji svému vedoucímu bakalářské práce, doc. Ing. Tomášovi Čejkovi, Ph.D., za jeho odborné vedení, konzultace, cenné připomínky a přátelskou zpětnou vazbu při psaní této bakalářské práce.

Dále děkuji panu Ing. Mgr. Janu Valentovi, Ph.D., za konzultaci v oblasti geologie, děkuji paní Ivaně Loušové, za odborné vedení při provádění zkoušek v laboratoři a panu Ing. Pavlu Kokešovi, za poskytnutí pracovního prostoru v laboratoři.

Dále děkuji mé rodině, za pevnou podporu a povzbuzování, které mi umožnilo sepsat tuto bakalářskou práci.





ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE



I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Sasin</u>	Jméno: <u>Levko</u>	Osobní číslo: <u>370803</u>
Zadávací katedra: <u>k124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb</u>		
Studijní program: <u>Stavitelství</u>		
Studijní obor: <u>Realizace pozemních a inženýrských staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Průzkum a návrh rekonstrukce rodinného domu ve Rtyni na Bílinou</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Survey and Reconstruction Proposal of family house in Rtyně upon Bilina</u>	
Pokyny pro vypracování: Vypracujte zjednodušený stavebně technický průzkum objektu, proveďte hodnocení stavebně technického stavu jednotlivých konstrukcí, analýzu příčin poruch a nutná sanační opatření zvýšené vlhkosti, vypracujte zjednodušenou výkresovou dokumentaci objektu s vyznačením jednotlivých poruch a návrhem sanace.	
Seznam doporučené literatury: 1. Witzany, J. a kol: Sanace a rekonstrukce zděných budov I., Stavební informace, Praha 2005 2. Witzany, J. a kol: Sanace a rekonstrukce zděných budov – ochrana proti vlhkosti a radonu, Stavební informace, Praha 2006 3. Witzany, J. a kol: Rekonstrukce, poruchy a sanace betonových konstrukcí, Stavební informace, Praha 2004 4. Witzany, J., Čejka, T., Zigler, R.: Zděné valené klenbové konstrukce, Stavební ročenka 2006, Bratislava 2005 5. Witzany, J., Čejka, T., Zigler, R.: Stanovení zbytkové únosnosti existujících zděných konstrukcí, Stavební obzor 2008, roč. 17, č. 9, Praha 2008 6. Witzany, J., Čejka, T.: Výzkum fyzikálně mechanických vlastností porézních zdících prvků, Stavební obzor 2008, roč. 17, č. 10, Praha 2008	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>doc. Ing. Tomáš Čejka, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>2.3.2017</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>28. 5. 2017</u>
	

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Obsah

1.	Cíl práce	4
2.	Úvod	4
3.	Teoretická část	4
3.1.	Vlhkost v konstrukcích	4
3.2.	Způsoby snížení vlhkosti v konstrukci	5
3.3.	Vzduchové metody.....	7
3.3.1.	Proudění vzduchu v dutině:	8
3.3.2.	Vzduchové dutiny stěnové	8
3.3.2.1.	Vzduchové dutiny pod úrovní terénu – zakryté	9
3.3.2.2.	Vzduchové dutiny pod úrovní terénu – otevřené	9
3.3.3.	Vzduchové dutiny nad úrovní terénu.....	10
3.3.4.	Vzduchové dutiny na vnitřní straně zdi	11
3.3.4.1.	Předsazené stěny	11
3.3.4.2.	Vnitřní obklady	11
3.3.5.	Vzduchové dutiny podlahové.....	14
3.3.5.1.	Vzduchová mezera vytvořená zastropením	14
3.3.5.2.	Vzduchová mezera vytvořená tvarovkami	14
3.3.6.	Ostatní vzduchové systémy.....	15
3.3.6.1.	Kanálkový způsob	15
3.3.6.2.	Knapenův způsob	16
3.3.6.3.	Profilované fólie	17
3.3.6.4.	Provětrávané drenáže:	17
3.3.6.5.	„Air management“ místnosti	19
3.4.	Infuzní clony	20
3.4.1.	Injektážní prostředky.....	21
3.4.2.	Principy působení chemických clon ve zdivu	23
3.4.3.	Způsoby aplikace injektážních prostředků	24
3.4.3.1.	Beztlaková injektáž.....	24
3.4.3.2.	Tlaková injektáž.....	25
3.4.4.	Zvláštní způsoby aplikace injektážních prostředků	26
3.4.4.1.	Metoda následné infuze.....	26
3.4.4.2.	Termicky aktivována injektáž	26
3.5.	Mechanické metody aplikace dodatečných izolací.....	28
3.5.1.	Probourávání zdiva.....	28
3.5.2.	Podřezávání zdiva.....	29
3.5.3.	Zarážení desek.....	30
3.6.	Metody elektroosmotické	32
3.6.1.	Kompenzační metoda	32
3.6.2.	Metoda pasivní elektroosmózy	33
3.6.3.	Metoda založená na využití galvanoosmotických jevů	34
3.6.4.	Metoda aktivní elektroosmózy	34
3.6.4.1.	Princip řešení odvlhčování zdiva aktivní elektroosmózou	36
3.7.	Omítky	38
3.7.1.	Podkladní omítka.....	38

Teoretická část

3.7.2.	Kompresní (obětovaná) omítka	39
3.7.3.	Sanační omítka	39
3.7.3.1.	Povrchové úpravy sanační omítky.....	41
3.8.	Povlaky, konzervační a hydrofobizační úpravy	42
3.8.1.	Nátěry omítek a zdiva	42
3.8.2.	Zpevňující prostředky	44
3.8.3.	Hydrofobizační prostředky.....	45
	Seznam tabulek.....	46
	Seznam obrázků	46
	Použité zdroje.....	47
4.	Praktická část.....	52
4.1.	Stavebně technický průzkum budovy a jejího okolí.....	52
4.1.1.	Okolí řešeného objektu	52
4.1.2.	Konstrukční popis budovy	54
4.1.3.	Využití objektu	55
4.2.	Gelogické a hydrogeologické podmínky v podloží	56
4.3.	Vady a poruchy objektu	60
4.3.1.	Výkresy s vyznačenými poruchami:	67
4.3.2.	Výkresová dokumentace	76
4.4.	Odběry vzorků	76
4.5.	Testování vzorků - vlhkost.....	76
4.6.	Testování vzorků – chemismus	80
4.7.	Vyhodnocení výsledků	82
4.8.	Výběr metody sanace.....	84
4.9.	Výkresy navržených sanačních metod	85
	Závěr.....	86

Přílohy:

Výkresová dokumentace skutečného provedení stavby:

1. Půdorys 1.NP
2. Půdorys 1.PP
3. Půdorys 2.NP
4. Řez A-A a B-B

Výkresová dokumentace navržených sanací a úprav:

1. Půdorys 1.NP – sanace
2. Půdorys 1.PP – sanace
3. Řez A-A a B-B – sanace

Anotace:

Ve dnešní době probíhá snaha zachovat historické budovy v jejich historických a technických hodnotách. Proto se na odvlhčovací metody klade velký důraz, aby tyto hodnoty neporušily, ale zachovaly. Dnešní jednotlivé odvlhčovací metody nesplňují všechna kritéria, proto se musí metody odvlhčování mezi sebou kombinovat. Tato práce popisuje jednotlivé způsoby odvlhčování konstrukcí objektu a aplikuje tyto znalosti do návrhu rekonstrukce rodinného domu ve Rtyni nad Bílinou.

Klíčová slova:

vlhkost, kapilární vztlínání, metody, sondy, měření, odvlhčení

Annotation:

Nowadays, efforts are made to preserve historical buildings in their historical and technical values. Therefore, the dehumidification method places great emphasis on these values not to alter but to preserve them. Today's individual dehumidification methods do not meet all criteria, so dehumidification methods must be combined between themselves. This paper describes the various methods of dehumidifying the structures of the building and applies this knowledge to the reconstruction proposal of the family house in Rtyně upon Bílina.

Keywords:

humidity, capillary elevation, methods, probes, measuring, dehumidification

1. Cíl práce

Cílem této práce je stanovení technicky správného řešení sanace konstrukcí objektu rodinného domu, ve Rtyni nad Bílinou. Navržené řešení se opírá o údaje ze stavebně technického průzkumu budovy a z odebraných sond, podrobené vlhkostnímu měření a zkouškám chemismu zdiva.

2. Úvod

Jeden ze závažných problémů, který se řeší při rekonstrukci historických budov, je dodatečné odvlhčení a případné odsolení konstrukcí. Před započítím odvlhčovací prací, je potřeba aby projektant zvážil všechny faktory, které souvisejí s jednotlivými sanačními postupy.¹ Mezi tyto faktory patří:

- současný technický a provozní stav objektu;
- požadavky na budoucí využití;
- požadavky na udržení historických částí objektu;
- finanční možnosti investora.

Vhodným podkladem je provedení stavebně-technického průzkumu objektu a jeho okolí. Tento průzkum má za úkol objasnit stavební záměr objektu a jeho technické provedení. Důležitým detailem je průzkum původní izolace objektu, její funkčnost a zjištění, zda nedošlo v průběhu času k její poruše. Nejvýznamnějším faktorem, které ovlivňuje řešení, je změna podmínek působení okolí na objekt a změna jeho využívání. Sanační metody jsou dnes hodnoceny těmito kritérii:

- účinnost metody;
- požadavky na ochranu historických a technických hodnot konstrukcí;
- omezení destruktivity metody;
- minimální účinek na životní prostředí.

Žádná ze současných sanačních metod zatím nesplňuje všechny výše uvedena kritéria tak, aby byly požadavky v plné míře splněny. Jednotlivé sanační metody se liší svými možnostmi aplikace, a proto se ve většině případů používají v kombinaci s ostatními.²

3. Teoretická část

3.1. Vlhkost v konstrukcích

Určitou vlhkost obsahuje za daných atmosférických poměrů každá pevná látka. Její množství je závislé na teplotě, vlhkosti okolního vzduchu, na pórovitosti, na průměru pórů a tvaru jejich stěn, na množství hygroskopických solí v zavlhklém zdivu, způsobu pronikání vlhkosti do objektu (vzlínání, odstřík, kondenzace, tlaková voda), atd...³

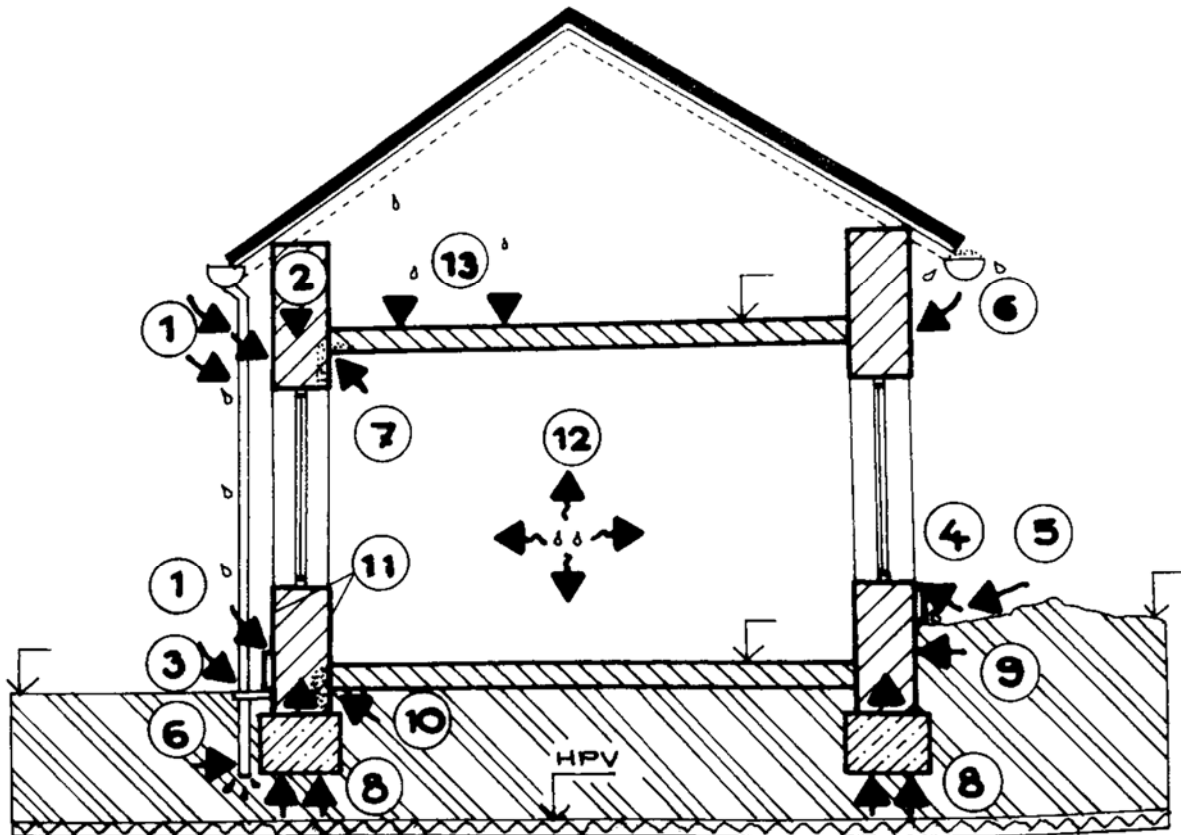
¹ BALÍK Lukáš, ING., *Využití elektroosmózy k dodatečnému vysušení zdiva*, ČVUT FSV, Praha 2004, str. 7

² BALÍK Lukáš, ING., *Využití elektroosmózy k dodatečnému vysušení zdiva*, ČVUT FSV, Praha 2004, str. 7

³ BALÍK Michael, ING. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 35

Problematická přítomnost vlhkosti se stává v případě, kdy dochází k jejímu shromažďování v určitých místech konstrukce, kde pak urychluje degrační procesy a zhoršuje tak užité podmínky v budově. Jejím zamezení pak následuje správné pochopení mechanismů vázání a šíření vlhkosti stavebními materiály a konstrukcemi.

Příčiny vlhnutí stavby:



Obr. 1 Příčiny vlhnutí zdiva

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

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

3.2. Způsoby snížení vlhkosti v konstrukci

Základní způsoby tvorby přiměřeně suchých povrchů zdiva, podlah, kleneb, stropů a následného přiměřeného stavu mikroklimatu vnitřního prostředí se dělí na:

- Odvod zavlhělého vzduchu – přestup vodní páry do atmosféry;
- vytvoření clon ve zdivu v místech pronikání vlhkosti;

Teoretická část

- shromažďování a odvedení vody v konstrukcích mimo stavbu, nebo do oblastí pro stavbu neškodných;
- povrchové úpravy zajišťující vydýchávání vlhkosti.

Celkem lze dělit sanační úpravy na metody povrchové a na ty, které vyžadují zásah do konstrukce. Vždy však odstranění vlhkosti nejde řešit 1 metodou, ale většinou kombinací 2 a více metod. V tabulce 1 je uveden předběžný přehled metod a jejich aplikace.

Tab. 1 Předběžný přehled metod sanací a jejich aplikace

metoda	Příčina a druh vlhkosti						
	Vzlínající				Atmosférická	Provozní	Kondenzační
	Nízká $w < 4$ %hm.	Zvýšená $4\% < w < 7,5$ %hm.	Vysoká $7,5\% < w < 10,5$ hm.	Velmi vysoká $w > 10,5$ %hm.			
Vkládání dodatečných hydroizolačních pásů, desek, fólií a plechů		x	i				
Aplikace zvláštních povlaků, omítek, dalších hmot, úpravy difuzní nebo utěšňovací	x	i			i	x	x
Elektroosmózy		x					
Vzduchové úpravy	x	i			i		
Horizontální a vertikální clony infuzními vrty		x					
Stavební úpravy okolí, přestavby, odvodnění, dispozice	i	i	i	x	x	i	i

(x) nejvhodnější metoda

(i) jiná možná metoda

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvlhčování staveb*, 2005

Dělení metod sanací z hlediska jejich zásahu do stavební konstrukce:

- Přímé
 - dodatečná hydroizolace zdiva a vnějších povrchů konstrukcí;
 - izolace provětrávanými vzduchovými dutinami;
 - izolace systémem větracích kanálků;
 - elektrofyzikální metody;
 - injektážní metody;
 - speciální omítky, potěry;
 - konzervační nátěry a nástřiky.
- Nepřímé
 - Odvodnění základového a podzemního zdiva drenážním systémem;
 - ochrana spodní stavby systémem odvětrávacích příkopů a kanálů;
 - úprava terénu v okolí stavby;
 - úprava hygroskopických vlastností základové půdy;
 - úprava vnitřního prostředí stavebního objektu.

3.3. Vzduchové metody

Metoda je založena na odvádění vlhkosti z konstrukce pomocí přirozeně nebo nuceně proudícího vzduchu do ovzduší. Principem je oddělení stavební konstrukce od zdroje vlhkosti větranou vzduchovou dutinou s trvalým přívodem a odvodem vzduchu. Proudění vzduchu lze zajistit tepelnými nebo výškovými rozdíly.

Vzduchové dutiny najdeme na mnohých budovách jako původní opatření. Byly často kombinované s přirozeným odvětráváním prostorů. Tato metoda je historicky nejpoužívanější, je známá již od starověku a je účinná a funkční až do dnes.

„Jedna z významných staveb v České republice, která využívá proudění vzduchu jako izolaci proti vlhkosti je Schwarzenberská hrobka v Třeboni, která byla postavena mezi lety 1847-1877. Samotná hrobka se nachází pod úrovní hladiny rybníka Svět a je kolem ní vybudován náročný odvodňovací systém a vzduchový kanál široký 60 cm a hluboký 2 m. Tento kanál zároveň odvádí vodu od stavby.“⁴

Výhody:

- ✓ Neomezená délka životnosti
- ✓ Provoz většinou nevyžaduje přísun energie
- ✓ Realizace není omezena stavebními materiály
- ✓ Lze kombinovat s dalšími metodami sanace
- ✓ Oddělení přímého styku konstrukce a zdroje vlhkosti

Nevýhody:

- ✗ Náročné na provedení
- ✗ Pomalý pokles vlhkosti od dokončení úprav
- ✗ Soustředění vody v kanálu při neodborném provedení
- ✗ U ostatních kanálkových metod dochází k znehodnocení fasády

Sanace vlhkého zdiva pomocí této metody se navrhuje při hmotnostní vlhkosti cihelného zdiva $w_m > 6\%$ kvůli jejich nízké účinnosti a obsahu solí $> 1\%$ hm. Pomocí vzduchových dutin je možné snížit hmotnostní vlhkost ve zdivu maximálně o 2 až 3 %.

Dělení vzducho-izolačních systémů:

- Vzduchové dutiny
- Ostatní vzduchové systémy

Dělení vzduchových dutin:

- A) Dle polohy:
 - Svislé
 - Vodorovné
- B) Dle umístění:
 - V exteriéru (na vnější straně obvodového zdiva)
 - V interiéru (na vnitřní straně obvodového zdiva)
- C) Dle způsobu proudění vzduchu:
 - Přirozený způsob (gravitační)
 - Nucený způsob

⁴ Kupilík, Václav, doc. Ing. CSc. ; Štefek, Zdeněk, Ing. ; Zejda, Pavel, Ing. Ph.D. *Spodní stavba historických budov*; Grada, str. 15

D) Dle způsobu odvětrání dutin:

- Odvětrávané:
 - Do exteriéru
 - Do interiéru
- Neodvětrávané

Dělení ostatních vzduchových systémů:

- Systém kanálků
 - Kanálkový způsob
 - Knapenův způsob
- Profilované fólie
- Provětrávané drenáže
- „Air management“ místnosti

3.3.1. Proudění vzduchu v dutině:

Proudění vzduchu v dutině může být přirozené (gravitační) nebo nucené.

A) Přirozené (gravitační) proudění vzduchu nastává v případě dutin:

- S nasávacími a výdechovými otvory v exteriéru – hlavní příčinou zde hraje rychlost proudění větru, vlivy rozdílů teplot vzduchu na vstupu a výstupu jsou zanedbatelné;
- s nasávacími otvory v interiéru a výdechovými otvory v exteriéru – zde hlavní příčinou hraje rozdíl teplot interiérového vzduchu na vstupu a exteriérového vzduchu na výstupu a výškový rozdíl mezi nasávacím a výdechovým otvorem.

B) Nucené proudění probíhá s pomocí ventilátoru. Tento způsob je možné použít v případě nefunkčnosti přirozeného proudění vzduchu, pokud přirozený tlakový spád v daném úseku je menší než součet tlakových ztrát třením a vřazenými odpory. To znamená že není možné:

- Zvětšit vzduchovou dutinu;
- rozdělit dlouhou dutinu na dvě kratší;
- provést jinou vhodnou úpravu ke snížení tlakových ztrát.

Pokud je v objektu instalována vzduchotechnická jednotka, je možné ji pro nucené větrání využít. Výhodou nuceného větrání je větší účinnost z důvodu rychlejšího proudění vzduchu, naopak nevýhodou je závislost na elektrickém proudu a lidském faktoru při údržbě. Zlepšení účinnosti nuceného větrání je možné docílit osazením ohřívače vzduchu. Ohřívač může buď běžet po celou dobu životnosti vzduchové izolace, nebo jen ze začátku, za účelem rychlého odvedení vlhkosti.⁵

3.3.2. Vzduchové dutiny stěnové

Vzduchové dutiny stěnové mohou být provedeny na vnější straně nebo na vnitřní straně obvodové zdi. Dutiny se provádějí v závislosti na výšce okolního terénu a skutečnosti, zda objekt je či není podsklepen.

⁵ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 107

Konstrukčně mohou být provedeny:

- Pod úrovní terénu
 - Zakryté
 - Otevřené (anglické dvorky)
- Nad úrovní terénu (provětrávané sokly)

3.3.2.1. Vzduchové dutiny pod úrovní terénu – zakryté

Zakrytí dutiny je vytvořeno např. prefabrikovanými okapovými deskami nebo železobetonovou deskou, nejlépe vyspádovanou od objektu a zabezpečenou proti stékající vodě. Stěny a podlahy dutiny je vhodné izolovat proti zemní vlhkosti či stékající vodě. Dno dutiny je třeba vyspádovat od objektu s odvodem ke sběrné jímnici, nebo ke kanalizační vpusti.

Zdivo je potřeba po provedení výkopu očistit, osekát omítku a spáry vyškrábat do hloubky min. 20 mm. Pokud soudržnost zbývající malty dovoluje ponechání proškrábaných spár, ponecháme je pro zvýšení odparné plochy. Před provedením opěrné zdi, jde vhodné nechat zdivo co nejdelší dobu proschnout. Výměna vzduchu probíhá přes přívaděcí a odváděcí otvory. Pokud objekt obsahuje nevyužité komínové průduchy, je výhodou je použít pro odvod vzduchu z dutiny.

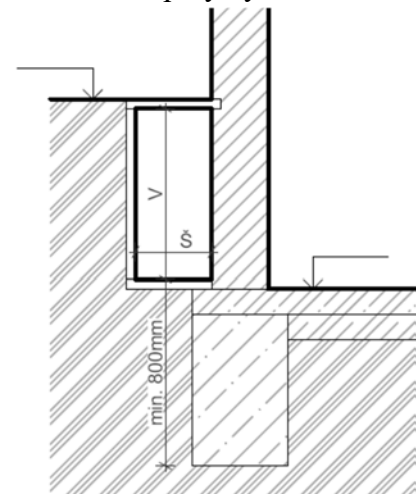
Pokud objekt má větší tloušťky zdiva, je vhodné, aby vzduchové dutiny byly provedeny po obou stranách a měly samostatný větrací systém.

Pokud není možno strop dutiny provést v úrovni terénu, provede se vše potřebné v hloubce pod terénem.

Část zdiva nad dutinou se zaizoluje, např. pomocí profilované fólie a ukončí se nad terénem zakončovací lištou.⁶

Přívod a odvod vzduchu může zde být řešen jako:

- Přívod a odvod vzduchu z a do exteriéru;
- přívod vzduchu z interiéru a odvod do exteriéru.



Obr. 2 Vzduchová dutina uzavřená

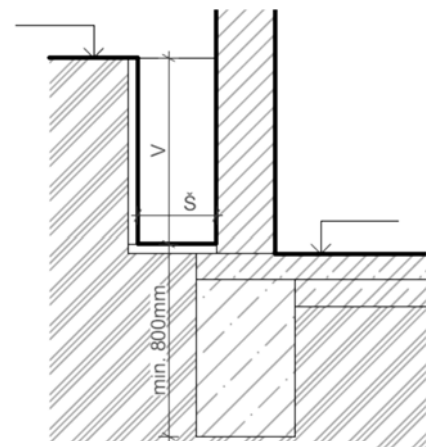
Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV,
Odvhlčování staveb, 2005

3.3.2.2. Vzduchové dutiny pod úrovní terénu – otevřené

Zakrytí dutiny se provádí pomocí roštu (plastového, kovového) popřípadě se dutina nechá otevřená se zábradlím.

System je tvořen opěrnou zdí, které je odsazená od vnější stěny objektu. Opěrná zeď může být samonosná, nebo se po určitých vzdálenostech opírat o stěnu objektu. Opěrky, které jsou v kontaktu se zdí, se od ní izolují (např. asfaltovým pásem).

Opěrná zeď může být provedena z kamene, železobetonu nebo z prostého betonu.



Obr. 3 Vzduchová dutina otevřená

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV,
Odvhlčování staveb, 2005

⁶ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str.108, 109

Její tloušťka se pohybuje v rozmezí od 150 do 300 mm, ale vždy závisí na konkrétním statickém zatížení.

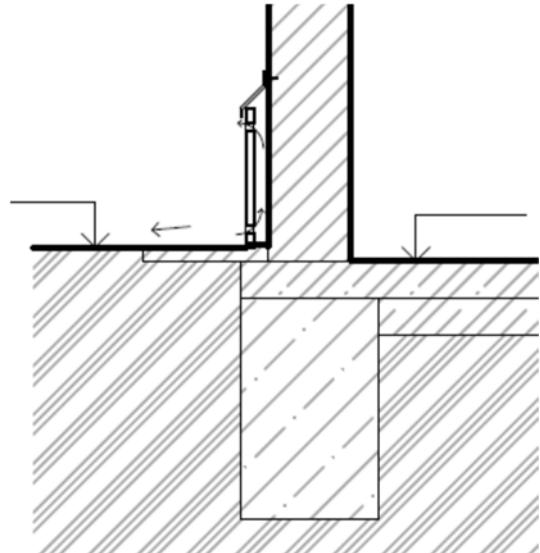
Dno dutiny je vždy vyspádováno od objektu a odvodněno pomocí trubek napojených přes opěrnou stěnu do trativodu. V případě širších dutin se odvodnění provádí pomocí dvorních vpustí zaústěných do kanalizace.⁷

3.3.3. Vzduchové dutiny nad úrovní terénu

V případě, kdy není možné zasáhnout do terénu okolo objektu, se provádějí tzv. soklové dutiny. Principem provětrávaného soklu je vytvoření vzduchové dutiny na vnější straně zdiva o minimální šířce 50 mm. V soklu se vytvoří systém nasávacích a výdechových otvorů pro přívod a odvod dostatečného množství vzduchu.

Původní sokl se odseká, zdivo se zbaví nečistot a spáry se vyškrábou do hloubky min. 20 mm. Pokud soudržnost zbývající malty dovoluje ponechání proškrábaných spár, ponecháme je pro zvýšení odparné plochy. Pak se provádí sokl dle zvolené technologie. Provětrávané sokly mohou být řešeny jako:

- Zděné
- Zavěšené
- Z profilovaných plastových fólií



Obr. 4 Princip funkce provětrávaného soklu

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV,
Odvhlčování staveb, 2005

Zděné sokly se vyzdí na nově vloženou vodorovnou povlakovou hydroizolaci. Pokud je soklová přízdívka předsazená, je potřeba její horní část upravit oplechováním, zešíkmením apod. Vždy je potřeba provést hydrofobní úpravu soklu.⁸

Zavěšené sokly se provádějí zavěšením desky tak, aby v horní i spodní části soklu (popřípadě i v místě styků) zůstala štěrbina pro umožnění proudění vzduchu v dutině. K připevnění desek se používají kotvy, příchytky, hmoždinky aj. Desky se vyrábějí z pevných a odolných materiálů (kámen, vibrolisovaný železobeton,

ocelové nebo hliníkové plechy) ale v každém případě s minimální pórovitostí, nasákavostí a maximální mrazuvzdorností.

Sokly z profilovaných plastových fólií se připevňují ke zdivu pomocí vrutů a hmoždinek. Na povrch fólie se pak provede obklad a v horní části se sokl ukončí zakončovací lištou.⁹

Vzduchové dutiny na vnější straně zdiva je možno kombinovat s jakýmkoli dalšími sanačními metodami, například:

- S podlahovými vzduchovými dutinami;
- Mechanickými metodami;
- S chemickými metodami;
- S elektrofyzikálními metodami;

⁷ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 108

⁸ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 110

⁹ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 111

- S drenážemi uloženými po obvodě budovy;
- Se sanačními omítkami;
- S profilovanými fóliemi;
- S difuzními lištami.

3.3.4. Vzduchové dutiny na vnitřní straně zdi

Varianty řešení vzduchových dutin můžou být:

- Pod úroveň podlahy (princiálně stejně jako dutiny na vnější straně zdiva)
- Nad úroveň podlahy:
 - Předsazené stěny
 - Vnitřní obklady

3.3.4.1. Předsazené stěny

Provádějí se jako tenké stěny (např. zděné) na celou výšku místnosti. Velmi vysokou roli zde hraje umístění nasávacích a výdechových otvorů z důvodu pak jimi ovlivněných klimatických poměrů v místnosti.¹⁰

3.3.4.2. Vnitřní obklady

Obkladový materiál musí být odolný vůči vlhkosti. Provádějí se z plastických hmot, sádkokartonu, dřeva apod. Kotvení obkladu se většinou provádí kotevními lištami vertikálně a tímto se vzduchová dutina rozděluje. Je však potřeba uspořádat lišty tak aby umožňovaly proudění vzduchu.¹¹

Odvětrání dutiny může být provedeno jako:

- Neodvětrávané
- Odvětrávané:
 - S přívodem a odvodem vzduchu do interiéru
 - S přívodem vzduchu z interiéru a odvodem do exteriéru
 - S přívodem a odvodem vzduchu do exteriéru

Neodvětrávané vzduchové dutiny jsou zcela nevhodné pro sanaci vlhkosti. V dutině může docházet k akumulaci vody, která pak proniká do zdiva a do předsazené stěny.¹²

Vzduchové dutiny odvětrávané přívodem a odvodem vzduchu do interiéru jsou částečně nevhodné z důvodu přivádění vlhkého vzduchu zpět do místnosti. Proto je potřeba posoudit vnitřní mikroklima místnosti z hlediska jejího využívání.¹³

Dalším problémem je malý tlakový spád, který je dán pouze rozdílem teplot mezi nasávacími (dolními) a výdechovými (horními) otvory, jenž je v interiéru většinou malý. Rychlost proudění vzduchu je tím pádem také malá.¹⁴

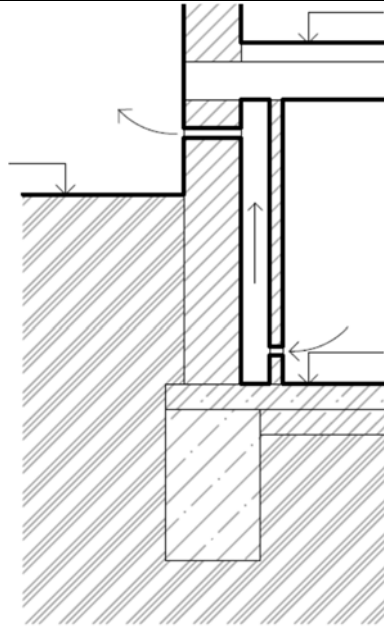
¹⁰ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 111

¹¹ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 111

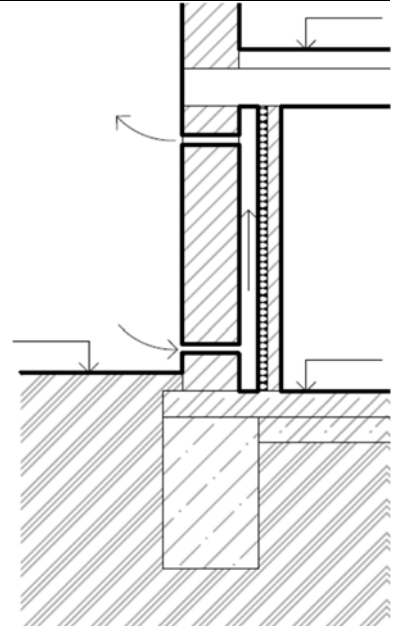
¹² BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 113

¹³ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 114

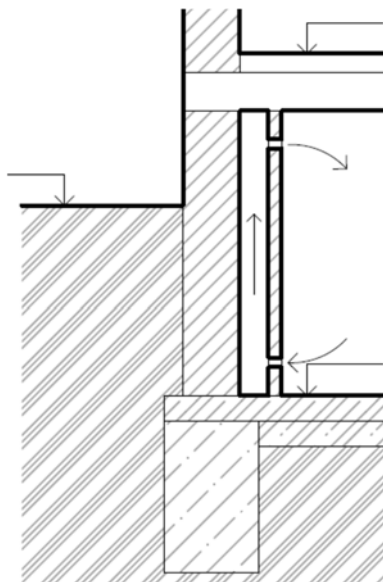
¹⁴ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 115



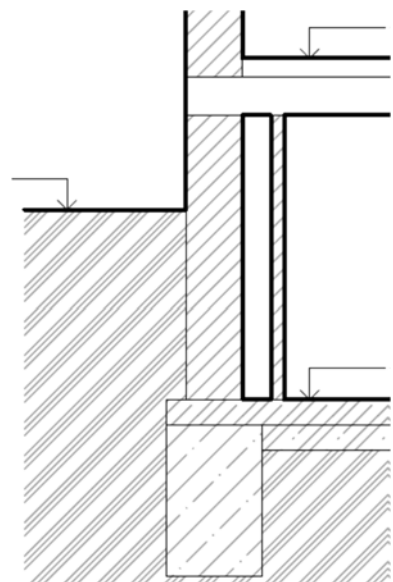
Obr. 6 Předsazená stěna vnitřní, odvětrávaná do interiéru



Obr. 5 Předsazená stěna vnitřní, neodvětrávaná



Obr. 7 Předsazená stěna vnitřní, přívod vzduchu z interiéru, odvod do exteriéru



Obr. 8 Předsazená stěna vnitřní, přívod vzduchu z exteriéru, odvod do exteriéru

Obr. 5, 6, 7, 8 Zdroj: MICHAEL BALÍK, ING., *Odvlhčování staveb*, 2005

Vzduchové dutiny odvětrávané přívodem vzduchu z interiéru a odvodem do exteriéru jsou vhodné ke snížení obsahu vlhkosti v interiéru. Nevýhodou je, že v zimním období dochází ke zvýšeným tepelným ztrátám. Proto je potřeba vybavit nasávací otvory uzavíracími klapkami, aby bylo možno tepelné ztráty aspoň částečně omezit. Dalším opatřením je tepelná izolace ze strany interiéru. Tímto se také zmenší tepelné ztráty. Klapky se nesmí nechat delší dobu uzavřené z důvodu následného narušení systému. Další nevýhodou je, že v letních měsících, pokud je teplota vzduchu v exteriéru vyšší než v interiéru, dochází k opačnému proudění vzduchu, a to z exteriéru do interiéru.¹⁵

¹⁵ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 115

Teoretická část

Vzduchové dutiny odvětrávané s přívodem a odvodem vzduchu do exteriéru musí být izolovány se strany interiéru z důvodu tepelných ztrát proudícím venkovním vzduchem v dutině. Výhodou je zde neovlivnění vnitřního mikroklimatu interiéru.¹⁶

Návrh stěnové dutiny

Návrh rozměrů dutiny se v první řadě odvíjí dle tloušťky vlhkého zdiva. V druhé řadě jsou důležité dispoziční a konstrukční možnosti na vnitřní či vnější straně zdiva.

Pro správnou funkci vzduchové dutiny je důležitá výška dutiny z důvodu nejvyšší možné odpařovací plochy vlhkého zdiva.¹⁷ Dále je nutné, aby výška dutiny byla větší než šířka sanovaného zdiva, tedy aby byla splněna podmínka:

$$Výška (V) > šířka (D) [m]$$

V lepším případě:

$$V = (1,2/2,0) * D [m]$$

Není vhodné, aby byla výška dutiny menší než šířka zdiva. V případě, kdy toho nelze docílit, je nutné realizovat dutinu z obou stran zdi tak aby byla splněna podmínka:

$$V1 + V2 > = D [m]$$

V lepším případě:

$$V1 + V2 = (1,2/2,0) * D [m]$$

V případě, kdy není možné realizovat dutiny z obou stran, je možné provést navíc provětrávaný sokl, obklad kamennými deskami nebo sanační omítku. V dalším případě zvážit jiné sanační metody.¹⁸

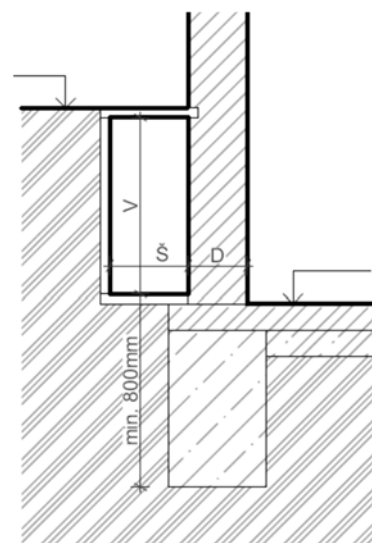
Tab. 2 Požadovaná výška vzduchové dutiny

Tloušťka zdiva D [mm]	300	450	600	900	1200	1500
Minimální výška vzduchové dutiny V [mm]	450-600	675-900	900-1200	1350-1800	1800-2400	2250-3000

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

Úpravy části zdi nad terénem nebo nad podlahou v interiéru je možno různými způsoby kombinovat, například:

- Větráný sokl na vnější straně, sanační omítky na vnitřní straně;
- Větráný sokl na vnější straně, větráný obklad na vnitřní straně;
- Sanační omítky na vnější straně, větráný obklad na vnitřní straně;
- Sanační omítky na vnější straně, sanační obkladové desky na vnitřní straně.



Obr. 9 Rozměry vzduchové dutiny

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

¹⁶ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 116

¹⁷ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 116

¹⁸ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 118

3.3.5. Vzduchové dutiny podlahové

Jsou to běžně používané metody používané v souvislosti se sanací vlhkého zdiva, ochranou proti radonu z podloží a u objektů zasažených povodňovou vlnou.¹⁹

Dělení podlahových dutin:

- Vzduchová mezera vytvořená zastropením
- Vzduchová mezera vytvořená tvarovkami

3.3.5.1. Vzduchová mezera vytvořená zastropením

Zastropení dutiny se provede pomocí vodorovné konstrukce, tvořené například z železobetonových stropních desek, ocelovými profilovanými prvky, dřevěnými rámy a prkny chráněné proti biologickým škůdcům. Druh zastropení je limitován svými možnostmi rozponu. Tento způsob zastropení je vhodný pro historických objektů.²⁰

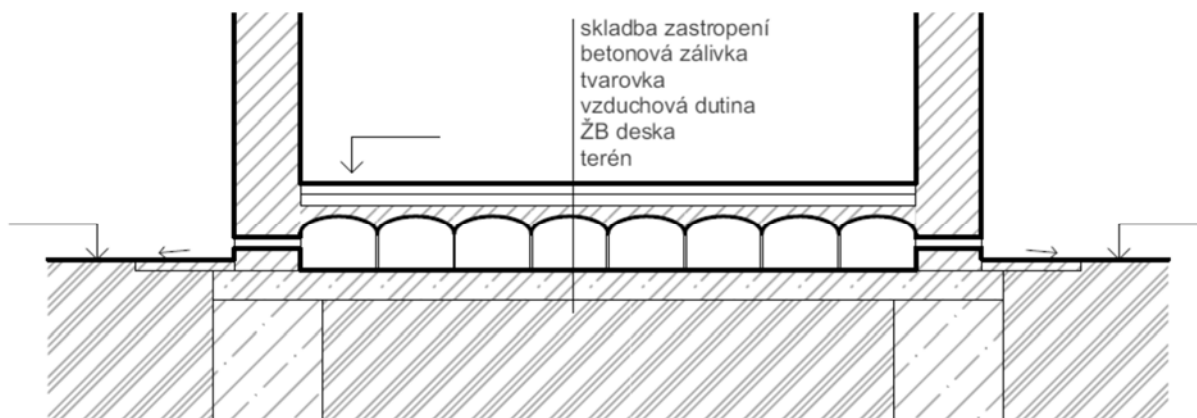


Obr. 10 Vzduchová dutina vytvořená zastropením (kombinace se soklovou dutinou)

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV,
Odvlhčování staveb, 2005

3.3.5.2. Vzduchová mezera vytvořená tvarovkami

Zastropení dutiny se provede pomocí speciálních tvarovek, seskládaných jedna vedle druhé. Materiál tvarovek je ve velké většině z plastů. Způsob provedení podlahové dutiny spočívá v provedení podkladní betonové vrstvy, případně zhutněného štěrkopísku. Na tuto vrstvu se vyskládají tvarovky, napojí je na systém nasávacích a výdechových otvorů a povrch tvarovek se zalije betonovou zálivkou. Další souvrství se odvíjí dle druhu podlahy.²¹



Obr. 11 Vzduchová dutina vytvořená tvarovkami

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV,
Odvlhčování staveb, 2005

¹⁹ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 130

²⁰ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 130

²¹ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 130

Výška vzduchové mezery závisí na vzdálenosti nasávacích a výdechových otvorů, osové vzdálenosti a celkové ploše nasávacích a výdechových otvorů. Důležitou podmínkou je zajištění proudění vzduchu tak, aby nedocházelo ke kondenzaci vodní páry ve vzduchové mezeře. Podkladem pro návrh výšky vzduchové mezery a polohy nasávacích a výdechových otvorů je tepelně technický výpočet.

V každém případě dojde ke snížení světlé výšky místnosti. Pokud je toto na závadu, je potřeba odstranit podlahu v dané místnosti (objektu) v celé její tloušťce s jejími podkladními vrstvami a prohloubit na dostatečnou úroveň, aby byla zajištěná požadovaná světlá výška místnosti. Zde však hraje roli hloubka základové spáry objektu, která musí být mezi dolním povrchem provětrávané mezery a základovou spárou v minimální výšce 800 mm (dle klimatických podmínek v ČR).²²

3.3.6. Ostatní vzduchové systémy

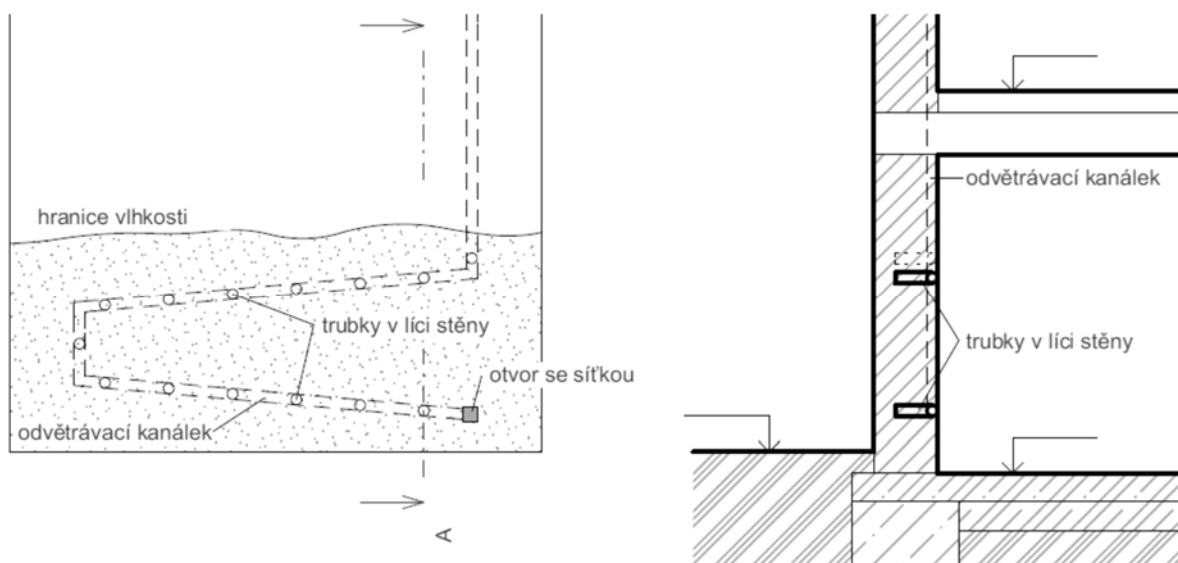
Praxe prokázala, že následující metody (kanálkový a Knapenův způsob) kvůli klimatickým podmínkám v ČR jsou velmi neúčinné a v současné době se téměř nenavrhují. Dalším problémem je zvýšení prostupu tepla U. V důsledku toho může docházet k výskytu nízkých teplot na povrchu zdiva v interiéru v místech kanálek a následné kondenzaci vodní páry.

3.3.6.1. Kanálkový způsob

Vysušování zdiva zde probíhá pomocí řad děr, zaústěných do kanálku v líci zdi. Vzduch proudící kanálkem odvádí vlhkost ze zdiva, která se do něj odpařuje.

Kanálek začíná ve spodní části zdi, přibližně 200 mm nad podlahou, pak mírně stoupá k druhému okraji zdi. Zde se zalomí svisle a pokračuje ve vzdálenosti 300 až 600 mm (dle výšky vystoupaní vlhkosti zdiva). Zde se opět zalomí a pokračuje v mírném stoupání k prvnímu okraji zdi.

Po provedení 2-3 řad děr, bývá kanálek zalomen směrem vzhůru a odveden (vyústěn) ven. Kanálky ve zdivu bývají provedeny zpravidla z drenážní trubky.²³



Obr. 12 Kanálkový způsob-pohled na zeď a řez

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

²² BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 131

²³ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 138

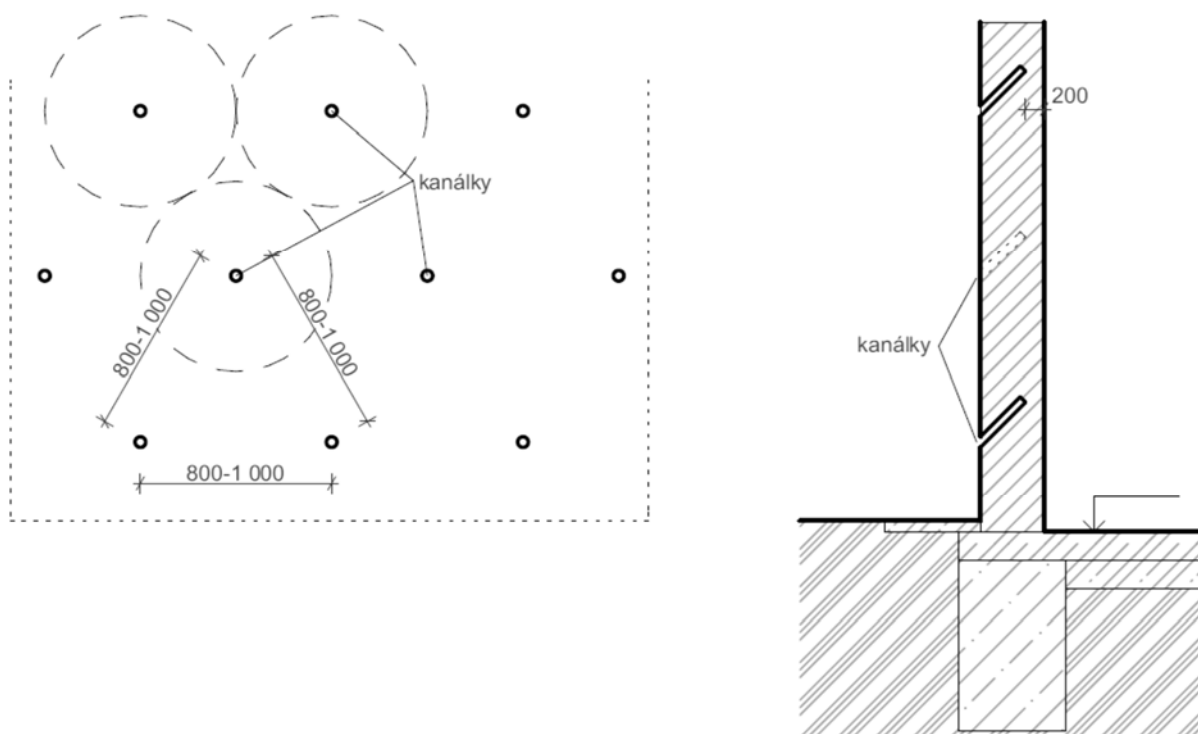
3.3.6.2. Knapenův způsob

Zde vysušování probíhá pomocí šikmých kanálků na vnější straně zdi, v osových vzdálenostech 800–1000 mm v hloubce zhruba 2/3 tloušťky zdi. Sklon kanálků bývá v rozmezí 10–15°. Do vysekaného otvoru se vsazují drenážní trubky (nebo trubky jiného porézního charakteru) o průměru 50–65 mm. Zvenku jsou opatřeny sítíkou zpravidla z pozinkovaného drátu. Kanálky jsou v řadách mezi sebou prostrídány, aby jejich akční okruhy se překrývaly a zaplnily tak odpařovací plochu zdi.

Vysušování zde probíhá pomocí odpařování vlhkosti do kanálků a pak z nich do atmosféry. Do kanálků vstupuje vnější vzduch, kde se nasatí vlhkostí. Tím se snižuje jeho teplota a zvyšuje hmotnost. Nasycený vzduch pak klesá směrem dolů k otvoru kanálku a „vytéká“ ven do atmosféry. Tento vzduch je nahrazován teplejším vzduchem s menším obsahem vlhkosti a cyklus se opakuje dokola. Takto by mělo docházet k vysušování zdiva. Rychlost cirkulace závisí na teplotě a vlhkosti venkovního vzduchu a na vlhkosti zdiva.

Knapenovy kanálky byly v Německu vylepšeny tak, že se ve zdi provedly kanálky ve tvaru ležatého písmene V. Tím se kanálky spojily a tím se umožnila cirkulace vzduchu, která v závislosti na teplotě. Vzduch pak proudí zdola nahoru, nebo opačně.²⁴

Často však dochází k opačnému účinku, kdy na chladném povrchu kanálku kondenzuje voda z teplého vzduchu a tím se přidává další vlhkosti do zdiva. K tomuto procesu dochází spíše v letních měsících, kdy je teplota venkovního vzduchu vyšší než teplota zdiva a vzduch má vysokou měrnou vlhkost. Naopak v zimním období má venkovní vzduch nižší teplotu a menší měrnou vlhkost, tehdy by měla tato metoda fungovat dobře.²⁵



Obr. 13 Knapenovy kanálky-pohled na zed' a řez

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

²⁴ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 136

²⁵ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 138

3.3.6.3. Profilované fólie

Profilované fólie je možné použít jak v exteriéru, tak v interiéru. Při použití v exteriéru se fólie pro zamezení vlhkosti kombinují s některou z mechanických nebo chemických metod. Při použití v interiéru, nabízí tato metoda rychlé řešení pro užívání zavlhklých prostor. Pokud od výrobce má fólie nosnou mřížku, lze na ni aplikovat všechny druhy omítek. Případně lze na ni provést obklad sádkokartonem, dřevem nebo jiným obkladem. U podlahy a stropu musí však zůstat vždy mezera umožňující provětrávání vzduchové dutiny. Nevýhodou je, že v případě nedostatečného provětrávání může docházet v dutině ke tvorbě plísní a následnému roznášení jejich spor do interiéru.

Podmínkou pro zajištění proudění vzduchu je existence nasávacích a výdechových otvorů. Přesný výpočet proudění vzduchu však ještě neexistuje. Kupříkladu k zajištění proudění vzduchu velkou délkou fólie a malými nopy spíše nebude k proudění docházet. V případě umístění profilované fólie v exteriéru pod úroveň terénu nebude k proudění vzduchu vůbec docházet.²⁶



Obr. 14 Příklad nopové fólie Zdroj: www.Levnestavebniny.cz

3.3.6.4. Provětrávané drenáže:

Provětrávaný drenážní systém může být umístěn:

- Na vnější a vnitřní straně obvodových zdí;
- V podloží pod budovou.

Provětrávaný drenážní systém, umístěný na vnější nebo vnitřní straně obv. zdí

Principem systému jsou drenážní hadice, umístěné na vnější nebo vnitřní stranu obvodových zdí, napojené na nasávací a výdechové otvory. Přes hadice proudí vzduch z vnějšího prostředí, zpravidla přirozeným způsobem.²⁷

Nevýhodou může být promrzání základové půdy. Z tohoto důvodu musí být drenážní trubka od stěny dostatečně vzdálená, případně tepelně izolována (prostor mezi trubkou a stěnou). Mohou také vzniknout další negativní jevy, jako například:

- Při chybném návrhu drenážního systému může být voda ke konstrukci přiváděna;
- Na podložích, která jsou tvořena soudržnými zeminami (zejména jílovitými), může dojít v důsledku vysychání zeminy k objemovým změnám, které mohou mít za následek vznik statických poruch (trhlin) v odvlhčovaných stěnách;
- Na územích s nekontrolovatelným výstupem důlního plynu, který obsahuje metan, může dojít k výbuchu
- A jiné...

²⁶ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 138, 139

²⁷ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 140

Provětrávaný drenážní systém, umístěný v podloží pod objektem

Větrací systémy v podloží objektu jsou jedním z neúčinnějších opatření pro snížení koncentrace radonu. Jsou také schopny výrazně snížit vlhkost stěn, to ale naplatí u každého objektu, a to dokonce s nuceným prouděním vzduchu.²⁸

Největší vliv na snížení vlhkosti ve stěnách má dobře větraná (podtlakově, pomocí ventilátorů) drenážní vrstva (např. z hrubého šterku frakce 16/32) s vloženými děrovanými drenážními hadicemi. Je však zde nevýhoda v závislosti na dodávce elektrické energii a na lidském faktoru. Mohou také vzniknout další negativní jevy, jako například:

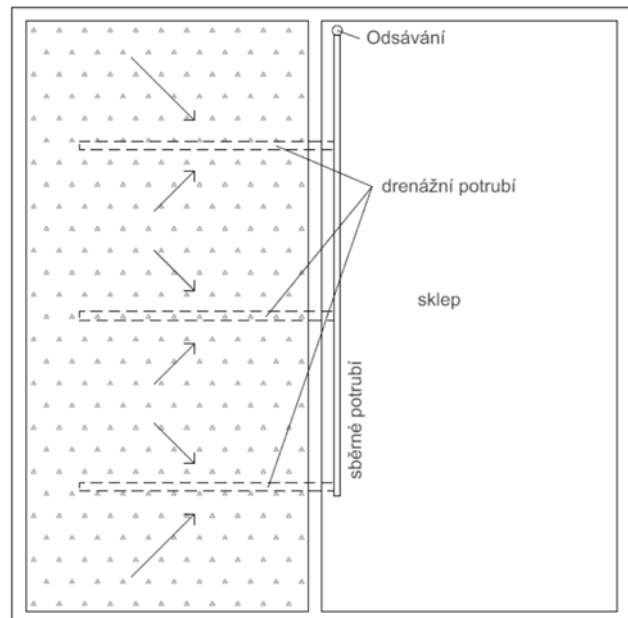
- Ochlazování podlah a zvýšení tepelných ztrát v zimním období;
- Nebezpečí promrzání základové půdy;
- Na podložích, která jsou tvořena soudržnými zeminami (zejména jílovitými), může dojít v důsledku vysychání zeminy k objemovým změnám, které mohou mít za následek vznik statických poruch (trhlin) v odvlhčovaných stěnách;
- Na územích s nekontrolovatelným výstupem důlního plynu, který obsahuje metan, může dojít k výbuchu
- A jiné...

Ochlazování podlah a zvýšení tepelných ztrát lze omezit cyklickým provozem ventilátoru, kdy se provoz ventilátoru nastaví v závislosti na venkovní teplotě.²⁹

Systém provětrávání v podloží objektu lze řešit dvojím způsobem, a to:

- Pomocí drenážních trubek zavrtných ze suterénu nebo z exteriéru
Tento způsob zle použít, pokud nelze zasahovat do podlahy. S ohledem na větší vzdálenost potrubí od stěn a na skutečnost, že potrubí vedou do původní zeminy bude jeho účinnost menší. Pokud zde není plynopropustné šterkové lože
- Pomocí drenážních hadic uložených v podlaze podél stěn

Tento způsob lze využít, kdy je možno provést částečné vybourání podlahy. Trubky se pak pokládají podél stěn do šterkového lože, překrytého geotextilií

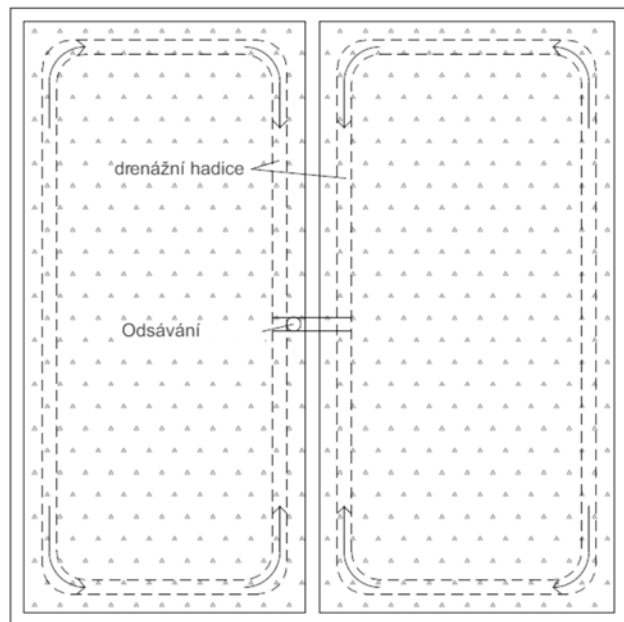


Obr. 15 Příklad odvětrání pomocí drenážních trubek navrtaných ze sklepu

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

²⁸ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 141

²⁹ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 141



Obr. 16 Příklad odvětrání pomocí hadic uložených podél stěn

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

3.3.6.5. „Air management“ místnosti

V každé místnosti vzniká určité proudění vzduchu. Uspořádání tohoto proudění se nazývá obraz proudění vzduchu v místnosti („Air management“). Tento obraz je důležitý pro odvod škodlivin vznikajících v prostoru a pro zajištění pohody prostředí.³⁰ Vhodnou úpravou proudění vzduchu v místnosti lze využít pro:

- Odvedení části vzlínající vlhkosti ze zdiva (jako doplnění některé sanační metody);
- Zamezení vzniku kondenzované vlhkosti z vnitřní strany odvedením nadměrné vlhkosti, vznikající v důsledku pobytu lidí nebo technologie.

Na základě představy o vhodném obraze proudění vzduchu v místnosti se zvolí vhodný typ a umístění přiváděcích a odváděcích otvorů, jež mají výrazný vliv na obraz proudění vzduchu (včetně zdrojů tepla). Pro zajištění pohody prostředí, je třeba zajistit podmínku, aby po dobu pobytu lidí v prostoru nebyla do úrovně 1,8 – 2 m nad podlahou překročena rychlost proudění vzduchu 0,25m/s.³¹

³⁰ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 142

³¹ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 143

3.4. Infuzní clony

Metoda je založena na principu vytvoření clony (bariéry) ve zdivu a zabránění postupu vlhkosti. Clona se vytvoří vpravením takového prostředku do zdiva, který vyplní póry materiálu případně jej hydrofobně upraví. Tato metoda je určena pro všechny druhy zdiva (cihelno, kamenné, smíšené). Především tam, kde existují dostatečné velké póry umožňující průchod pro vztlínající vlhkost. Tento způsob vytvoření dodatečné izolace je oproti ostatním metodám (podřezávání, zarážení plechů, vybourávání zdiva) podstatně nejšetrnějším zásahem do zdiva.

Druh použité technologie závisí na výsledcích průzkumu složení a vlhkosti konstrukcí, je obvykle určen projektem rekonstrukce objektu.

Výhody:

- ✓ Vrtý ve zdivu lze provádět zcela svisle až vodorovně;
- ✓ Injektážní směsi lze upravit dle druhu zdiva;
- ✓ Chemické složení směsi může být zcela vodoodpudivé nebo s vodou mísitelné.
- ✓ Provedení infuzí není finančně náročné.

Nevýhody:

- ✗ Potřeba navrtání zdi;
- ✗ Každá technologie vyžaduje svůj speciální postup;
- ✗ Infuze nelze použít proti tlakové vodě;
- ✗ Omezení technologie dle velikosti pórů, pronikavosti prostředku a vnější teploty atmosféry při provádění injektáže;
- ✗ Nelze prověřit funkčnost ihned po provedení;
- ✗ Nutné zkušenosti, teoretické a praktické znalosti pracovníků.

Podmínky použití injektážních metod:

- Vlhkost se pohybuje v rozmezí od 4 % do 7,5 % hm. (vlhkost zvýšená);
- pH je větší než 8;
- obsah solí je menší než 1 % hm.;
- Pórovitost se pohybuje v rozmezí 10^{-7} až 10^{-4} m;

Technologický postup provedení injektáže spočívá ve vytvoření soustavy vrtů v rovině nebo v ploše, které slouží k zavedení účinné látky do zdiva a jeho nasycení injektážním roztokem. Vzdálenost vrtů, sklon a poloměr závisí na daném druhu injektážního prostředku a zvolené metody zavádění prostředku do konstrukcí. Vrtý je možné provést v obvodových stěnách z exteriéru i z interiéru, v úrovni povrchu terénu, nad ním i pod ním. Vždy je třeba mít na zřeteli spolupůsobení s ostatními izolačními a sanačními metodami.³²

Vrtý je možné provést v obvodových i vnitřních stěnách a to:

- Jednostranně nebo oboustranně;
- V jedné i více řadách nad sebou či vedle sebe.

Čím menší je osová vzdálenost vrtů, tím je větší jistota účinnosti injektáže. Navrtáním lze injektovat zdivo až do celkové tloušťky 3 000 mm. Průměry vrtů bývají voleny v rozmezí 10–40 mm, odklon od vodorovné roviny 15–45°.³³

³² BALÍK Michael, Ing., *Vysušování zdiva II*, Grada 2000, str. 70,71

³³ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 150

Konstrukci zdiva lze napouštět jedním druhem roztoku, nebo dvěma druhy dle jejich vlastností a použití. Napouštění vrtů se provádí ručně, přečerpáváním nebo tlakově. Způsob napouštění závisí od použitého druhu injektážního prostředku, podmínkách v objektu, použité technologii a rozsahu provedení. Je výhodné plnit najednou co největší počet vrtů z důvodu kontroly spotřeby injektážního prostředku. Po určité době od vsáknutí prostředku do zdiva se vrty vyplní vápenocementovou maltou, nejlépe s hydrofobizačními vlastnostmi, případně jinými (např. utěšujícími).³⁴

V případě injektáže velmi vlhkých konstrukcí je injektážní prostředek omezen počtem pórů, které jsou z velké části zaplněny vodou. V takovém případě je potřeba aplikovat injektážní prostředek pod tlakem, nebo použít takové látky, které reagují s vodou. V této souvislosti se u takových konstrukcí používá „stupeň provlhnutí“, který udává hodnocení obsahu vlhkosti zdiva ve vztahu k jeho pórovitosti. Tento údaj ukazuje skutečný obraz o možné injektovatelnosti zdiva. Jako velmi účinná metoda se doporučuje předsušení zdiva před injektáží, kdy se ohřátím zdiva docílí vysušení jeho struktur a tím dojde k uvolnění kapilár pro bezproblémové přijetí injektážního prostředku. Velmi progresivní a účinná metoda jsou například termicky aktivované injektáže s použitím rozehřátých parafínů.³⁵

3.4.1. Injektážní prostředky

Vlastnosti injektážních prostředků musí být takové, aby z hlediska schopnosti pronikání a viskozity zaručovaly rovnoměrné napouštění materiálu. V tabulce 3 jsou uvedeny komponenty injektážních prostředků, princip jejich účinnosti a metoda jejich aplikace.³⁶



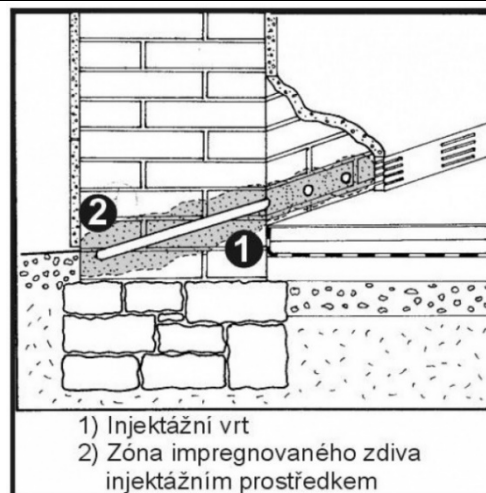
Obr. 17 Příklad provedení injektáže objektu

Zdroj: www.hydroizolace-zdiva.cz

³⁴ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 149

³⁵ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 150

³⁶ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 151



Obr. 18 Schéma provedení injektáže

Zdroj: www.drops.octoplus.cz

Tab. 3 Komponenty, princip účinnosti a metoda aplikace použitých injektážních prostředků

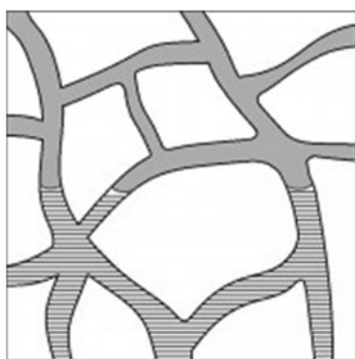
Komponenty	Princip účinku	Aplikační metoda
Bitumenový roztok	Zúžení pórů	Tlaková injektáž
Kombinace alkalisilikát/silikonát	Zúžení pórů, hydrofobizace	Beztlakové plnění
Kaliumsilikát/kaliummety 1 silikonát	Zúžení pórů, hydrofobizace	Beztlakové plnění
Silikonátový roztok	Hydrofobizace	Beztlakové plnění
Jemná minerální malta/silikonátový roztok	Ucpání pórů, hydrofobizace	Kombinovaná tlaková injektáž
Jemná minerální malta/kombinace alkalisilikát/silikonát	Ucpání pórů, zúžení pórů, hydrofobizace	Kombinovaná tlaková injektáž
Jemná minerální malta/alkalisilikát/alkalimety 1 silikonát	Ucpání pórů, zúžení pórů, hydrofobizace	Kombinovaná tlaková injektáž
Jemná minerální malta/silikonová mikroemulze	Ucpání pórů, hydrofobizace	Kombinovaná tlaková injektáž
Alkalisilikát/alkalimety 1 silikonát	Ucpání pórů, hydrofobizace	Impulzní stříkání
Silikonová mikroemulze/vápenné mléko	Hydrofobizace	Impulzní stříkání
Alkalisilikát/ alkalimety 1 silikonát	Zúžení pórů, hydrofobizace	Beztlakové plnění
Silikonová mikroemulze	Hydrofobizace	Beztlakové plnění
Alkalisilikát/alkalimety 1 silikonát s vytvrzujícími komponenty	Zúžení pórů, hydrofobizace	Beztlakové plnění
Polymerový roztok	Hydrofobizace	Beztlakové plnění
Roztavený parafín	Ucpání pórů	Beztlakové plnění
Silikonová mikroemulze	Hydrofobizace	Beztlakové plnění
Deriváty kyseliny křemičité s hydrofobizujícími přísadami	Zúžení pórů, hydrofobizace	Beztlakové plnění

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvlhčování staveb*, 2005

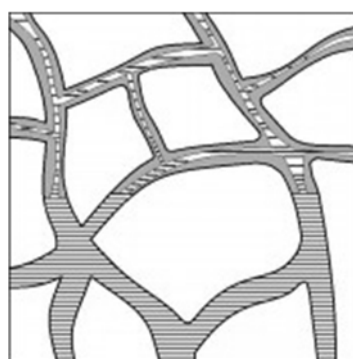
3.4.2. Principy působení chemických clon ve zdivu

Principy mechanismů bránění vztlínání vlhkosti lze rozdělit do skupin dle hlavních principů působení:

- **Utěšňující kapiláry:**
u těsnících injektáží má aplikovaná látka za úkol vnikat do pórů zdiva, ucpat je a chemickou reakcí ztuhnout do nepropustné formy. Do této skupiny lze zahrnout i krystalizační metody, které využívají mechanismu zarůstání pórů krystaly CSH;³⁷
- **Zužující kapiláry:**
injektažní látka zde zužuje průřez pór, tím se snižuje kapilární nasákavost. Vysoušecího účinku je dosaženo tím, že odpaření vlhkosti na povrchu materiálu je větší než její přísun;³⁸
- **Odpuzující vodu (hydrofobizační):**
mechanismus metody hydrofobizace stěn pórů spočívá v hydrofobní úpravě stěn pórů, což potom způsobí kapilární vztlínivosti. Struktura i průřez upravených pórů zůstávají prakticky nezměněny. Výhodou je, že po uplynutí životnosti se dá opakovaně aplikovat stejný prostředek. Jedná se o pravý roztok nebo mikroemulzi, tím pádem se prostředek dostane do podstatně menších kapilár, než v případě těsnících (ty mají větší viskozitu);³⁹
- **Kombinující jednotlivé principy:**
Velké množství přípravků je koncipována jako směsný infuzní materiál, kdy je používáno kombinace vlastností těsnících i hydrofobizačních. Další, méně používané metody kombinují vlastnosti chemické a fyzikální principy působení jsou:
 - Chemické injektáže s použitím elektrického pole, jehož působení urychluje pronikání injektažního prostředku;
 - Chemické utěšňovací injektáže s trvale působící elektroosmotickou instalací, která potlačuje vztlínání v neošetřených mikropórech.⁴⁰



Obr. 19 Utěsněné kapiláry



Obr. 20 Zúžené kapiláry

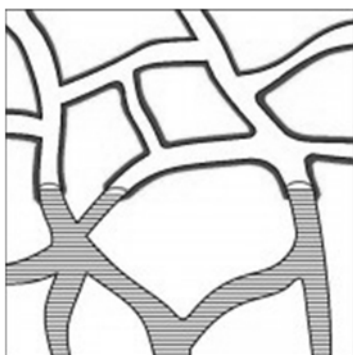
Obr. 18, 19 Zdroj: www.rssg.cz

³⁷ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 152

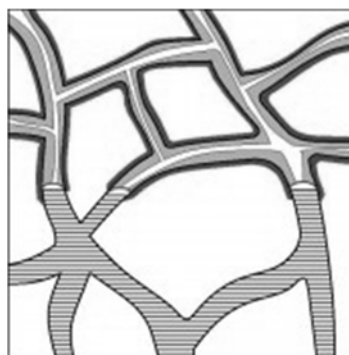
³⁸ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 153

³⁹ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 154

⁴⁰ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 154



Obr. 22 Hydrofobizované kapiláry



Obr. 21 Zúžené a hydrofobizované kapiláry

Obr. 20, 21 Zdroj: www.rssg.cz

3.4.3. Způsoby aplikace injektážních prostředků

Dle způsobu vpravování injektážních prostředků do struktur zdiva, je možné injektážní metody rozdělit na 2 základní způsoby:

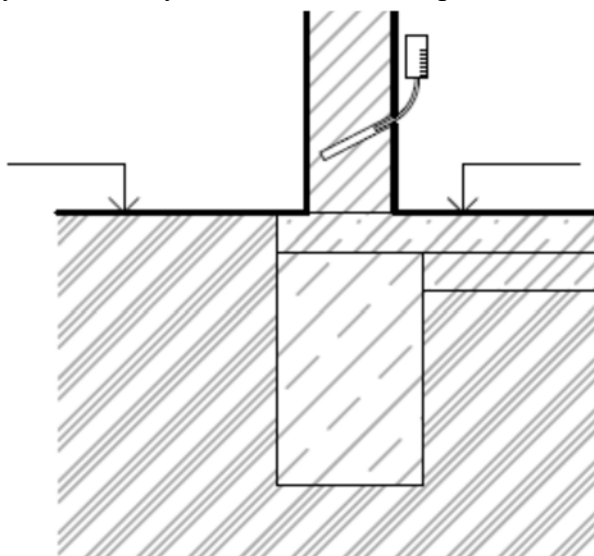
- Beztlaková injektáž (případně s nízkým hydrostatickým přetlakem);
- Tlaková injektáž.

3.4.3.1. Beztlaková injektáž

Je to nejběžnější a nejvyužívanější způsob aplikace injektážního prostředku do struktury zdiva. Prostředky se vpravují do vrtů beztlakově, pouze kapilární nasákavostí, případně s použitím mírného hydrostatického přetlaku sloupce kapaliny ze zásobníku nebo vstřikováním. Speciálním způsobem je vpravování předehrátého parafínu.

Rozteč vrtů je závislá na druhu zdiva a na jeho nasákavosti. Obvyklé vzdálenosti jsou 100 až 125 mm. Průměry vrtů jsou dle použité technologie a injektážního prostředku, převážně 20 až 38 mm. Sklon vrtů závisí zejména na skladbě a tloušťce zdiva, dále na použité technologii. Většinou jsou sklony vrtů voleny od 15° do 45°. Je potřeba však dodržet zásadu, že u stěn s menší tloušťkou musí vrty procházet aspoň 1 ložnou spárou, u stěn silnějších nejméně dvěma spárami. Hloubka vrtů závisí na tloušťce stěny. Při jednostranné navrtávce (zdi o tl. 800 až 900 mm) prochází vrt přes celou její tloušťku do vzdálenosti cca 50 až 100 mm od protějšího líce zdiva. Při větších tloušťkách zdiva je vhodné provádět oboustrannou navrtávku tak, aby vrty procházely min. od 1/2 do nejlépe 2/3 tloušťky zdiva.⁴¹

Velmi důležité je před injektáží odstranit z vrtů veškerý prach a nečistoty, aby nebylo bráněno působení



Obr. 23 Schéma provádění beztlakové injektáže

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

⁴¹ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 154

kapilární nasákavosti zdiva. To se provede vyfoukáním nebo odsátím pomocí vzduchových kompresorů.⁴²

Roztoky se nalévají do šikmých vrtů pomocí speciálních nádobek a zařízení, přepravních čerpadel apod. Při beztlakové injektáži se snadno zjistí přítomnost dutin ve zdivu, protože pak dochází k zjevným ztrátám roztoku. Stěny, ve kterých se vyskytnou větší dutiny vyžadují před prováděním injektáže speciální opatření. Nejprve se dutiny musí vyplnit tekutým, nesmršlivým a se zdivem kompatibilním materiálem s obsahem pojiva. Toto vyplnění je nutné tehdy, pokud nejde provést žádné jiné vyhovující opatření pro zabránění úniku injektážního prostředku ze zdiva. Spotřeba injektážního prostředku je určena porézností zdiva a je orientačně uváděna výrobcem injektážního prostředku. Injektáž se provádí tak dlouho, než se vytvoří účinná rovnoměrná vodorovná clona.

Při pochybnostech o účinnosti zvolené injektážní metody je velmi výhodné provést zkušební injektáž, zejména u zdiva nasákavého z porézního kamene či z hutného lomového kamene. Beztlakovou injektáží se dosahuje vyššího stupně naplněnosti kapilár a rozdělení injektážního prostředku.⁴³

3.4.3.2. Tlaková injektáž

Tento způsob aplikace injektážního prostředku do struktury zdiva je vhodný zejména u silně zavlhklých konstrukcí a materiálů.

Uspořádání vrtů může být v 1 nebo více řadách. Osová rozteč se stanoví na základě předpokládaných minimálních hloubek pronikání injektážního prostředku do zdiva. Většinou jsou vzdálenosti voleny okolo 100 až 300 mm o průměru vrtů 10–12 mm. Při provedení ve dvou řadách by neměla být svislá vzdálenost mezi oběma řadami vrtů větší než 80 mm.⁴⁴

Vrty se provádí dle technologického předpisu výrobce, případně dle odpovídajících podmínek s vhodným sklonem. Do vrtů se osadí injektážní ventily pro zajištění těsného uzavření vrtů a přes tlakovou hadici se plní vysokotlakou pumpou. Injektáž se provádí za nepřetržitého tlaku méně než 1000 kPa nízkotlakou metodou.

Při tlakové injektáži se musí plnit vždy několik vrtů současně. Každé jednotlivé tlakové vedení je vybaveno manometrem. Při nedosažení požadovaného tlaku, je třeba provést kontrolu, zda nedochází ke ztrátám prostředku do dutin, trhlinami, uvolněnými spárami nebo vadnými místy. V těchto případech se musí provést potřebná opatření (např. vyplnění dutin).

Injektáž se provádí tak dlouho, než se vytvoří účinná rovnoměrná vodorovná clona. Oproti beztlakové injektáži je tlaková metoda výhodnější při manipulaci a rychlosti provádění. Vyššího stupně naplněnosti kapilár se však nedosahuje.⁴⁵



Ohr. 24 Příklad tlakové iniektáže

Zdroj: www.mojdom.zoznam.sk

⁴² BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 154

⁴³ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 155

⁴⁴ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 156

⁴⁵ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 156

3.4.4. Zvláštní způsoby aplikace injektážních prostředků

3.4.4.1. Metoda následné infuze

U této metody se používají ekologicky nezávadné prostředky. Principem metody je postupné napouštění do struktur zdiva dvou infuzních prostředků, z nichž má jeden utěšňující a druhý velmi vysoký hydrofobizační účinek.

Napouštění vrtů se provádí z nádobek umístěných v určité výši nad vrty v rozsahu od přibližně 0,5 do 2 m.

Používají se prostředky vodné silikátové a rozpouštědlové organokřemičité (silikonové) báze, které jsou z hlediska koroze stavebních materiálů inertní (netečné). Ve struktuře a na povrchu konstrukce nedochází k výkvětu solí. Silikonový prostředek obsahuje jako rozpouštědlo technický líc.

Použité druhy injektážních prostředků mají vysokou pronikací schopnost do materiálových struktur. Ve srovnání s používáním jenom samotných utěšňujících nebo hydrofobizačních prostředků vodné báze se do konstrukce zavádí poměrně méně vody. Tím se doba vysušování zdiva nad vytvořenou clonou zkracuje. Ve zdivu vytvořená clona je stálá a za všech vlhkostních podmínek stavby nepodléhá procesu smršťování a vysychání gelu (tj. syneréze).⁴⁶

3.4.4.2. Termicky aktivována injektáž

U této metody se používá oproti ostatním metodám injektáže proces vysušení zdiva, což má příznivý dopad na účinnost metody injektáže a následnou pevnost zdiva. Metoda není závislá na stupni vlhkosti v rovině vrtů, protože injektáž je prováděna do vysušeného zdiva.

Injektážní prostředek (roztavený parafin) je do zdiva vpravován do oblastí teplotně připravených pro jeho vstřebání do kapilár, tj. v místech, kde jsou kapiláry zbaveny obsahu vlhkosti a materiál zdiva je dostatečně ohřátý na přibližně 200°C. Doba ohřevu závisí na vlhkosti konstrukce, její tloušťce a složení. Pohybuje se v rozmezí od 12–24 hodin.

Plnění vrtů se provádí pomocí zabudovaných injektážních jehel. Na rozdíl od jiných injektážních metod není v žádném stupni postupu prací používána voda, tudíž nedochází k zamokřování konstrukcí a tím je umožněno urychlené předání sanované části staveb do provozu. Přirozené vysychání konstrukce je zkráceno oproti ostatním metodám cca na polovinu. Okamžitě jsou zlepšeny tepelně technické parametry zdiva.⁴⁷



Obr. 25 Vyhřívání vrtů ve zdivu

Zdroj: www.isotec.cz

⁴⁶ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 156

⁴⁷ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 158



Obr. 26 Plnění vrtů parafínem

Zdroj: www.isotec.cz

3.5. Mechanické metody aplikace dodatečných izolací

Vytvoření bariéry vložení nepropustného materiálu do zdiva patří mezi neúčinnější metody při provádění dodatečných izolací a sanací vlhkého zdiva. Horizontální izolace se provádějí poměrně obtížně, ale z hlediska jejich funkčnosti, dosahují nejvyšších spolehlivostí. Metody jsou založeny na principu přímého oddělení zdiva od spodní vlhkosti novou izolací. Umístění nové izolace se provádí zarážáním plechů, probouráváním či podřezáváním zdiva a následným vložení izolačních prvků.⁴⁸

Tato metoda se nesmí provádět v případech kdy je zdivo chráněno, staticky nestabilní nebo následné práce by způsobily statické poruchy (pokud nejsou práce doprovázeny statickým zajištěním). V každém případě se musí tyto práce konzultovat se statikem.

Výhody:

- ✓ Vysoká spolehlivost a životnost
- ✓ Funkční oddělení konstrukce od vlhkosti

Nevýhody:

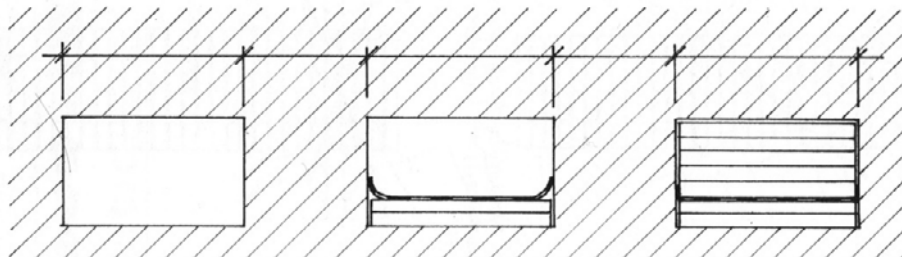
- ✗ Potřeba statického zajištění zdiva či statického posudku
- ✗ Je potřeba zajistit minimální pracovní zábor
- ✗ Je potřeba vyklidit místnosti, kde se pracuje
- ✗ Zvýšená prašnost a otřesy

3.5.1. Probouřování zdiva

Tato metoda spočívá v postupném vybourávání úseků zdiva, vložení hydroizolačního prvku, a zazdění vybouraného úseku. Tento způsob je používán při opravách a rekonstrukcích malých staveb a staveb s velmi složitou skladbou stěn. Jde o poměrně pracnou metodu s rizikem vzniku poškození statiky stavby, pomalým postupem prací a s rizikem vzniku následných poruch důsledkem nedostatečného vyklínování dozdivaných otvorů ve zdivu.

Pře zahájením prací je potřeba odstranit stávající omítky v místech práce z důvodu zjištění skladby zdiva a průběhu vodorovných spár. Otvory se vybourávají v délce 750 až 1000 mm. Mezi nimi se vynechávají stejně široké nevybourané otvory (750 až 1000 mm). Výška vybouraného otvoru se pohybuje mezi 150 až 900 mm (ve zdivu z cihel plných pálených okolo 2-4 řad). Šířka otvoru se provádí v celé tloušťce zdiva nebo při tloušťce 600 mm a více,

ze dvou protilehlých stran. První otvor se vybourá na rohu budovy.⁴⁹



Obr. 27 Princip vkládání dodatečné izolace probouráváním zdiva

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

⁴⁸ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 168

⁴⁹ Internetové stránky VÝROBKY PRO STAVBU.CZ <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/sanace-vlhkosti-zdiva-ii-vkladani-dodatecnych-hydroizolaci/>

Teoretická část

Další otvor se vybourá přibližně 3 metry od rohu budovy, teprve potom se další otvory vybourávají po vzdálenostech 750 až 1000 mm.

Do vybouraného otvoru se vkládají svislé dřevěné vynášecí trámký. Na spodní plochu otvoru se provede cementový potěr, na který se po zatvrdnutí položí izolační prvek. Mohou se použít klasické asfaltové izolační pásy, PVC nebo PE fólie, novodobé izolace jako sklolaminátové a ocelové desky. Pásy (fólie) se pokládají s přesahy cca 100–150 mm, které se pak vzájemně spojí natavením (asfaltové pásy), přesahem, v případě fólií slepením.

Na izolaci se nanáší cementová malta a otvor se vyzdí ostře pálenými plnými cihlami. Zdivo se po stranách ukončuje ozuby – kapsami. Po vyzdění se zdivo vyklnuje z obou stran statickými plastovými klíny, které jsou mezi sebou vzdáleny max. 10–20 cm, pro zamezení budoucím trhlinám a sednutím. Po zaizolování a statickém zajištění se přistoupí k tlakové injektáži spáry cementovou maltou s plastifikátorem.

Vedlejší otvor se provádí stejným postupem. Začátek bourání je zahájen až po dokonalém zatvrdnutí vedlejšího otvoru.⁵⁰

3.5.2. Podřezávání zdiva

Tato metoda spočívá ve vytvoření tenké spáry, do které se následně vkládá izolace. Spáru lze vytvořit ručně nebo strojně.

- Ruční podřezávání probíhá pomocí motorové, nebo tesařské pily tzv. „břichatky“. Toto podřezávání se používá hlavně u cihelného zdiva do max. tloušťky 42 až 60 cm, nebo v prvních fázích podřezávání v rozích objektu.⁵¹
- Strojní podřezávání řetězovou pilou se používá hlavně u cihelného nebo kvádríkového zdiva. V místě prací se otluče omítka z důvodu kontroly řezané spáry. Zdivo musí být vyzděno v pravidelných spárách o min. tloušťce spáry 10 mm. Strojní zařízení potřebuje volný manipulační prostor cca 1,2m. Před začátkem prací je potřeba objekt vyklidit kvůli vysoké prašnosti a kmitání konstrukce stropů. Podřezávání se provádí cca po 1 metru, kdy se spára vyčistí a vloží se do ní hydroizolační prvek (např. PE fólie, asfaltový pás, nebo sklolamináty) s přesahem 150–200 mm na sousední pás a 20–30 mm přes tloušťku zdiva. Izolace se upevňuje natloukanými rozpěrovými klíny z plastu o dostatečné únosnosti z obou stran zdiva v roztečích cca 20–30 cm. Spára se pod tlakem injektuje speciální maltou (polymer-cementovou, a j.). Stěna se omítne na závěr sanační omítkou.⁵²



Obr. 28 Strojní podřezávání zdiva řetězovou pilou

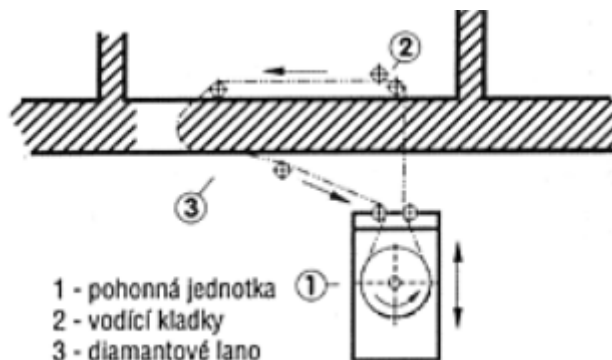
Zdroj: hwpanty.cz

⁵⁰ BALÍK Michael, Ing. *Vysušování zdiva II*, Grada 2000, str. 66, 67

⁵¹ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 168

⁵² Internetové stránky VÝROBKY PRO STAVBU.CZ <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/sanace-vlhkosti-zdiva-ii-vkladani-dodatecných-hydroizolaci/>

- Strojní podřezávání lanovou pilou s diamantovým lanem se používá u zdiva všeho druhu a složení (kamenného, smíšeného, cihelného i betonového) bez omezené šířky konstrukce. Řezy je možno provádět v jakémkoli úhlu. Nejprve se v místech budoucího řezu provrtají otvory pro provlečení lana a osadí se skupina vodících kladek. Stroj pak pohání uzavřenou smyčku diamantového lana soustavou vodících kladek a postupným zkracováním této smyčky dochází k řezání zdiva. Je nutné zajistit rovný pojezd stroje po bezproblémové zkracování smyčky pojezdem stroje. Diamantové lano musí být současně chlazeno vodou vložním hadice s přívodem vody do řezu ve směru otáčení lana. Další postup vkládání izolačních prvků, klínování spáry a její injektáže je stejný jako u podřezávání zdiva řetězovou pilou.⁵³



Obr. 29 Strojní podřezávání zdiva diamantovým lanem

Zdroj: hofmannsro.cz

- Jinou variantou je navrtávání otvorů do zdiva, kdy oproti podřezávání způsobuje menší otřesy. Nevýhodou je pak vysoká prašnost, velká spotřeba chladicí vody a vysoká pracnost. Další metoda podřezávání je vodním paprskem, jedná se však o velmi nákladnou metodu.⁵⁴

3.5.3. Zarážení desek

Tato metoda využívá principu vkládání hydroizolace do spáry bez toho, aby ji bylo potřeba nejdříve vytvořit. Je možné ji aplikovat u všech budov s průběžnou spárou v cihelném zdivu.

Desky jsou provedeny z nerezavějících materiálů, jako chrom-ocel, chrom-nikl-ocel, chrom-nikl-molybden-ocel. Tloušťka plechů je cca 1,5mm. Důležité vlastnosti desek jsou zejména mechanické vlastnosti, protože při zarážení splňují desky funkci pracovního nástroje, na který působí rázová energie nutná pro jejich zarážení. Plechy musí překonat mechanický odpor při rozpojování materiálu ve spárách a také tření desky. Proto jsou desky tvarovány do vlnek.

Před zarážení plechů je potřeba oklepat omítky cca 500 mm nad hranicí vlhkosti. Ocelové vlnité nerezové plechy se zarážejí do spáry zdiva pomocí speciálního vibračního stroje.⁵⁵



Obr. 30 Zarážení nerezových desek do zdiva

Zdroj: www.hwpanty.cz

⁵³ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 168

⁵⁴ Internetové stránky VÝROBKY PRO STAVBU.CZ <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/sanace-vlhkosti-zdiva-ii-vkladani-dodatecných-hydroizolaci/>

⁵⁵ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 169

Teoretická část

Spojování bývá většinou provedeno pomocí zámku na okraji plechů. Jindy spoj zcela chybí a plechy se pak překrývají (2-3 vlny). Po dokončení zarážení plechů je potřeba provést na povrchu zdiva sanační omítky, aby nedocházelo ke vzlínání vlhkosti nad plechy přes omítky. Samotný plech je sám o sobě nepropustný vůči vlhkosti.

Výhodou je absence potřeby chladicí vody a nízká prašnost. Nevýhodou je omezení pouze na cihelné zdivo a omezení tloušťky zdiva, která je maximálně 1000 mm. Při větší tloušťce je potřeba zarážet plechy z obou stran zdiva. Další nevýhodou je omezení metody u historických a památkových objektů, tj. všude tam kde by následné vibrace ohrozily statiku objektu.⁵⁶



Obr. 31 Spoj plechů přesahem

Zdroj: www.vlhke-zdivo.cz

⁵⁶ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 169, 170

3.6. Metody elektroosmotické

Elektroosmotické metody jsou způsoby sanace, vytvářející potenciál stejnosměrného elektrického proudu ve zdivu, který omezuje a obrací proces kapilárního vztlínání vody. Vlivem vloženého elektrického napětí dojde k proudění vody otevřenou pórovitou strukturou materiálu ve směru od kladné elektrody k záporné elektrodě.⁵⁷ Elektroosmotické metody je možné rozdělit do skupin:

- Metoda kompenzační
- Metoda pasivní elektroosmózy
- Metoda založená na využití galvanoosmotických jevů
- Metoda aktivní elektroosmózy

Podmínky použití elektroosmotických metod:

- pH zdiva se pohybuje v rozmezí 6-8,5;
- salinita je snižena na max. zvýšený stupeň zasolení dle ČSN P 73 0610 (je menší než 1 %hm.);
- obsah chloridů je menší nebo roven 0,03 % hm.;
- Pórovitost se pohybuje v rozmezí 10⁻¹⁰ až 10⁻⁷ m;
- ve zdivu nejsou významnější kaverny a nehomogenity (např. novodobé vyzdívký či betonové plomby)
- vlhkost se pohybuje v rozmezí od 4 % do 7,5 % hm. (vlhkost zvýšená);
- zdivo není namáháno jinou než vztlínající vlhkostí, event. vlhkostí vztlínající druhotně z oblastí, kde je naakumulována.

3.6.1. Kompenzační metoda

Tato metoda vychází z těchto předpokladů:

- Elektrické pole ve zdivu patří mezi 3 hlavní síly, které dopravují vodu z podzákladí do zdiva (osmotický tlak, ascendentní voda, elektrické pole);
- V odpařovací zóně zdiva dochází k oddělení elektrického náboje a tento náboj pak tvoří záporný pól elektrického pole, který se nachází vertikálně ve vlhkém zdivu;
- Kladný pól tohoto elektrického pole je v podzákladí objektu

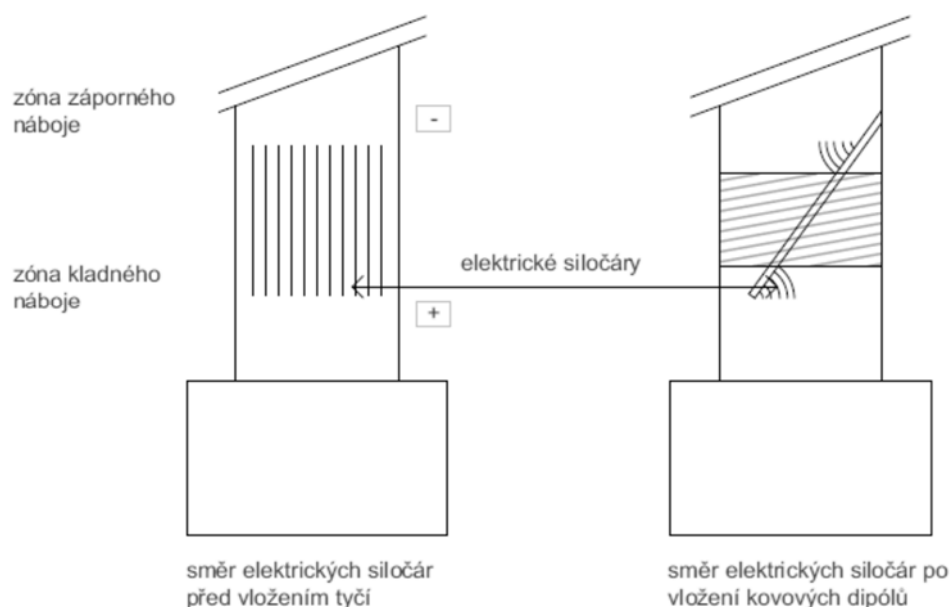
Principem metody je vytvoření oblasti ve zdivu, bez elektrického pole, které má stačit k účinnému potlačení zavlhčení. Ke snížení (kompenzaci) vnitřního potenciálového rozdílu slouží do zdiva vložené vodiče (většinou ocelové).

Ocelové tyče vložené do zdiva působí jako elektrický dipól a vyřazují tak značný úsek zdiva od elektrických siločar. Výsledkem je zrušení elektrických nábojů vyvolaných transportem vody (a tím pádem vznikajícího elektrického náboje), které určují podíl na zavlhčení zdiva. V rámci stavebně průzkumných prací je třeba změřit elektrická pole ve vlhkém zdivu, pak dle příslušných výpočtů se určí potřebný průměr, délka a poloha kovových dipólů ve zdi.

Do zdiva o větší tloušťce se vrtají otvory šikmo shora dolů. U zdiva s malou tloušťkou stačí vyfrézovat drážky. Do otvorů se pak vloží dipóly a uzavřou se maltou. Tento postup předpokládá snížení přísunu vlhkosti v takové míře, že proces vypařování převládne a zdivo se začne vysoušet.⁵⁸

⁵⁷ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 181

⁵⁸ BALÍK Lukáš, Ing., *Využití elektroosmózy s dodatečným vysušování zdiva*, ČVUT FSv, Praha 2004, str. 28, 29



Obr. 32Kompenzační účinek dipólů

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvlhčování staveb*, 2005

3.6.2. Metoda pasivní elektroosmózy

Metoda je založená na těchto předpokladech:

- Napětí, které vzniká mezi elektrodami ve zdivu a v zemi, je způsobeno rozdílem koncentrace vodíkových iontů mezi těmito elektrodami (rozdílné pH);
- Malta, ve které jsou zabudovány elektrody ve zdivu, má alkalickou reakci v oblasti pH 11;
- Staré vlhké zdivo poskytuje reakci kolem pH 4-5;
- Zemní elektrody jsou instalovány v zemině s obvyklou neutrální reakcí kolem pH 6

Soustava se skládá z elektrod zabudovaných do vlhkého zdiva a většího množství zemních elektrod. Elektrody v zemi a ve zdivu jsou ze stejného materiálu a jsou mezi sebou spojeny nakrátko. Používaný materiál je měď (drát 2-2,8mm, nebo pásek 10,1mm), betonářská ocel (průměr 8–10 mm), nebo FeZn. Tím že materiál elektrod je stejný, nemůže vzniknout galvanický článek.

Elektrické napětí davané tímto článkem je malé (0,2 až 0,5V) a nestálé. Postupným stárnutím malty klesá její pH a tím i napětí článku. Tím pádem má soustava omezenou životnost, a to 1 až max. 3 roky). Vlivem malého napětí je tato metoda citlivá na cizí indukovaná napětí, tím může často měnit polaritu na elektrodách a pak může fungovat jako čerpadlo vody do konstrukce zdiva.

Kvůli výše uvedeným nevýhodám se tato metoda většinou nepoužívá.⁵⁹

⁵⁹ BALÍK Lukáš, ING., *Využití elektroosmózy k dodatečnému vysušení zdiva*, ČVUT FSv, Praha 2004, str. 30

3.6.3. Metoda založená na využití galvanoosmotických jevů

Tato metoda vychází z předpokladů, že dva rozdílné elektrovedivé materiály a vlhkost v konstrukci zdiva (elektrolyt) vytvářející elektrický zdroj napětí, který vyvolává elektroosmotické proudění vody.

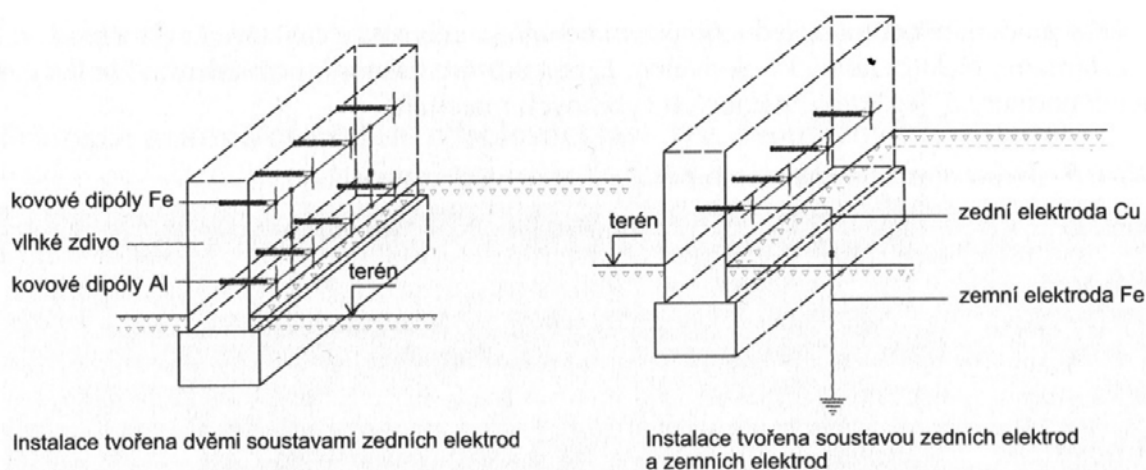
Nevýhodou je velmi malá životnost, intenzita elektrického proudu je také velmi malá a elektrody podléhají korozi.

Celková soustava je tvořena dvěma soustavami elektrod z kovů s rozdílnými potenciály. V systému pak proudí voda s rozpuštěnými solemi v pórech prostředí mezi elektrodami. Elektrody jsou z rozdílných materiálů. Tyto elektrody spojené elektrolytem (vodou) vytvářejí elektrický zdroj napětí, který způsobuje vysoušení zdiva vlivem elektroosmotického jevu.

Způsob uložení elektrod spočívá ve vytvoření dvou řad vrtů nad sebou, kdy do horní řady se vloží ocelové elektrody a do spodní elektrody hliníkové. Mezi sebou se pak spojí izolovaným vodičem, tímto mezi řadami elektrod vznikne rozdíl elektrického napětí kolem 1,2V a vytváří tak na malé vzdálenosti velký elektrický spád. Hliník však takto podléhá korozi, a to zvláště tam, kde se vyskytují agresivní chloridy ve zdivu.

Další způsob uložení spočívá v instalaci měděné elektrody do zdiva a uzemňovací hliníkové nebo železné elektrody do země. Tím vznikne elektrický člunek, jehož kladný pól je elektroda ve zdi a záporný pól tvoří uzemňovací elektroda v zemi.

Tato metoda, přes své nevýhody malé životnosti a pracnosti, je stále používána.⁶⁰



Obr. 33 Galvanoosmóza - principiální schéma ve 2 variantách (FeAl a CuFe)

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV,
Odvlhčování staveb, 2005

3.6.4. Metoda aktivní elektroosmózy

Tato metoda je ze všech předešlých nejpoužívanější a odstraňuje nedostatky předešlých dvou (např. životnost elektrod, nebo nezávislost na indukovaná napětí v okolí).

Napětí je do okruhu pouštěno z veřejné elektrické sítě přes transformátor a počítač sledující skutečnou dobu funkce. Napětí je voleno do 6 V, systém má podstatně vyšší životnost než předchozí metody elektroosmózy a je nezávislý na cizích indukovaných napětích v okolí.⁶¹

⁶⁰ BALÍK Lukáš, ING., *Využití elektroosmózy k dodatečnému vysušení zdiva*, ČVUT FSv, Praha 2004, str. 30 - 32

⁶¹ BALÍK Lukáš, ING., *Využití elektroosmózy k dodatečnému vysušení zdiva*, ČVUT FSv, Praha 2004, str. 30

Teoretická část

Dlouhodobou funkčnost systému však limituje kvalita použitých prvků zařízení a materiálů. Sledovaným faktorem je tzv. „elektrochemická životnost“ elektrod, zejména pak odolnost anody, na které může docházet k oxidaci a následnému „anodickému rozpouštění“.⁶²

Proces anodické rozpustnosti se řídí 1. Faradayovým zákonem:

$$m = Ee \cdot I \cdot T \text{ [kg]}$$

kde m vyloučené množství látky [kg];
 I intenzita elektrického proudu [A];
 T čas [rok];
 Ee elektrochemický ekvivalent [kg/A*rok].

Pro porovnání odolnosti jednotlivých materiálů se intenzita a čas stávají konstantami, elektrochemický ekvivalent Ee se tak stává zásadním prvkem. Tabulka 4 ukazuje hodnoty Ee [Kg/A*rok] pár vybraných materiálů.⁶³

Tab. 4 Elektrochemické ekvivalenty vybraných materiálů

Materiál	Přibližné hodnoty elektrochemického ekvivalentu Ee [kg/A*rok]
Měď (Cu)	20
Ocel (Fe)	10
Uhlík (C)	1
Ferosilicium (FeSi)	0,2

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

Pro volbu materiálu anod jsou důležité 3 aspekty:

- Technická účinnost;
- Cenová dostupnost;
- Technologická zpracovatelnost.

Potom je možné říci, že elektrochemická odolnost zední (kladné) elektrody je rozhodující pro životnost a dobu bezproblémového fungování systému. Na anodě dochází k největším změnám, anoda se elektrochemicky rozpouští a její elektrický přechodový odpor roste v čase.

Největšímu použití v praxi se těší uhlík, kdy je používán např. jako pásová elektroda z umělé hmoty s obsahem uhlíku.⁶⁴

⁶² BALÍK Lukáš, ING., *Využití elektroosmózy k dodatečnému vysušení zdiva*, ČVUT FSv, Praha 2004, str. 32

⁶³ BALÍK Lukáš, ING., *Využití elektroosmózy k dodatečnému vysušení zdiva*, ČVUT FSv, Praha 2004, str. 33

⁶⁴ BALÍK Lukáš, ING., *Využití elektroosmózy k dodatečnému vysušení zdiva*, ČVUT FSv, Praha 2004, str. 33

3.6.4.1. Princip řešení odvlhčování zdiva aktivní elektroosmózou

Metoda aktivní elektroosmózy využívá ke své funkci elektrický okruh, který se skládá z těchto částí:

- Řídicí skříňka;
- Kladná elektroda;
- Záporná elektroda;
- Vodivé propojení – vodiče 1. třídy;
- Vlastní zdivo – vodič 2. třídy.

Elektrody kladné

Její funkcí je vytvoření kladného pólu elektrického pole. Je napájena stejnosměrným proudem z napáječe a bývá zabudována na zdivo pod omítku nebo do vyfrézované drážky ve zdivu.

Tvar elektrody nejčastěji bývá ve formě síťky výšky 250 až 300 mm z pletiva ze skleněných vláken potažených elektricky vodivým lakem nebo z polytetrafluoretylenu s elektroodivkovou uhlíkovou přísadou, další tvary můžou být tvořeny trubícemi z elektroodivového betonu s vloženými depolarizačními látkami nebo kabely s obalem z elektricky vodivého plastu s grafitem nebo ferrosiliciem v obalu.

Elektrody lze osadit na zdivo z jedné nebo z obou stran. Vždy musí být splněna zásada osazení kladné elektrody ve vyšší úrovni než elektroda záporná. Kladná elektroda by neměla být umístěná pod úroveň terénu. Je nutné nad elektrodou minimálně 0,5m použít sanační omítky.⁶⁵

Elektrody záporné

Její funkcí je vytvoření protipólu elektrody kladné. Tím pak dochází ke vzniku elektrického pole mezi oběma póly. Elektroda je napájena stejnosměrným proudem z napáječe a bývá zabudována do paty zdiva, pod podlahou nebo do země.

Tvar elektrody bývá nejčastěji tyčový z elektricky vodivého, grafitem plněného plastu, někdy je řešen formou kabelu či síťky stejného tvaru s elektrodou kladnou.

Záporné elektrody jsou řešeny jako jediné zemní, nebo jako soustava pravidelně rozmístěných navzájem propojených tyčových elektrod.⁶⁶

Řídicí skříňka

Ovládací přístroj je vyroben obvykle v zapouzdřeném provedení pro vlhké prostředí. Je napojen na elektrickou síť 220/240 V. Vždy jsou přístroje konstruovány tak, že se ani v případě havárie nedostane do soustavy vysoké napětí. Indikace proudu na přístroji umožňuje optické sledování pokroku vysychání zdi na hodnotě klesajících miliampérů.⁶⁷

⁶⁵ BALÍK Lukáš, ING., *Využití elektroosmózy k dodatečnému vysušení zdiva*, ČVUT FSv, Praha 2004, str. 35

⁶⁶ BALÍK Lukáš, ING., *Využití elektroosmózy k dodatečnému vysušení zdiva*, ČVUT FSv, Praha 2004, str. 35 - 37

⁶⁷ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 197

Hlavní funkce řídicí skříňky jsou:

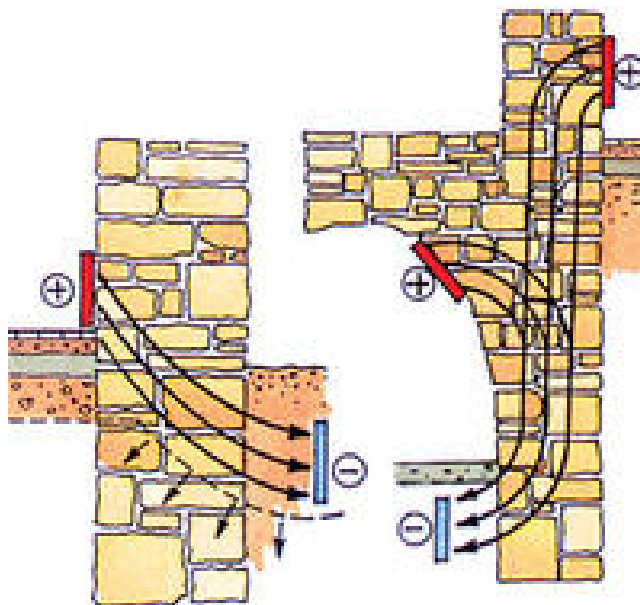
- Transformace napětí;
- Snímání proudu elektroosmotického okruhu;
- Zaznamenávání času funkce zařízení;
- Umožnění zapojení více funkčních okruhů.

Proud v celém okruhu je kontrolován a jeho velikost je viditelné na displeji přístroje. Spotřeba proudu je odhadnutá v 1. roce provozu na přibližně 25 až 100 kWh na 100bm zdiva a snižuje se v průběhu až na hodnotu 5 až 20 % počáteční hodnoty.⁶⁸

Propojovací vodiče

Propojovací vodiče jsou tvořeny měděnými cyky vodiči 1-2mm v průměru. Vodiče jsou chráněny pryží a jsou vedeny v drážkách vysekaných ve stropě, stěně či zemi. V případě mechanického zatížení jsou chráněny umístěním v chráničce o průměru 16 mm.

Vodiče mohou být vedeny zvlášť nebo odděleně. Systém je doplněný kontrolními a spojovacími krabičkami umístěnými přímo na kladné elektrodě nebo ve vzdálenosti 300 mm od ní.⁶⁹



Obr. 34 Varianty uspořádání elektrod

Zdroj: www.mojdom.zoznam.sk

⁶⁸ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 197

⁶⁹ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 197, 198

3.7. Omítky

Pro sanaci vlhkého zdiva jsou používány omítky speciální, především sanační. Z pohledu využití speciálních omítek jsou jejich druhy následující:

- Omítky určené pro renovaci a sanaci;
- Omítky tepelně-izolační;
- Omítky akustické;
- Omítky protipožární;
- Ostatní omítky.

Vlastnosti speciální omítky jsou dány jejím složením. Základní rozdělení omítek se řídí dle jejich pojiva, jak je uvedeno v tabulce 5.

Tab. 5 Rozdělení omítek dle jejich složení

Typ pojiva	Typ omítky	Druh pojiva	Možnost speciálního využití
minerální	vápenná	vápno, hydraulické vápno	oblast restaurování
	vápnocementová	vápno, cement (poměr 2:1)	téměř všechny, např. sanační, tepelně-izolační, spec. stěrky, spárovací, akustické, protipožární atd....
	cementová	cement, vápno ve velmi malém množství pro lepší zpracovatelnost	
	sádrová (vápenosádrová)	sádra (event. vápno)	restaurování, protipožární
organické	silikonová	silikonová disperze	Tenkvrstvé omítky, vysprávkky
	disperzní (akrylátová)	akrylátová disperze	
	silikátová	Vodní sklo, disperze	
	hliněná	jíl	ekologické, zdravé bydlení, restaurování

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

3.7.1. Podkladní omítka

Podkladní omítka (jinak nazývána vyrovnávací, porézni vyrovnávací) dle WTA se používá většinou pro vyrovnání nerovností zdiva.⁷⁰

⁷⁰ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 230

3.7.2. Kompresní (obětovaná) omítka

Kompresní omítka se používá pro snížení obsahů solí ve zdivu. Je velmi nasáková a pórovitá. Po určité době několika měsíců až 2 let je odstraněna (obětovaná).⁷¹



Obr. 35 Mechanismus narušení omítky vlhkostí a následné řešení sanační omítkou

Zdroj: www.m-servis.cz

3.7.3. Sanační omítka

Sanační omítka WTA⁷² je definována jako suchá maltová směs s vysokou pórovitostí a paropropustností při současné velmi nízké kapilární vzlínavosti. Tato definice přesně vymezuje sanační omítku WTA oproti ostatním omítkám připravovaným na stavbě s pomocí přísad.⁷³

Tab. 6 Opatření v závislosti na stupni zasolení zdiva

Stupeň zasolení	Opatření	Tloušťky vrstev (cm)	Poznámka
Nízký	1. Podhoz	≤0,5	Podhoz zpravidla není krycí, případně je podle předpisu výrobce plně krycí
	2. Sanační omítka WTA	≥ 2,0	
Střední až vysoký	1. Podhoz	≤0,5	Vlastní omítku nutno provést minimálně ve dvou vrstvách s technologickou přestávkou
	2. Sanační omítka WTA	1,0-2,0	
	3. Sanační omítka WTA	1,0-2,0	
	1. Podhoz		
	2. Porézní podkladní omítka		
	3. Sanační omítka WTA		

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

⁷¹ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 230

⁷² WTA zkratka pro evropská společnost WTA International sdružující odborníky s cílem podpořit výzkum v oblasti péče o stavební památky a zejména použití jeho výsledků v praxi.

⁷³ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 230

Teoretická část

Vzduchové póry tvoří v sanační omítce tensidy, lehčená plniva nebo jejich kombinace. Mezi lehká plniva se řadí perlit, pemza či v menší míře polystyrol.

Důležitým parametrem omítky je kromě obsahu vzduchových pórů jejich průměr. Jejich velikost a průměr závisí na způsobu a intenzitě míchání omítky.⁷⁴

Tab. 7 Průměr pórů v omítce dle použitých materiálů

Materiál	Průměr pórů
Pemza	1-30 μm
Perlit	10-60 μm
Tensidy	5-500 μm

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

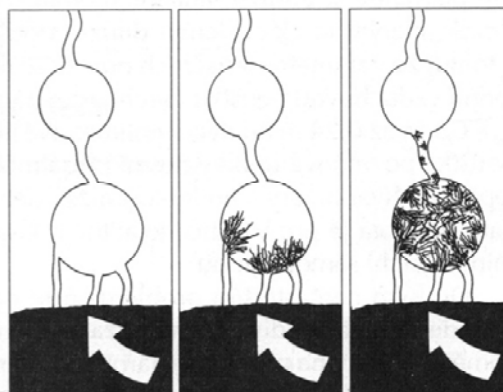
Nasákavost omítky je určena její kapilární vzlínavostí. Póry o průměru menším než 60 μm jsou kapilárně aktivní, vzlínavost (kapilární) je tak možné přerušit vyšší pórovitostí. Sanační omítky vyžadují kromě jiného i vnitřní hydrofobitu, která se vytvoří pomocí hydrofobizačních přísad.

Rozhodující vlastností sanační omítky, spolu se splněním všech podružných kritérií dle WTA 2-2-91, je dlouhodobá odolnost proti solím, obsaženým ve vzlínající vodě. Dle nasákavosti kapilár i lehkých plniv se solný roztok dostává ze zdiva do omítky, kde díky vysoké hydrofobitě sanační omítky pronikne roztok max. do hloubky 5 mm. Zde se voda odpaří a sole krystalizují v pórech omítky. Největší vliv na životnost omítky má jejich celková receptura, konkrétně přesný druh pojiva.⁷⁵

Je nutné zmínit, že sanační omítky, její vlastnosti a délka funkce se stále zkoumají. Je však možné tvrdit, že svou funkci plní sanační omítky v relativně dlouhém časovém horizontu. Například sanační omítky, použité na zasoleném a vlhkém zdivu před více než patnácti lety stále plní svou funkci. Kromě toho laboratorní testy prokázaly, že jejich kapacita pórů z hlediska ukládání solí není zdaleka vyčerpána.⁷⁶

Výzkum v oblasti sanačních omítek zatím přinesl tyto poznatky:

- Omítky a malty vyrobené dle tradičních historických receptur jsou nevhodné na vlhké a zasolené zdivo z hlediska dlouhodobé životnosti;
- Sanační omítky s vysokým obsahem lehkých přísad jsou schopny rychlého ukládání solí, ale jsou však relativně brzy nasyceny;
- Životnost sanační omítky je určena zasolením podkladu, typem použitého pojiva a vytvořenou strukturou sanační omítky.



Obr. 36 Schéma ukládání solí v sanační omítce

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

⁷⁴ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 231

⁷⁵ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 231

⁷⁶ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 231

3.7.3.1. Povrchové úpravy sanační omítky

Směrnice WTA předepisuje jednoduchý požadavek pro povrchovou úpravu sanačních omítek, kterým je ekvivalentní difúzní tloušťka povrchové úpravy $s_d < 0,2\text{m}$. V případě lišících se parametrů jednotlivých vrstev sanační omítky je dobré ekvivalentní difúzní tloušťku spočítat. Ta se může pohybovat v rozmezí $s_d = 0,1\text{m}$ až $0,24\text{m}$ (při dvoucentimetrové tloušťce omítky). Ekvivalentní difúzní tloušťka povrchové úpravy nesmí přesáhnout hodnotu sanační omítky, proto je lepší používat v praxi nátěry s nižší hodnotou, než je předepsané minimum. Nejlépe $s_d < 0,1\text{m}$. Nasákavost povrchové úpravy v exteriéru by neměla být vyšší než nasákavost sanační omítky.

V interiérech vzniká nebezpečí vzniku plísní z důvodu podcenění vlivu vnitřního mikroklimatu interiéru (většinou vlhkých suterénů). Zde je možné se tomu vyhnout, při použití kvalitního interiérového nátěru s fungicidními přísadami, s minimálním difúzním odporem a nízkou nasákavostí.⁷⁷

⁷⁷ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 232

3.8. Povlaky, konzervační a hydrofobizační úpravy

3.8.1. Nátěry omítek a zdiva

Nátěry na povrchu zdiva jsou vrstvou, kde se projevují povrchové jevy krystalizace solí, odpar vody, působení tepla a sluneční radiace.⁷⁸ Proto musí mít nátěry vhodné fyzikální vlastnosti, z nichž se hodnotí:

- Propustnost pro vodní páry;
- Propustnost pro oxid uhličitý (u speciálních protikarbonatačních nátěrů)
- Nasákavost;
- Přídržnost k podkladu;
- Kryvost;
- Odolnost vůči rozmrazovacím cyklům;
- Odolnost vůči oděru za mokra;
- Odolnost vůči UV záření;
- Odolnost vůči agresivním složkám v exteriéru.

Z hlediska odvlhčení staveb je důležité zamezit průniku vody do konstrukce, a naopak umožnit co největší odpar vlhkosti ze zdiva. Proto u nátěrů jsou z hlediska transportu vlhkosti mezi zdivem a vnějším prostředím důležité 2 vlastnosti – paropropustnost (prodyšnost, difúzní odpor) a nasákavost (vodotěsnost).⁷⁹

- **Paropropustnost**

Paropropustnost je fyzikální schopnost materiálu propouštět skrze sebe vodní páru z míst s vyšším tlakem do míst s nižším tlakem. Hodnota paropropustnosti je důležitá při úpravách povrchů sanačních omítek a při nátěrech povrchů fasád silně zavlhčovaných staveb.⁸⁰

Tab. 8 Stanovení a klasifikace stupně paropropustnosti pro vodní páru (permeability)

Třída	Propustnost pro vodní páru V[g/m ² *den]	Propustnost pro vodní páru V[g/m ² *h]	Difúzní ekvivalent tloušťky vzduchové vrstvy sd [m]
I (vysoká)	>150	>6	<0,14
II (střední)	15-150	0.6-6	0,14-1,4
III (nízká)	<15	<0,6	>1,4

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

Pro propustnost nátěru má důležitý význam poměr obsahu pigmentů a plniv k obsahu pojiv v nátěru, který se vyjadřuje jako objemová koncentrace pigmentu OKP /PVC-Pigment Volume Concentration) definovaná vzorcem:⁸¹

$$OKP = V_{pig} / (V_{pig} + V_{poj}) * 100\%$$

⁷⁸ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 215

⁷⁹ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 215

⁸⁰ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 216

⁸¹ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 216

Teoretická část

Kde V_{pig} je celkový objem pigmentů a plniv;

V_{poj} je objem pojiva (pojiv)

Při nízké hodnotě OKP je nátěr tvořen filmem pojiva, ve kterém jsou volně rozprostřeny částice plniv pigmentů. Prodyšnost je závislá na prodyšnosti pojiva nátěru. Zvyšováním OKP, tedy podíl pigmentu v nátěru, klesá podíl pojiva a prodyšnost roste.

Při kritické hodnotě OKP (KOKP) ještě podíl pojiv stačí k udržení pigmentu. Při překročení KOKP pigment „krvácí“ a vyplavuje se z nátěru. Z hlediska paropropustnosti je lepší, aby se OKP blížila KOKP. Většina nátěrů dnes tuto podmínku splňuje.⁸²

• Nasákavost

Nasákavost je fyzikální vlastnost materiálu přijímat vodu. Je možné ji ovlivnit složením nátěru nebo dodatečnou úpravou již zasklého nátěru. Hydrofobizační hmotu může nátěr obsahovat již z výroby, vytvořený nátěr má pak nízkou nasákavost. Vodoodpudivosti lze dosáhnout i dodatečným hydrofobním nátěrem. Takto je možno dosáhnout nízkého difúzního odporu a nízké nasákavosti.⁸³

Tab. 9 Klasifikace hodnoty koeficientu nasákavosti

Třída	Koeficient nasákavosti w [$\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$]
I (vysoký)	$>0,5$
II (střední)	$0,1-0,5$
III (nízký)	$<0,1$

Zdroj: MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*, 2005

Dobrá funkce nátěru bude splněná, pokud množství vody, které projde nátěrem do okolí ve formě páry za časovou jednotku, bude stejné nebo větší než množství vody, která se vsákne do nátěru se za stejnou jednotku času.⁸⁴ Zde platí tzv. Künzelův vztah, který stanovuje poměr paropropustnosti a nasákavosti nátěrů:

$$S_d \cdot w \leq 0,1 \text{ [kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}]$$

kde jsou stanoveny okrajové podmínky: $s_d < 2,0$ m a $w < 0,5$ $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$.

Druhy nátěrů:

- Vápenné fasádní barvy
- Modifikované vápenné fasádní barvy
- Cementové fasádní barvy
- Silikátové fasádní nátěrové hmoty
- Čistě silikátové fasádní nátěrové hmoty
- Modifikované silikátové fasádní nátěrové hmoty
- Roztokové (rozpouštědlové) fasádní nátěrové hmoty
- Disperzní fasádní nátěrové hmoty
- Silikonové fasádní nátěrové hmoty

⁸² BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 216

⁸³ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 217

⁸⁴ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 217

3.8.2. Zpevňující prostředky

Když je potřeba zpevnit nátěr, omítku, maltu nebo zdící prostředek, používá se několik druhů látek, jejichž úkolem je zlepšit strukturální pevnost a přídržnost k podkladu bez zhoršení jiných vlastností podkladu. U vlhkého zdiva a omítky je stále důležité zachování prodyšnosti (paropropustnosti).⁸⁵

- **Silikátové prostředky** – při nanesení prostředku na podklad se vytvoří v pórech gel kyseliny křemičité, ten vysychá a vytváří oxid křemičitý – křemen. Použitím silikátů dochází ke značnému zpevnění prosycené struktury. Nevýhodou je velmi prudký pokles pevnosti na povrchu nasáknutí, který může vést u křehkých materiálů až k usmýknutí v důsledku rozdílných prnutí vrstev.
- **Siloxanové prostředky** – pronikají díky svým mnohem menším molekulám do jemně pórovitých struktur velmi hluboko, tím není pokles pevnosti skokový. Používají se pro přírodní kámen, omítky i nátěry. Nevýhodou je vysoká cena a organické rozpouštědlo, které rozpouští polymery v podkladu.
- **Vápenná voda** – je historická metoda zpevňování a používá se spíše v památkové péči. Povrch je potřeba několikrát nechat nasáknout (několik desítek nasycení), než dojde k požadovanému efektu. Tento prostředek se nehodí pro vlhké prostory (kvůli pomalému vysychání), omítky s obsahem sádry a vodorozpustných solí. Nehodí se ani pro dosažení potřebné úrovně ochrany u přírodního kamene.
- **Hydroxid barnatý** – se aplikuje v méně krocích než vápenná voda kvůli své vyšší rozpustnosti ve vodě. Pro urychlení reakce se přidává do směsi močovina.
- **Fluáty** – se nehodí ke zpevňování kvůli tvorbě nerozpustných fluoridů a gelu kyseliny křemičité a tím následného utěsnění povrchu. Jejich použití je velmi občasné.
- **Polymerní disperze** – jsou schopné zpevnit velmi nasákové podklady (např. silně nasákové omítky) do hloubky několika milimetrů. Nevýhodou je vyseparování částic disperze v malých pórech podkladu (kvůli svým velikým částicím), takže dále proniká jen voda, která je nosným médiem disperze. Dále odebráním vody disperzi dojde k vysrážení částic polymeru a dochází tak k vypadnutí tuhé látky z kapaliny a pojivo tak dále neproniká do podkladu. Hlavní použití je u rozvolněných jádrových omítek s menší tloušťkou.
- **Roztoky polymerů** – jsou schopné pronikat do menších pórů než disperze díky svým volně rozprostřeným řetězcům molekul v organických rozpouštědlech. Pronikání do podkladu pokračuje, dokud nedojde k odpaření rozpouštědla, proto se těkavá rozpouštědla spíše nepoužívají. Roztoky s organickými rozpouštědly nelze použít na vlhké podklady kvůli špatnému pronikání do vlhkého podkladu. Zde se pak hodí jen ketony (např. aceton), které vodu z pórů vytlačují. Roztoky polymerů je možné použít taky na hrubě porézní podklady (např. arkózy nebo hrubozrnné žíly) díky použití akrylátového kopolymeru Paraloid B72 ve směsi s organokřemičitany.

⁸⁵ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvlhčování staveb*, Grada 2005, str. 220

3.8.3. Hydrofobizační prostředky

Hydrofobizace je proces změny povrchu kapilárně aktivních pórů na nesmáčivý. Smáčivost je fyzikální jev způsobující kapilární vsakování kapaliny do pórovité struktury. Pro trvalou hydrofobizaci konkrétní oblasti je třeba použít hmoty, které jsou v materiálu fixovány a dále se samovolně nepohybují.⁸⁶

Hydrofobizace se provádí ve velké většině případů na vnějším plášti stavby pro zabránění průniku srážkové vlhkosti do konstrukce. Výjimečně se provádí v interiérech pro ochranu povrchů v místech ohrožení odstříkem z provozu.

K ochraně materiálů proti stékající a odstříkované vlhkosti se používají prostředky křemíkové chemie. K známým prostředkům se řadí silanoláty, silany a siloxany.⁸⁷

- Silanoláty – např. metyl sialnolát draselný se používá k hydrofobizaci vápenopískových cihel a cementových tvárníc;
- Silany – např. trimetyl etoxysilan – se používá k hydrofobizaci betonu;
- Siloxany – vznikají seskupením několika silanových jader do jedné molekuly. Používají se k hydrofobizaci přírodního kamene, cihel, omítek a nasákavých nátěrů.

Formy hydrofobizačních prostředků:

- **Roztoky** – v organickém ředidle umožňují dobrý a rychlý průnik prostředku do podkladu. Problémem je nízká viskozita, která neumožňuje selektivní nanesení prostředku a rychlý odpar, kvůli němuž je problémem rovnoměrné nanesení.
- **Emulze** – jsou méně problematické oproti roztokům díky mediu (vodě), které se pomaleji odpařuje a umožňuje kontrolu prosycení podkladu.

Hydrofobizátory nejsou vhodné:

- Na plochách, které vyžadují přetírání, protože povrch je po hydrofobizaci nesmáčivý. Smáčivost lze na krátký čas vrátit použitím smáčedla. Nátěry, které potřebují pro své vyzrání vlhkost (vápenné, cementové), nemůžou na hydrofobizovaném podkladu vyzrát a spojit se s ním.
- Na plochách s vyšší koncentrací solí. Sole krystalizují na povrchu tam, kde se odpařuje voda, která je přinesla. Po hydrofobizaci se podklad pro vodu stává nedostupným a voda se odpařuje za hydrofobizovanou plochou. Tam pak sole krystalizují a krystalický tlak rozrušuje materiál a způsobuje jeho odpadávání. Poškození se tímto způsobem rozšiřuje na mnohem větší plochu než na povrchu a rozpad je náhlý a neočekávaný.

Hydrofobizace je vhodná tam, kde nedochází ke kontaktu vody pod tlakem. Malým tlakem je myšleno i odstříkování kapek, kdy kapka je vtlačena do póru i přes odpor kapilární deprese. Pokud je hloubka hydrofobizace malá, je kapka vtlačena až do smáčivé zóny pod povrchem.

Povrchová ochrana je nedostatečná při ochraně vodorovných ploch, tj. římsy, parapety, atiky, nebo šikmé plochy. Nestačí zde nanést na povrch malé množství hydrofobizátoru, např. přestříkáním aerosolem.⁸⁸

⁸⁶ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 222

⁸⁷ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 222

⁸⁸ BALÍK Michael, Ing. a kolektiv, *Odvhlčování staveb*, Grada 2005, str. 224

Seznam tabulek

Tab. 1 Předběžný přehled metod sanací a jejich aplikace	6
Tab. 2 Požadovaná výška vzduchové dutiny	13
Tab. 3 Komponenty, princip účinnosti a metoda aplikace použitých injektážních prostředků ..	22
Tab. 4 Elektrochemické ekvivalenty vybraných materiálů	35
Tab. 5 Rozdělení omítek dle jejich složení	38
Tab. 6 Opatření v závislosti na stupni zasolení zdiva	39
Tab. 7 Průměr pórů v omítce dle použitých materiálů	40
Tab. 8 Stanovení a klasifikace stupně paropropustnosti pro vodní páru (permeability).....	42
Tab. 9 Klasifikace hodnoty koeficientu nasákavosti.....	43
Tab. 10 Vrt 43 337	57
Tab. 11 Vrt 44 283	58
Tab. 12 Vrt 44 284	58
Tab. 13 Vrt 44 285	58
Tab. 14 Vlhkosti dle ČSN P 730610	77
Tab. 15 Vlhkosti - sonda S1	77
Tab. 16 Vlhkosti - sonda S2	77
Tab. 17 Vlhkosti - Sonda S3	78
Tab. 18 Vlhkosti - sonda S4	78
Tab. 19 Vlhkosti - sonda S5	78
Tab. 20 Vlhkosti - sonda S6	78
Tab. 21 pH	81
Tab. 22 Sole dle ČSN P 730610, přílohy B, tab. B.1	81
Tab. 23 Chemismus zdiva	82

Seznam obrázků

Obr. 1 Příčiny vlhnutí zdiva	5
Obr. 2 Vzduchová dutina uzavřená	9
Obr. 3 Vzduchová dutina otevřená	9
Obr. 4 Princip funkce provětrávaného soklu	10
Obr. 5 Předsazená stěna vnitřní, neodvětrávaná.....	12
Obr. 6 Předsazená stěna vnitřní, odvětrávaná do interiéru.....	12
Obr. 7 Předsazená stěna vnitřní, přívod vzduchu z interiéru, odvod do exteriéru	12
Obr. 8 Předsazená stěna vnitřní, přívod vzduchu z exteriéru, odvod do exteriéru	12
Obr. 9 Rozměry vzduchové dutiny	13
Obr. 10 Vzduchová dutina vytvořená zastropením (kombinace se soklovou dutinou)	14
Obr. 11 Vzduchová dutina vytvořená tvarovkami	14
Obr. 12 Kanálkový způsob-pohled na zeď a řez	15
Obr. 13 Knapenovy kanálky-pohled na zeď a řez.....	16
Obr. 14 Příklad nopové fólie	17
Obr. 15 Příklad odvětrání pomocí drenážních trubek navrtaných ze sklepu	18
Obr. 16 Příklad odvětrání pomocí hadic uložených podél stěn	19
Obr. 17 Příklad provedení injektáže objektu	21
Obr. 18 Schéma provedení injektáže	22
Obr. 19 Utěsněné kapiláry	23
Obr. 20 Zúžené kapiláry	23
Obr. 21 Zúžené a hydrofobizované kapiláry	24
Obr. 22 Hydrofobizované kapiláry	24
Obr. 23 Schéma provádění beztlakové injektáže	24

Obr. 24 Příklad tlakové injektáže	25
Obr. 25 Vyhřívání vrtů ve zdivu	26
Obr. 26 Plnění vrtů parafínem	27
Obr. 27 Princip vkládání dodatečné izolace probouráváním zdiva	28
Obr. 28 Strojní podřezávání zdiva řetězovou pilou	29
Obr. 29 Strojní podřezávání zdiva diamantovým lanem	30
Obr. 30 Zarážení nerezových desek do zdiva	30
Obr. 31 Spoj plechů přesahem	31
Obr. 32 Kompenzační účinek dipólů	33
Obr. 33 Galvanoosmóza - principiální schéma ve 2 variantách (FeAl a CuFe)	34
Obr. 34 Varianty uspořádání elektrod	37
Obr. 35 Mechanismus narušení omítky vlhkostí a následné řešení sanační omítkou	39
Obr. 36 Schéma ukládání solí v sanační omítku	40
Obr. 37 Situace	52
Obr. 38 FOTO 1	53
Obr. 39 FOTO 2	53
Obr. 40 FOTO 3	53
Obr. 41 FOTO 4	53
Obr. 42 Inženýrské sítě	55
Obr. 43 Rozmístění vrtů	56
Obr. 44 Chemický rozbor vody vrtu 43 337	57
Obr. 45 Chemický rozbor vody vrtu 44 284	59
Obr. 46 Geologická mapa	60
Obr. 47 Půdorys 1.NP	68
Obr. 48 Vzorky v přepravce 1	76
Obr. 49 Vzorky v přepravce 2	76
Obr. 50 Laboratorní váhy KERN PLE 4200-2N	76
Obr. 51 Laboratorní sušárna HS 201A	77
Obr. 52 Baňky se vzorky	80
Obr. 53 Barevná stupnice pH	81
Obr. 54 Spektrometr Pharo 300	81

Použité zdroje

Zdroje použitých tabulek:

Tab. 1 Předběžný přehled metod a jejich aplikace

Prezentace katedry pozemních staveb; [online], str.10;

Dostupné z: http://kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=3447

Tab. 2 Požadovaná výška vzduchové dutiny

Odvlhčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 117; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Tab. 3 Komponenty, princip účinnosti a metoda aplikace použitých injektážních prostředků

Odvlhčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 152; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Tab. 4 Elektrochemické ekvivalenty vybraných materiálů

Odvlhčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 194; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Tab. 5 Rozdělení omítek dle jejich složení

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 227; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Tab. 6 Opatření v závislosti na stupni zasolení zdiva

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 230; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Tab. 7 Průměr pórů v omítce dle použitých materiálů

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 231; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Tab. 8 Stanovení klasifikace stupně paropropustnosti pro vodní páru (permeability)

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 216; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Tab. 9 Klasifikace hodnoty koeficientu nasákavosti

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 216; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Zdroje použitých obrázků:**Obr. 1 Vzduchová dutina uzavřená**

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 108; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Obr. 2 Vzduchová dutina otevřená

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 108; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Obr. 3 Princip funkce provětrávaného soklu

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 110; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Obr. 5 Předsazená stěna vnitřní, neodvětrávaná

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 113; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Obr. 4 Předsazená stěna vnitřní, odvětrávaná do interiéru

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 113; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Obr. 6 Předsazená stěna vnitřní, přívod vzduchu z exteriéru, odvod do exteriéru

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 113; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Obr. 7 Předsazená stěna vnitřní, přívod vzduchu z interiéru, odvod do exteriéru

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 113; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Obr. 8 Rozměry vzduchové dutiny

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 117; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Obr. 9 Vzduchová dutina vytvořená zastropením (kombinace se soklovou dutinou)

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 130; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Obr. 10 Vzduchová dutina vytvořená tvarovkami

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 131; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Obr. 11 Kanálkový způsob-pohled na zed' a řez

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 139; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Obr. 12 Knapenový kanálky-pohled na zed' a řez

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 137; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Obr. 13 Příklad nopové fólie

Nopová fólie; [online], Dostupné z:

<http://www.levnestavebniny.cz/data/upload/produkty/l/110020181353ea3308a7de3.jpg>

-
- Obr. 14 Příklad odvětrání pomocí drenážních trubek navrtaných ze sklepu**
Odvlhčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 142; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9
- Obr. 15 Příklad odvětrání pomocí hadic uložených podél stěn**
Odvlhčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 142; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9
- Obr. 16 Příklad provedení injektáže objektu**
Hydroizolace zdiva; [online], Dostupné z:
<http://www.hydroizolace-zdiva.cz/fotogalerie-beztlakove-injektaze-chalupa-v-jezve#>
- Obr. 17 Schéma provedení injektáže**
DROPS GROUP a.s.; [online], Dostupné z:
<http://drops.octoplus.cz/wp-content/uploads/sites/77/2016/02/injektol01-1372401306-45.jpg>
- Obr. 18 Utěsnění kapiláry**
RS s.r.o.; [online], Dostupné z:
<http://www.rssg.cz/provadeni-sanacnich-praci/injektaz-proti-vzlinajici-vlhkosti/teoreticke-predpokladyz>
- Obr. 19 Zúžené kapiláry**
Internetové stránky firmy RS s.r.o.
<http://www.rssg.cz/provadeni-sanacnich-praci/injektaz-proti-vzlinajici-vlhkosti/teoreticke-predpokladyz>
- Obr. 20 Zúžené a hydrofobizované kapiláry**
RS s.r.o.; [online], Dostupné z:
<http://www.rssg.cz/provadeni-sanacnich-praci/injektaz-proti-vzlinajici-vlhkosti/teoreticke-predpokladyz>
- Obr. 21 Hydrofobizované kapiláry**
RS s.r.o.; [online], Dostupné z:
<http://www.rssg.cz/provadeni-sanacnich-praci/injektaz-proti-vzlinajici-vlhkosti/teoreticke-predpokladyz>
- Obr. 22 Schéma provádění beztlakové injektáže**
Sbírka obrázků autora bakalářské práce
- Obr. 23 Příklad tlakové injektáže**
Online magazín Můj dom; [online], Dostupné z:
<http://mojdom.zoznam.sk/gl/3436/94566/Kupili-sme-chalupu#infopanel>
- Obr. 24 Vyhřívání vrtů ve zdivu**
ISOTEC; [online], Dostupné z:
<http://isotec.cz/fotogalerie-tg-horiz>
- Obr. 25 Plnění vrtů parafínem**
ISOTEC; [online], Dostupné z:
<http://isotec.cz/fotogalerie-tg-horiz>
- Obr. 26 Princip vkládání dodatečné izolace probouráváním zdiva**
Odvlhčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 166; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9
- Obr. 27 Strojní podřezávání zdiva řetězovou pilou**
HW-panty spol. s.r.o.; [online], Dostupné z:
<http://www.hwpanty.cz/stranka/cz/3/retezova-pila-izolace-vlhkeho-zdiva/>
- Obr. 28 Strojní podřezávání zdiva diamantovým lanem**
Hoffmann s.r.o.; [online], Dostupné z:
<http://hofmannsro.cz/wp-content/uploads/2014/07/lano2-150x150.gif>
- Obr. 29 Zarážení nerezových desek do zdiva**
HW-panty spol. s.r.o.; [online], Dostupné z:
<http://www.hwpanty.cz/upload/1276766089.jpg>
- Obr. 30 Spoj plechů přesahem**
Sanax Group s.r.o.; [online], Dostupné z:
<http://www.vlhke-zdivo.cz/odstraneni-vlhkosti/nerezove-plechy>

Obr. 31 Kompenzační účinek dipólů

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 192; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Obr. 32 Galvanoosmóza - principiální schéma ve 2 variantách (FeAl a CuFe)

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 193; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Obr. 33 Varianty uspořádání elektrod

Online magazín Můj dom; [online], Dostupné z:

<http://mojdom.zoznam.sk/gl/3436/94558/Kupili-sme-chalupu#infopanel>

Obr. 34 Mechanismus narušení omítky vlhkostí a následné řešení sanační omítkou

M-servis; [online], Dostupné z:

<http://www.m-servis.cz/admin/files/Image/sanace/sanace-problem-res2.jpg>

Obr. 35 Schéma ukládání solí v sanační omítkě

Odvhlčování staveb; Michael Balík a kolektiv; Grada; Str. 231; 2188 publikace; ISBN 80-247-0765-9

Seznam zdrojů použité knižní literatury:

ING. MICHAEL BALÍK A KOLEKTIV, *Odvhlčování staveb*; Grada; 2188. publikace; ISBN 80-247-0765-9

ING. MICHAEL BALÍK, *Vysušování zdiva*; Grada; 2. Dotisk 1996; vydání 1.; ISBN 80-7169-184-4

ING. MICHAEL BALÍK, *Vysušování zdiva I*; Grada; 931. publikace; ISBN 80-7169-856-3

ING. MICHAEL BALÍK, *Vysušování zdiva II*; Grada; dotisk 1999, 2000; vydání 1.; ISBN 80-7169-440-1

ING. MICHAEL BALÍK, *Vysušování zdiva III*; Grada; vydání 1; ISBN 80-7169-737-0

ING. MICHAEL BALÍK, *Vysušování zdiva v příkladech*; Grada, 3836. publikace; ISBN 978-80-247-3045-5

ING. ZDENĚK ŠTEFEK, ING. PAVEL ZEJDA, PH.D., DOC. ING. VÁCLAV KUPILÍK, CSC., *Spodní stavba historických budov*; Grada Publishing a.s., 1. vydání, Praha 2016, str. 15; ISBN 978-80-247-4846-7

KOLEKTIV, *Sanace a rekonstrukce staveb 2011*, Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky – WTA CZ, Reprocentrum a.s., Blansko; ISBN 978-80-02-02344-9

Kolektiv, *Poruchy staveb – pomůcka ke cvičení*; ČVUT v Praze; 1. vydání březen 1991

Seznam použitých internetových zdrojů:

07_Vlhkost.pdf; Presentace katedry pozemních staveb; [online], str.10; [cit. 29-04-2017]; Dostupné z:http://kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=3447

ING. MICHAEL BALÍK, CSC.; *Vysušování zdiva podpodlahovými vzduchovými systémy: Podpodlahové sanační dutinové systémy*; [online], [cit. 22-04-2017]; Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/vysusovani-zdiva-vzduchovymi-systemy-podpodlahove-sanacni-dutinove-systemy_N2036

ING. SILVIE KUNHARTOVÁ; *Metody sanací vlhkosti ve stavebních konstrukcích*; [online], publikováno 18.06.2009, [cit. 01-05-2017]; Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/rekonstrukce-staveb/metody-sanaci-vlhkosti-ve-stavebnich-konstrukcich>

Sanace vlhkosti zdiva II: Vkládání dodatečných hydroizolací; [online]; publikováno 18.4.2014; [cit. 05-05-2017]; Dostupné z: <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/sanace-vlhkosti-zdiva-ii-vkladani-dodatecnych-hydroizolaci/>

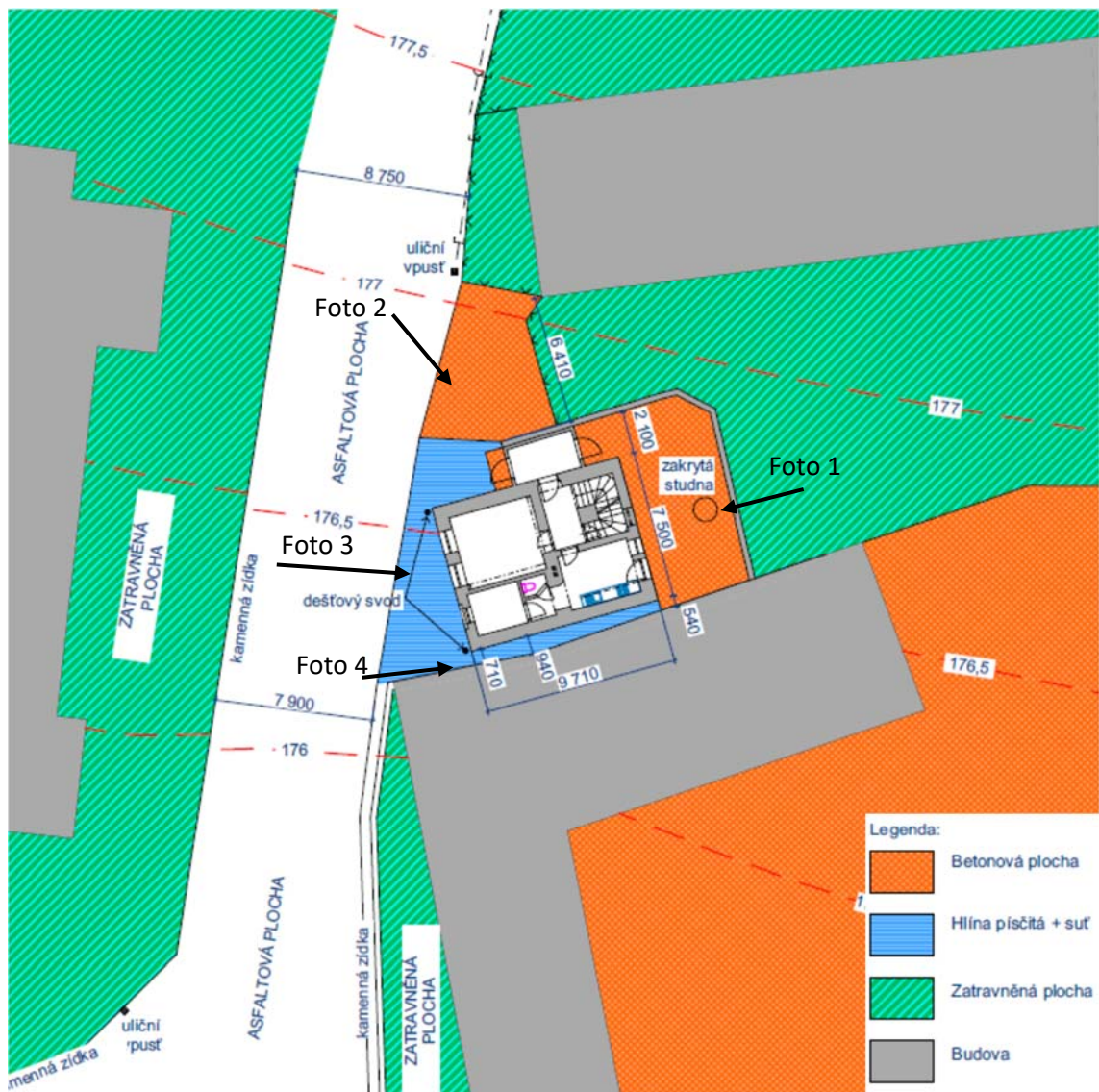
4. Praktická část

4.1. Stavebně technický průzkum budovy a jejího okolí

Město Rtyně nad Bílinou je situováno v Severních Čechách, blízko města Teplice. Terén v městě je členitý, s převýšením 29 m na 600m příčné délky (příčný řez městem). Městem protéká řeka Bílina.

4.1.1. Okolí řešeného objektu

V blízkosti objektu jsou situovány 2 středně velké statky (severně a jižně od objektu) a kostel svatého Martina z roku 1662, v současné podobě od r. 1736. V bezprostřední blízkosti objektu se nachází silnice III. třídy, která prochází mezi řešeným objektem a kostelem. Silnice je vypsádována směrem k objektu. Objekt je obklopen ze západní části nezpevněnou plochou, tvořenou písčitou hlínou a stavební sutí. Z východní části (ve dvorku) je obklopen betonovou plochou. Na jižní straně se nachází mezi řešeným objektem a sousedním objektem nezakrytá křivá mezera, oddělující výše uvedené objekty, o šířce min. 540mm, max. 940mm.



Obr. 37 Situace



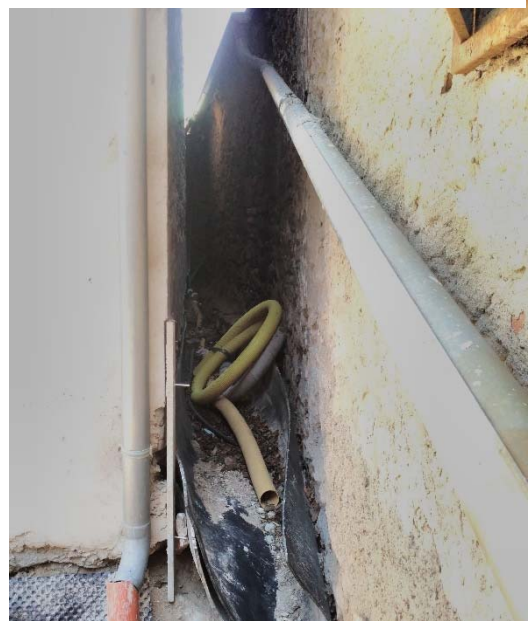
Obr. 38 FOTO 1



Obr. 39 FOTO 2



Obr. 40 FOTO 3



Obr. 41 FOTO 4

4.1.2. Konstrukční popis budovy

Řešená budova je samostatně stojící rodinný dům, vystavěný v 18. století. Na pozemku budovy, se na zadním dvorku nachází zakrytá, již nepoužívaná studna. Dešťové svody jsou svedeny pod úroveň terénu do sběrného dešťového potrubí a dále do dešťové kanalizace. Objekt původně nebyl izolován proti zemní vlhkosti. V rámci hrubé renovace, byla budova po obvodu zakrytá pod úrovní terénu NOP-folií s položenou drenážní trubkou. Trubka není umístěná na jižní straně objektu. Stěny objektu byly omítnuty vápenocementovou omítkou. Krov objektu je původní, nevyměněný. Střešní krytina byla vyměněna za novou, keramickou krytinu. Budova není tepelně izolována.

Objekt je 2-podlažní, částečně podsklepený s půdním prostorem. Konstrukční systém je řešený jako podélný stěnový s klenbovými stropy v 1.PP a 1.NP. V 2.NP jsou stropy dřevěné trámové.

Základové konstrukce:

Reálný stav základů není znám. Dle informací od majitele stavby, jsou základy tvořeny na sebe naskládanými balvany o rozměrech 500mm a většími.

Svislé nosné konstrukce:

Materiál, použitý na svislé nosné konstrukce stěn, je různý. Jsou zde použity vyvřeliny v podobě říčních kamenů čediče a žnělce. Dále jsou zde říční křemenné valouny a občasné vyzdívky z pálené cihly. Svislé nosné konstrukce od ½ 1.NP a výše jsou tvořeny většinou z nepálených cihel. Stěny jsou v exteriéru částečně omítnuté vápenocementovou omítkou. Kvůli nerovnostem stěny, je omítka provedena v různé tloušťce. V interiéru jsou stěny omítnuty jádrovou a štukovou omítkou. Stěny jsou různě tlusté dle podlaží a umístění stěny v objektu. Tloušťky stěn se pohybují od 320mm až po 900mm. Vnitřní nenosné stěny jsou tvořeny pórobetonovými příčkovkami, tl. 200mm.

Vodorovné nosné konstrukce:

Vodorovné nosné konstrukce v 1.PP a 1.NP jsou tvořeny zděnými valenými klenbami s max. vzepětím 300mm.

Podlahy 1.PP: podlaha je zde kamenná z vyvřelin čediče a žnělce. Kameny jsou spojovány vápennou maltou.

Podlahy 1.NP: na klenbách v 1.PP je proveden zásyp ze strusky, dále betonová deska 60mm, cihelná dlažba, tekutá hydroizolace, hydroizolační fólie, polystyrenová tepelná izolace 100mm, vyztužená betonová deska 100mm a nakonec skladba pochozí vrstvy podlahy, tj. dlažba, nebo laminátová podlaha s útlumem kročejovou izolací.

Podlahy 2.NP: na klenbách v 1.NP je proveden zásyp ze strusky, dále dřevěné polštáře, hrubá prkenná podlaha, čistá prkenná podlaha, OSB desky a nakonec skladba pochozí vrstvy podlahy, tj. laminátová podlaha s útlumem kročejovou izolací.

Podlahy 3.NP (podkroví): dřevěné podbití palubkami nebo sádrokartonový pohled na rákosnicích, vzduchová mezera, rákosová omítkou, prkenné podbití, dřevěné trámy a vzduchová dutina, prkenná podlaha.

Krov:

Krov objektu je původní. Je řešený ve stylu stojaté stolice. Kvůli svému opotřebení je na několika místech provedeno dočasné podepření vaznice pomocí sloupků nebo vyzděným cihelným pilířem. Krytina je vyměněná za novou, z keramických tašek.

Výplně otvorů:

Okenní výplně jsou provedeny pomocí plastových oken (dvojsklo). Vstupní dveře do předsíně jsou ocelové. Vstupní dveře do chodby z předsíně jsou kombinované plastové/ocelové. Vnitřní dveřní výplně jsou dřevěné.

Inženýrské sítě:

Objekt je napojen na vodovod, plynovod, kanalizaci (splaškovou i dešťovou), a elektřinu. Všechny tyto přípojky kromě elektřiny jsou provedeny na západní části objektu. Přípojka elektřiny je provedena na severní části fasády.

Využití objektu



Obr. 42 Inženýrské sítě

4.1.3. Využití objektu**1.PP:**

Objekt je částečně podsklepený. Podsklepená část se v současné době využívá jako sklad.

1.NP:

V přízemí se nachází předsíň v severní části objektu. Obývací pokoj a koupelna je orientována na západ. Kuchyň a prostor schodiště je orientován na východ. Chodba probíhá vprostřed dispozice objektu. V exteriéru se dále nachází dvorek, orientovaný na východ. V současné době slouží jako skladová plocha.

2.NP:

Zde se nachází ložnice a 1. pokoj, orientovaný na západ. Dále 2. pokoj a prostor schodiště orientovaný na východ. Chodba a sklad se nachází vprostřed dispozice, sklad je umístěný u severní stěny objektu.

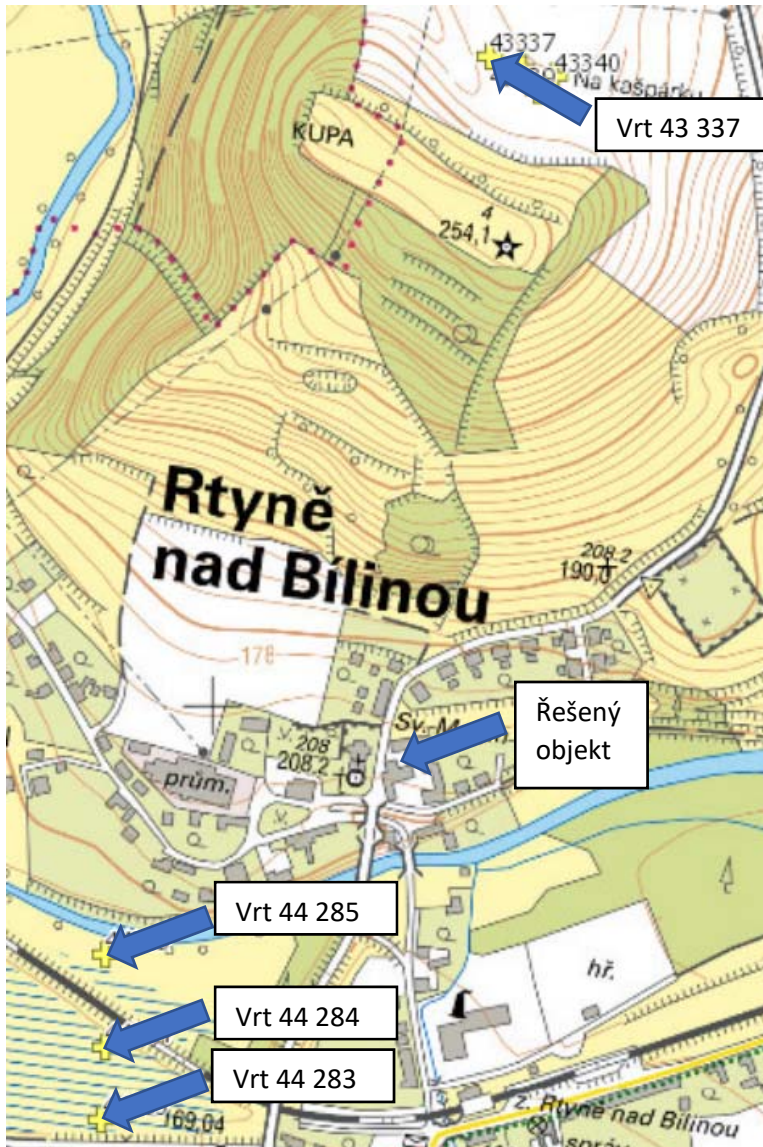
Podkroví:

Podkroví se využívá v současné době jako skladiště aktuálně nepotřebných věcí.

4.2. Gelogické a hydrogeologické podmínky v podloží

Údaje po geotechnických a hydrogeologických podmínkách v podloží jsou zjištěny z geologických vrtů a alternativně z geologické mapy okolí. Údaje poskytl česká geologická služba Geology.cz

Použité vrty se nacházejí v okolí objektu do max. vzdálenosti 630m



Použité vrty:

- 44 337;
- 44 285;
- 44 284;
- 44 283.

Vzdálenosti vrtů (vzdušnou čarou) od řešeného objektu:

Vrt – vzdálenost [m]

- 44 337 – 630m
- 44 285 – 300m
- 44 284 – 355m
- 44 283 – 400m

Obr. 43 Rozmístění vrtů

Zdroj: GEOLOGY.CZ

Údaje z vrtů:

Vrt 43 337:

Tab. 10 Vrt 43 337

V 43 337		
hloubka [m]	hornina	zatřídění dle čsn 73 3050
0,0-0,3	ornice, hnědá, měkká	-
0,3-0,8	jíl, žlutohnědý, tuhý	-
0,8-2,0	jíl, žlutohnědý, měkký	-
2	konečná hloubka sondy	-

hladina podzemní vody (ustálená): 0,2 m pod terénem

Chemický rozbor vody z vrtu 43 337:

197/1511/PÚ - 79 25-6-13497/40
160

V ý p i s

ze zprávy čís. o rozboru vody

Rekultivace Žichlice

Odběr vody: místo
datum

Zdroj vody:sonda.....Z.ř. 1, hloubka 0,20 m

Zjevné vlastnosti vzorku vody:

vzhled - zákal, bez sedimentu, bez zápachu

Chemický rozbor:

pH	6,59	CO ₂ : vázaný	25,30 mg/l
Nerosp.látky suš.	- mg/l	volný	27,72 mg/l
Ztr.ner.l.žiháním	- mg/l	příslušný	0,7 mg/l
Odparek sušený	- mg/l	CO ₂ útoč.na železo	27,02 mg/l
Manganistan. čís.	- mg O ₂ /l	útoč.na vápno	24,60 mg/l
Tvrdost přechod.	3,22 °N	Sířany	573,55 mg SO ₄ /l
Tvrdost stálá	29,82 °N	Chloridy	59,62 mg Cl/l
Tvrdost celková	33,04 °N	NH ₄ ⁺	-
Vápník	144,29mg Ca/l	H ₂ S	-
Hořčík	55,94mg Mg/l	Alkalické bikarbon.	-
Zásad.na methylo.	1,15 mval/l	Minerální kyseliny	15,29 umol/l
Zásad.na fenolftal.	- mval/l	Obsah celkového Fe	0,15 mg/l
Kysel.na fenolftal.	0,63mval/l		

x neurčeno pro přítomnost alkal. bikarbon.

Z á v ě r :

Porovnáním výsledků chemického rozboru vzorku vody s hodnotami základních ukazatelů agresivního prostředí dle ČSN 73 1215 vyplývá, že kapalně prostředí vykazuje střední agresivitu "na". Dle ČSN 73 1214 je nutné použít kombinaci primární a sekundární ochrany.

Obr. 44 Chemický rozbor vody vrtu 43 337

Zdroj: ARCHÍV ČESKÉ GEOLOGICKÉ SLUŽBY

Praktická část

Vrt 44 283:

Tab. 11 Vrt 44 283

V 44 283		
hloubka [m]	hornina	zatřídění dle čsn 73 3050
0,0-0,7	organogenní náplav, černošedý, jílovitý	3. třída
0,7-0,9	písek střednězrný, zahliněný, žlutobílý	2.třída
0,9-1,7	organogenní náplav, černošedý, jílovitý	3. třída
1,7-2,1	písek střednězrný, zahliněný, žlutobílý	2.třída
2,1	konečná hloubka sondy	

hladina podzemní vody (ustálená): 0,2 m pod terénem

Vrt 44 284:

Tab. 12 Vrt 44 284

V 44 284		
hloubka [m]	hornina	zatřídění dle čsn 73 3050
0,0-1,6	organogenní náplav, černošedý, jílovitý	3. třída
1,6-1,9	písek střednězrný, zahliněný, žlutobílý	2.třída
1,9-2,1	organogenní náplav, černošedý, silně písčité	3. třída
2,1-2,4	písek střednězrný, zahliněný, žlutobílý	2.třída
2,4-2,6	hlinitý štěrk, šedobílý, zvodnělý	4.třída
2,6	konečná hloubka sondy	

hladina podzemní vody (ustálená): 0,3 m pod terénem

Vrt 44 285:

Tab. 13 Vrt 44 285

V 44 285		
hloubka [m]	hornina	zatřídění dle čsn 73 3050
0,0-0,6	organogenní náplav, černošedý, jílovitý	3. třída
0,6-0,8	písek střednězrný, zahliněný, žlutobílý	2.třída
0,8-1,6	hrubozrný písek, zahliněný, žlutobílý, zvodnělý	2. třída
1,6	konec sondy odpor, dále nelze vrtat	
	hrubozrné štěrky, suť ?	

hladina podzemní vody (ustálená): 0,6 m pod terénem

AGROPROJEKT
závod Liberec, U Nisy 6a
tel. 206 41-5

Číslo rozboru 65/02

ZKRÁCENÝ CHEMICKÝ ROZBOR VODY

Místo odběru okres

zdroj vody vzorek odebral dne 20.9.1982

teplota vzduchu °C tvrdost celková 28,3 °n

teplota vody °C tvrdost uhličitánová 24,4 °n

P_H 7,7 tvrdost neuhličitánová 4,4 °n

alkalita 0,1 mval/l Ca 87,3 mg/l

acidita 0,6 mval/l Mg 72,0 mg/l

CO₂ volný 26,4 mg/l SO₄ 65,7 mg/l

CO₂ vázaný 191,4 mg/l

CO₂ agresivní 0 mg/l

Útočnost vody (dle tabulky 22 ČSN 73 1001):

Druh útočnosti vody	Beton v prostředí					
	velmi propustném		středně propustném		málo propustném	
	PC	SPC	PC	SPC	PC	SPC
Vyluhující	neří	neří	neří	neří	neří	neří
Kyselostní	neří	neří	neří	neří	neří	neří
Uhlíčitá	neří	neří	neří	neří	neří	neří
Síranová	je	neří	neří	neří	neří	neří
Hofečnatá	neří	neří	neří	neří	neří	neří

Poznámka:

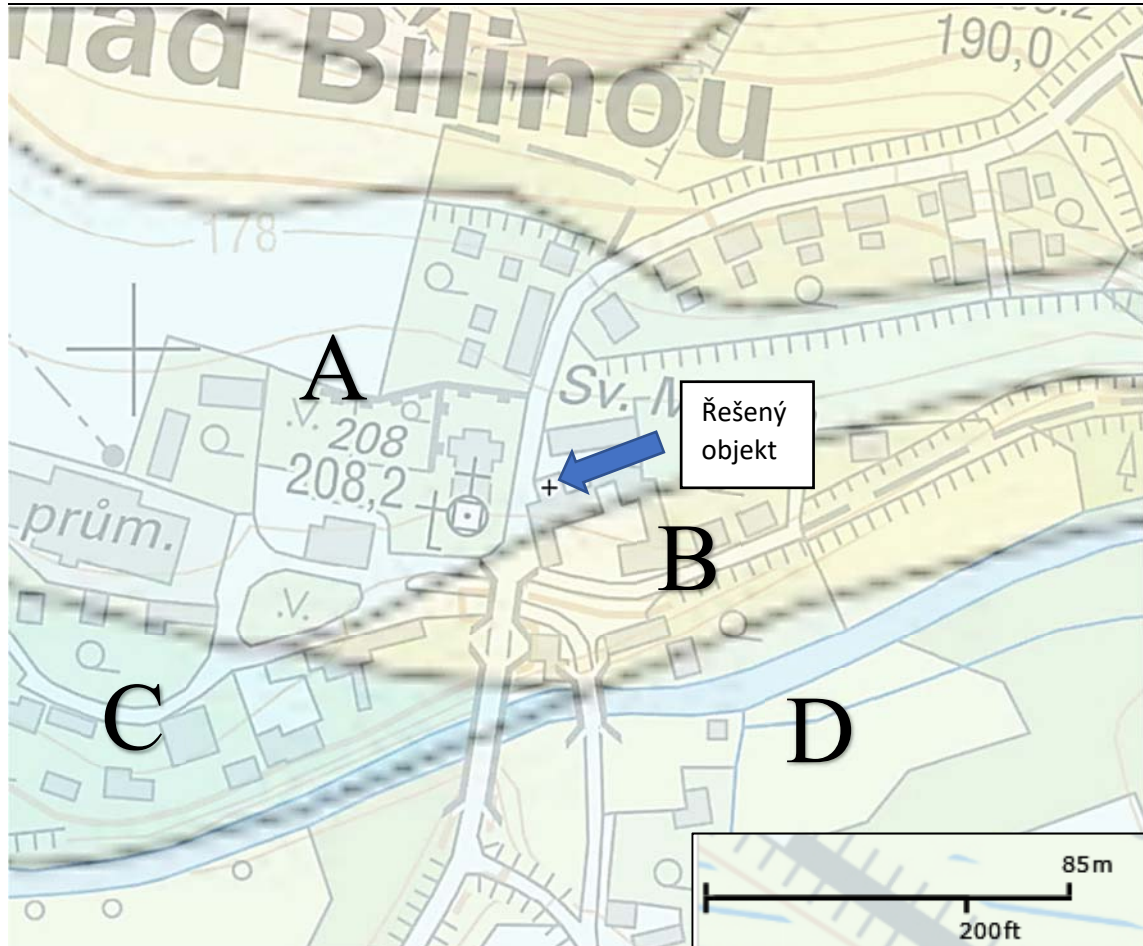
PC — nechráněný základový beton z portlandského cementu

SPC — nechráněný základový beton ze struskoportlandského cementu

V Liberci

AGROPROJEKT
Výpracovala: J. Gánsková PODPH
PROJEKTOVÝ A INŽENÝRSKÝ ÚSTAV
V PRAZE
ZÁVOD V LIBERCI, U NISY 6a

SG 01 - 1130523 - 78



Obr. 46 Geologická mapa

Zdroj: GEOLOGY.CZ

Legenda:

- A – písek, štěrk (kvartér)
- B – hlína, písek (kvartér)
- C – písek, štěrk (kvartér)
- D – hlína, písek, štěrk (kvartér)

4.3. Vady a poruchy objektu**Exteriér:**

- Západní stěna vykazuje u paty zvýšenou vlhkost, projevující se opadanou omítkou do výšky cca 300mm. (FOTO 3); *Výkresy: Pohled západní*
- Jižní stěna je z důvodu obtížné přístupnosti z velké části neomítnutá. Omítka se nachází jen u paty stěny a pak na pravé horní části stěny.

(FOTO 4); *Výkresy: Pohled Jižní*

- Východní stěna vykazuje zvýšenou vlhkost, projevující se opadanou omítkou až nad horní část oken v 1.NP. Dále se zde vyskytují trhliny, přibližně vprostřed objektu. Trhlina se nachází zhruba od 1,8m nad terénem a pokračuje až k podlaze 3.NP (podkroví). Další trhliny se nachází v pravém dolním rohu okna v podkroví, v délce cca 1m, pod úhlem cca 45° směrem dolů.

Trhliny se projevují jako dočasně neaktivní, v interiéru nejsou trhliny vidět. (FOTO 1, 1.1); *Výkresy: Pohled Východní*

- Severní stěna vykazuje jen zvýšenou vlhkost u paty stěny, projevující se opadanou omítkou do výšky cca 150mm. (FOTO 2); Výkresy: Pohled Severní



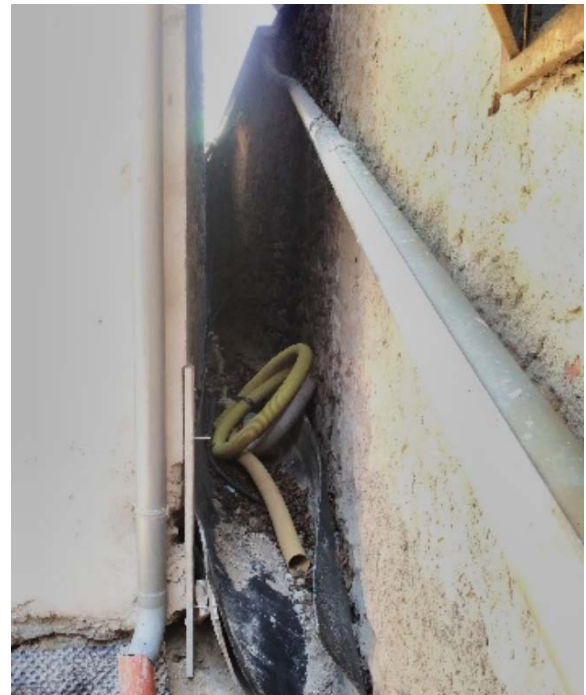
ext. 1 FOTO 2



ext. 3 FOTO 1



ext. 4 FOTO 3



ext. 2 FOTO 4



ext. 5 FOTO 1,1

Interiér 1.PP:

- Podsklepená část objektu se nachází pod schodištěm a obývacím pokojem. Ve vzduchu je cítit zvýšená vlhkost. Teplota je zde citelně nižší.
 - Stěny sklepa jsou neomítnuté. Materiál stěn jsou říční kameny (čedič, znělec, křemen) a nepálené cihly.
 - Podlaha je kamenná, nezakrytá.
 - Klenba sklepa je provedena z cihel. Klenba je neomítnutá.
- (FOTO 0,1; 0,2); Výkresy: Půdorys 1.PP, Řez A-A, Řez B-B



int. 1 FOTO 0,2



int. 2 FOTO 0,1

Interiér 1.NP:

- **Obývací pokoj** – zde se vyskytuje zvýšená vlhkost, projevující se vlhkými mapami u paty severní stěny. (FOTO 1,0; 1,1; 1,2) Dále se zde vyskytuje vypouklá a opadaná omítka v pravém dolním rohu místnosti. (FOTO 1,3; 1,4); *Výkresy: Půdorys 1.NP, Řez A-A, Řez B-B*
- **Koupelna** – zde se projevují plísně v rozích místnosti na jižní stěně. (FOTO 1,6); *Výkresy: Půdorys 1.NP*
- **Chodba** – zde se vyskytuje zvýšená vlhkost vlhkou oblastí nad obkladem na jižní stěně. (FOTO 1,5); *Výkresy: Půdorys 1.NP*

Ostatní místnosti v 1.NP nevykazují vady ani poruchy

Praktická část



int. 3 FOTO 1,0



int. 4 FOTO 1,1



int. 6 FOTO 1,3



int. 5 FOTO 1,2



int. 7 FOTO 1,4



int. 8 FOTO 1,5



int. 9 FOTO 1,6

Interiér 2.NP:

- Pokoj 1 – zde se vyskytuje zvýšená vlhkost, projevující se vlhkou mapou v rohu místnosti na jižní stěně. (FOTO 2,1); Výkresy: Půdorys 2.NP
- Pokoj 2 – zde se vyskytuje jako v pokoji 1 zvýšená vlhkost, projevující se vlhkou mapou v rohu místnosti na jižní stěně. (FOTO 2,2); Výkresy: Půdorys 2.NP



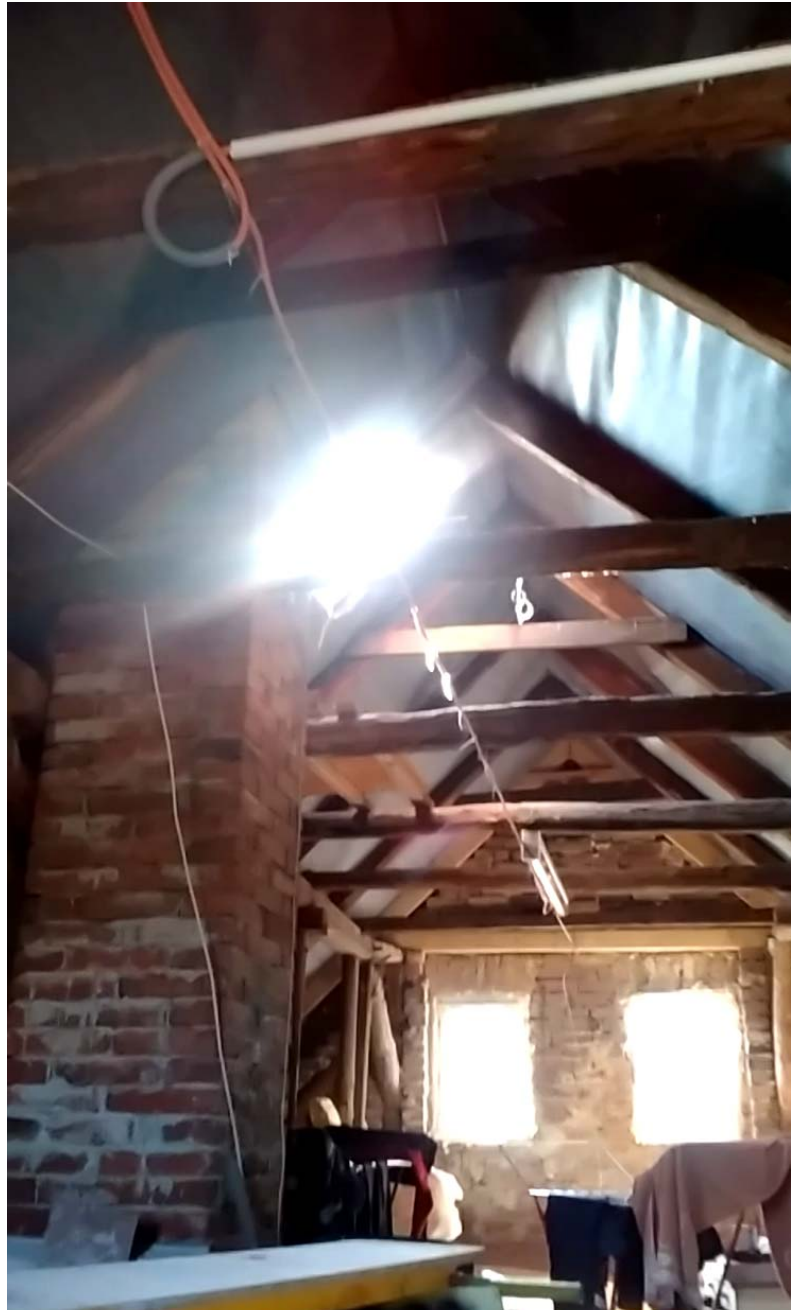
int. 10 FOTO 2,1



int. 11 FOTO 2,2

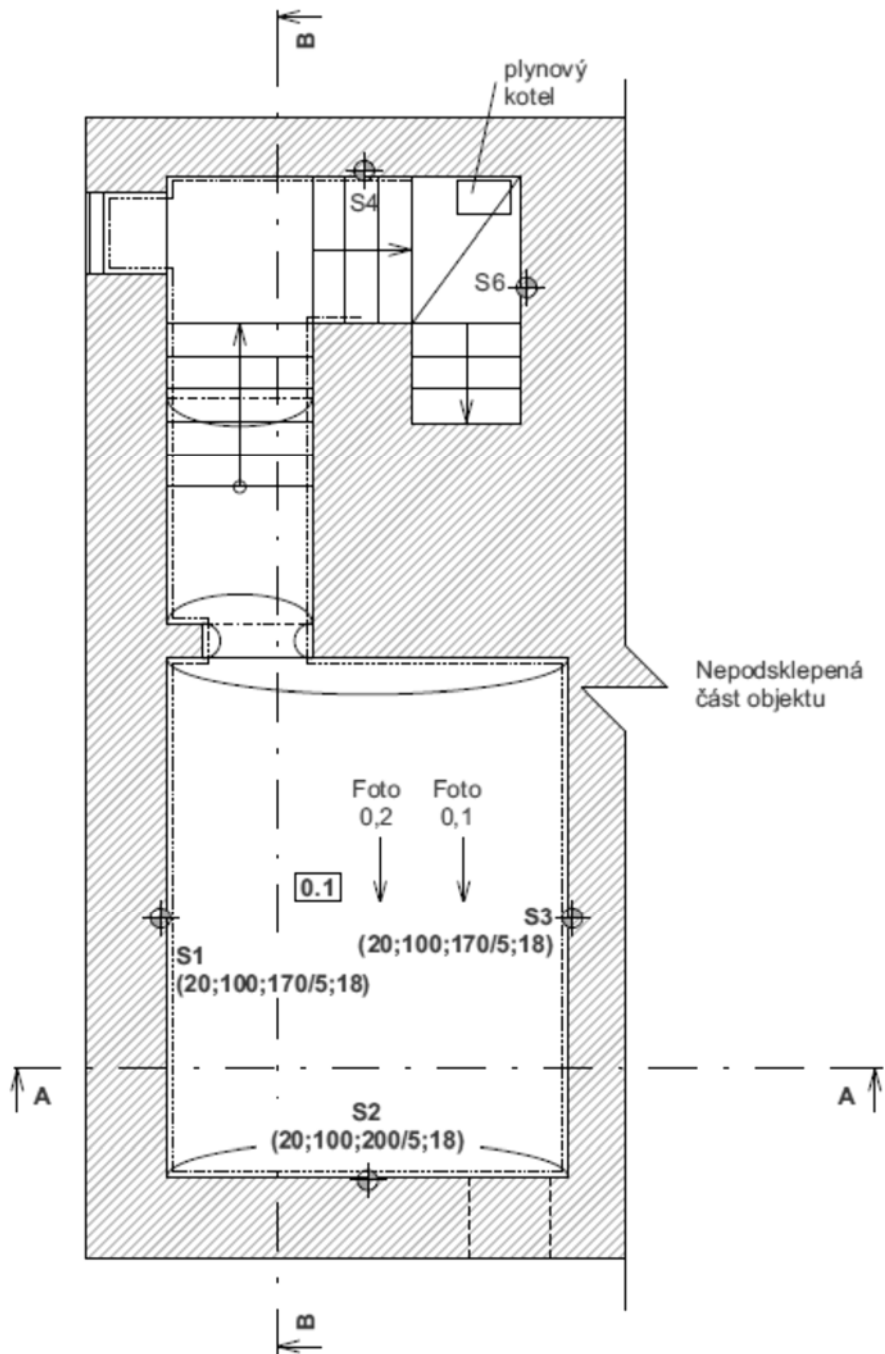
Interiér podkroví:

- Podlaha podkroví je dřevěná z prken.
- Stěny jsou neomítnuté z režných cihel.
- Krov je postaven jako stojatá stolice. Dřevěné konstrukční prvky krovu jsou původní nevytěžené.
- Zastřešení je nové, z keramických tašek.
- Podkroví je nezateplené (FOTO 3,0); Výkresy: Řez A-A, Řez B-B








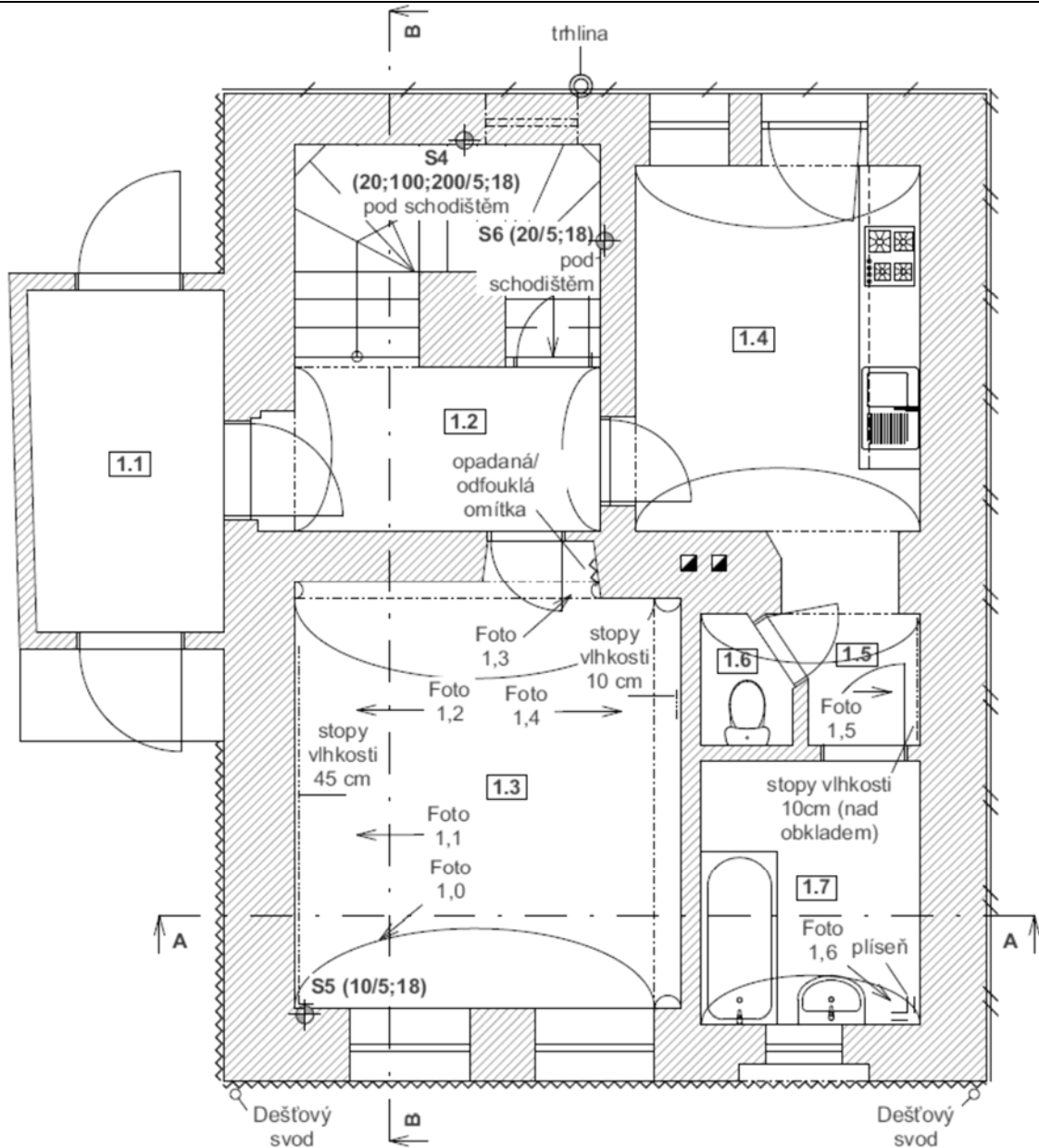
int. 12 FOTO 3,0

4.3.1. Výkresy s vyznačenými poruchami:












Výkres 1 Půdorys 1.PP

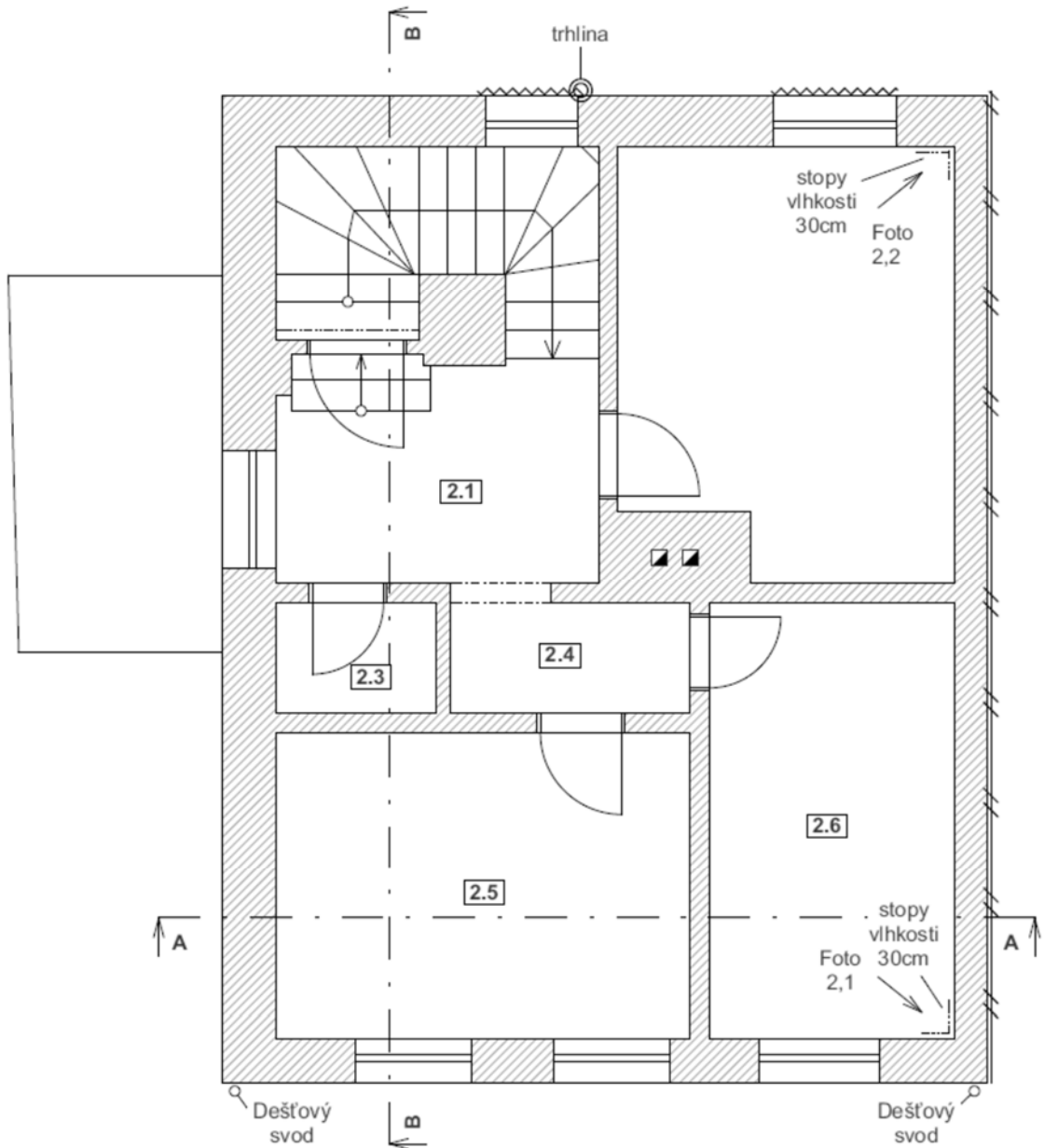
-  Opadaná/odfouklá omítka do 0,5m
-  Opadaná/odfouklá omítka do 1,0m
-  Opadaná/odfouklá omítka do 2,0m
-  Opadaná/odfouklá omítka od 2,0m a výš
-  Stopy vlhkosti, vysychací mapy
-  Plíseň
-  Vodorovná trhlina (0°)
-  Svislá trhlina (90°)
-  Místo odběru sondy (výška/hloubka) [cm]



Výkres 2 Půdorys 1.NP










Legenda:

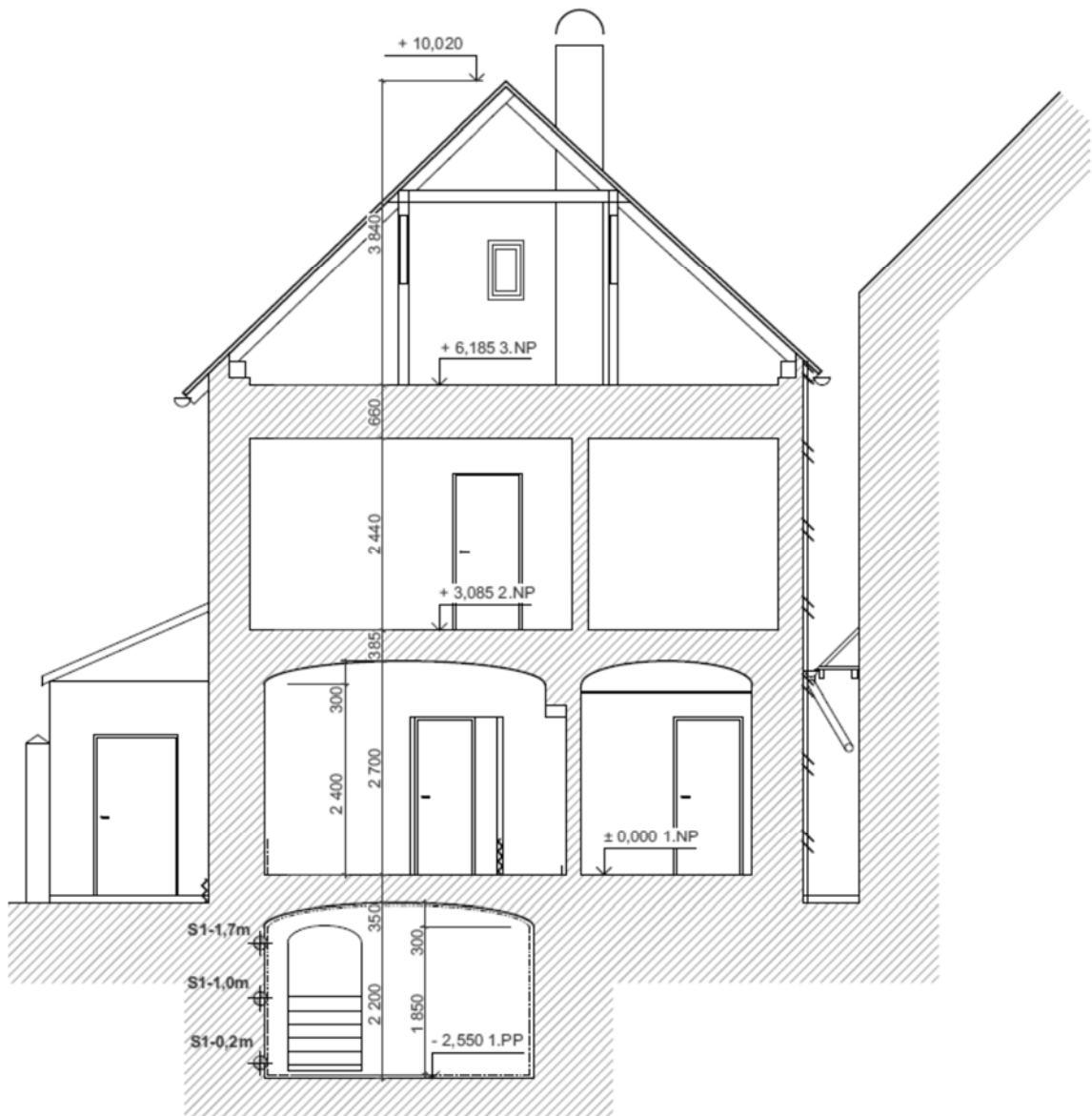
-  Opadaná/odfouklá omítka do 0,5m
-  Opadaná/odfouklá omítka do 1,0m
-  Opadaná/odfouklá omítka do 2,0m
-  Opadaná/odfouklá omítka od 2,0m a výš
-  Stopy vlhkosti, vysychací mapy
-  Plíseň
-  Vodorovná trhlina (0°)
-  Svislá trhlina (90°)
-  Místo odběru sondy (výška/hloubka) [cm]



Výkres 3 Půdorys 2.NP









Legenda:

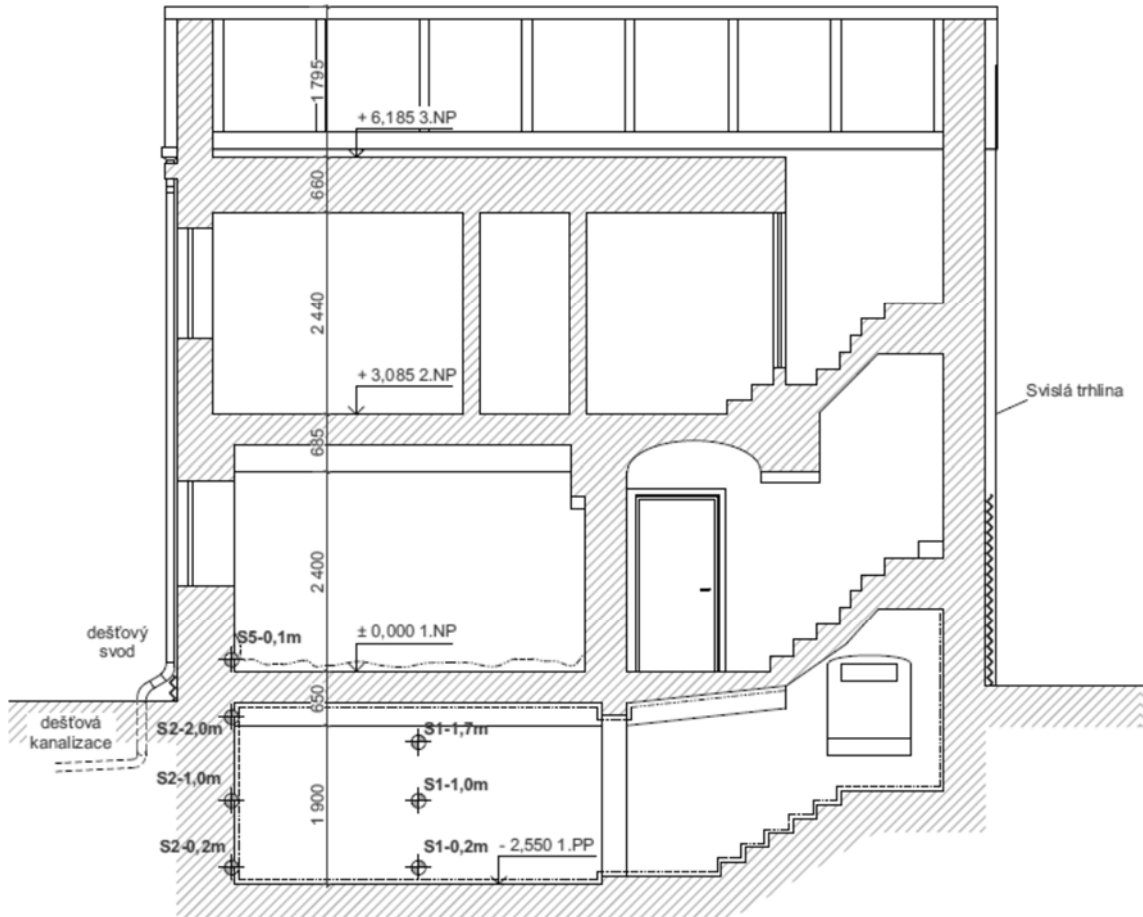
-  Opadaná/odfouklá omítka do 0,5m
-  Opadaná/odfouklá omítka do 1,0m
-  Opadaná/odfouklá omítka do 2,0m
-  Opadaná/odfouklá omítka od 2,0m a výš
-  Stopy vlhkosti, vysychací mapy
-  Plíseň
-  Vodorovná trhlina (0°)
-  Svislá trhlina (90°)
-  Místo odběru sondy (výška/hloubka) [cm]



Výkres 4 Řez A-A









Legenda:

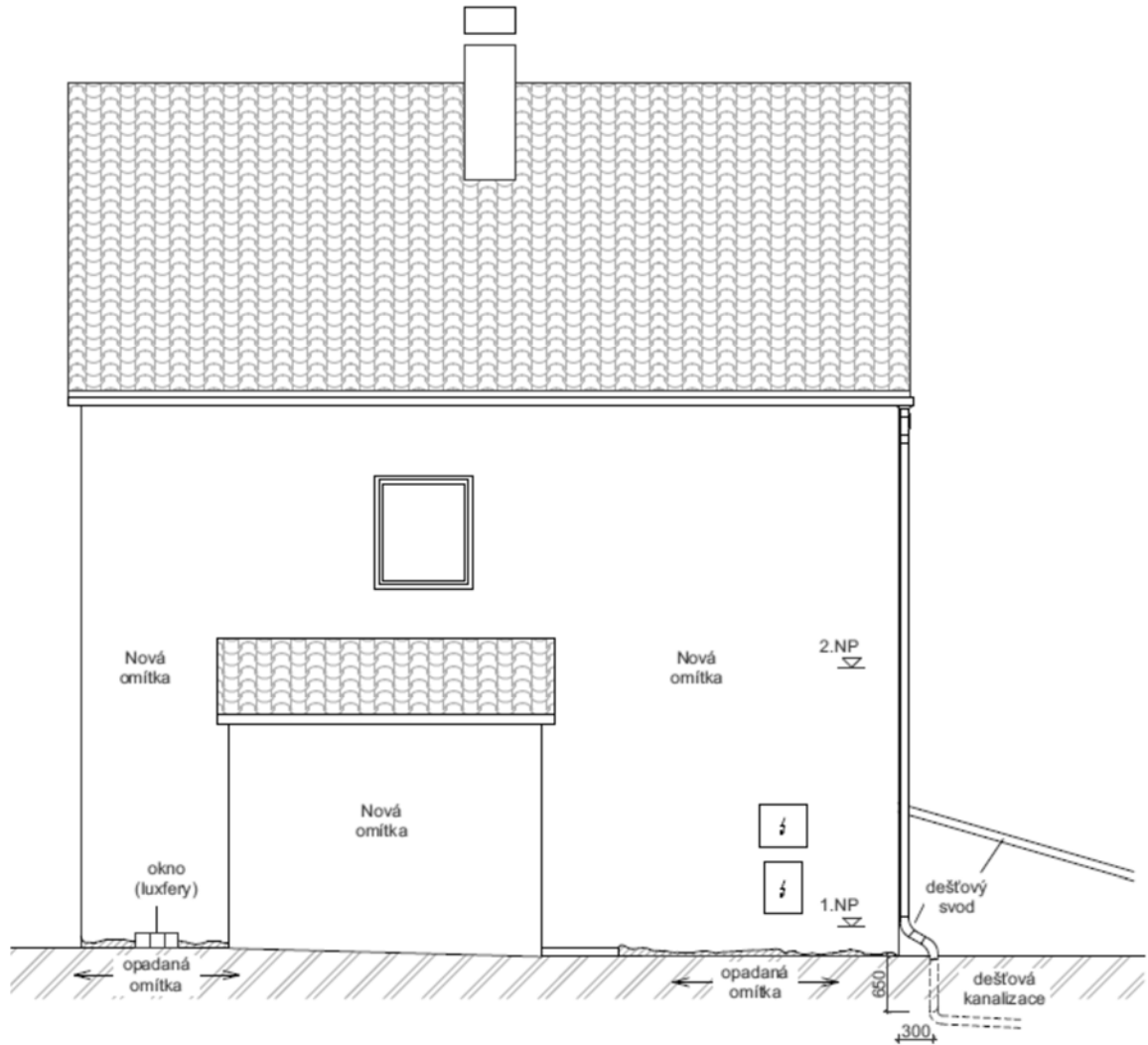
-  Opadaná/odfouklá omítka do 0,5m
-  Opadaná/odfouklá omítka do 1,0m
-  Opadaná/odfouklá omítka do 2,0m
-  Opadaná/odfouklá omítka od 2,0m a výš
-  Stopy vlhkosti, vysychací mapy
-  Plíseň
-  Vodorovná trhlina (0°)
-  Svislá trhlina (90°)
-  Místo odběru sondy (výška/hloubka) [cm]



Výkres 5 Řez B-B


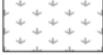



Legenda:

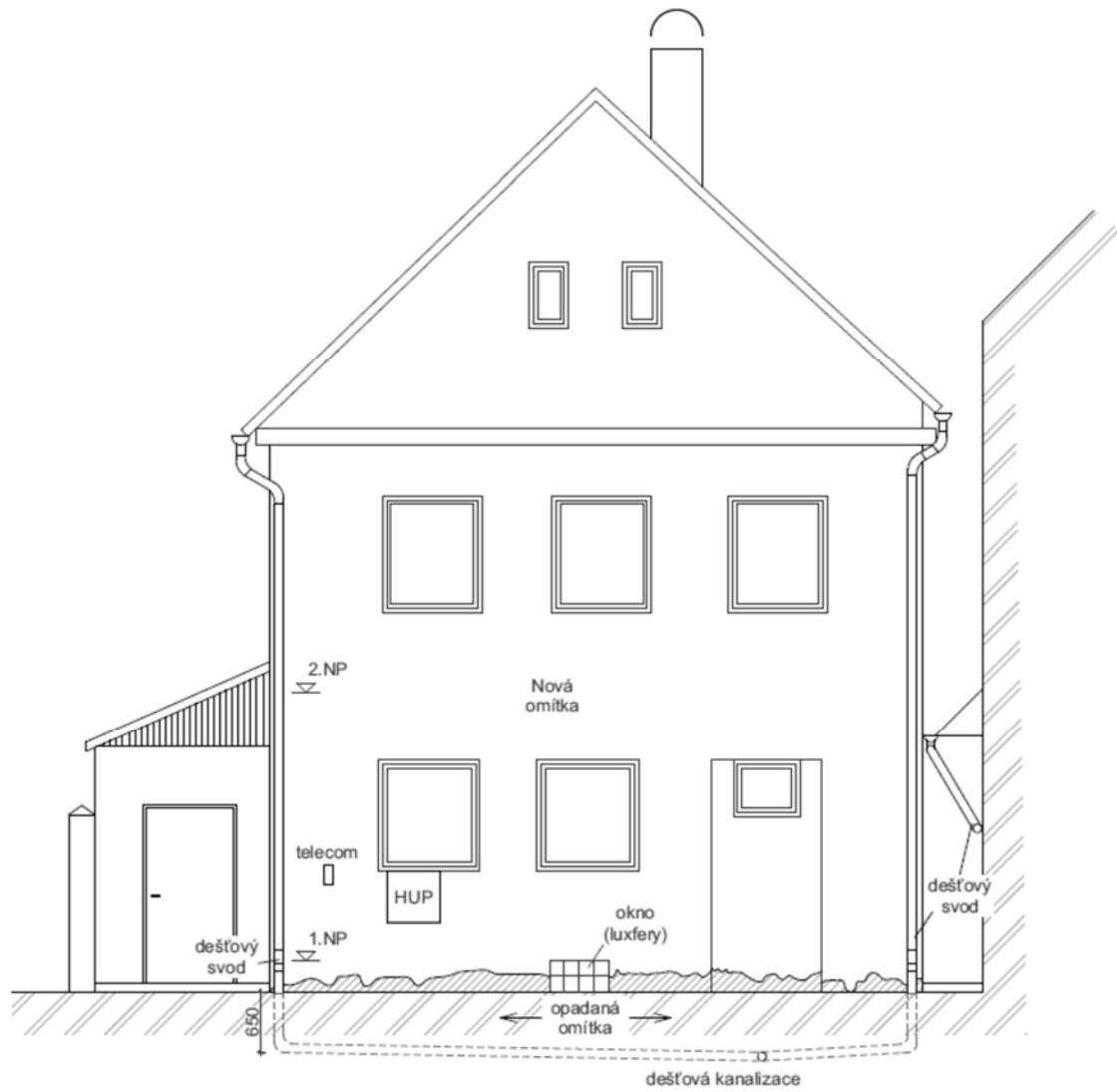
-  Opadaná/odfouklá omítka do 0,5m
-  Opadaná/odfouklá omítka do 1,0m
-  Opadaná/odfouklá omítka do 2,0m
-  Opadaná/odfouklá omítka od 2,0m a výš
-  Stopy vlhkosti, vysychací mapy
-  Plíseň
-  Vodorovná trhlina (0°)
-  Svislá trhlina (90°)
-  Místo odběru sondy (výška/hloubka) [cm]



Výkres 6 Pohled Severní






Legenda:

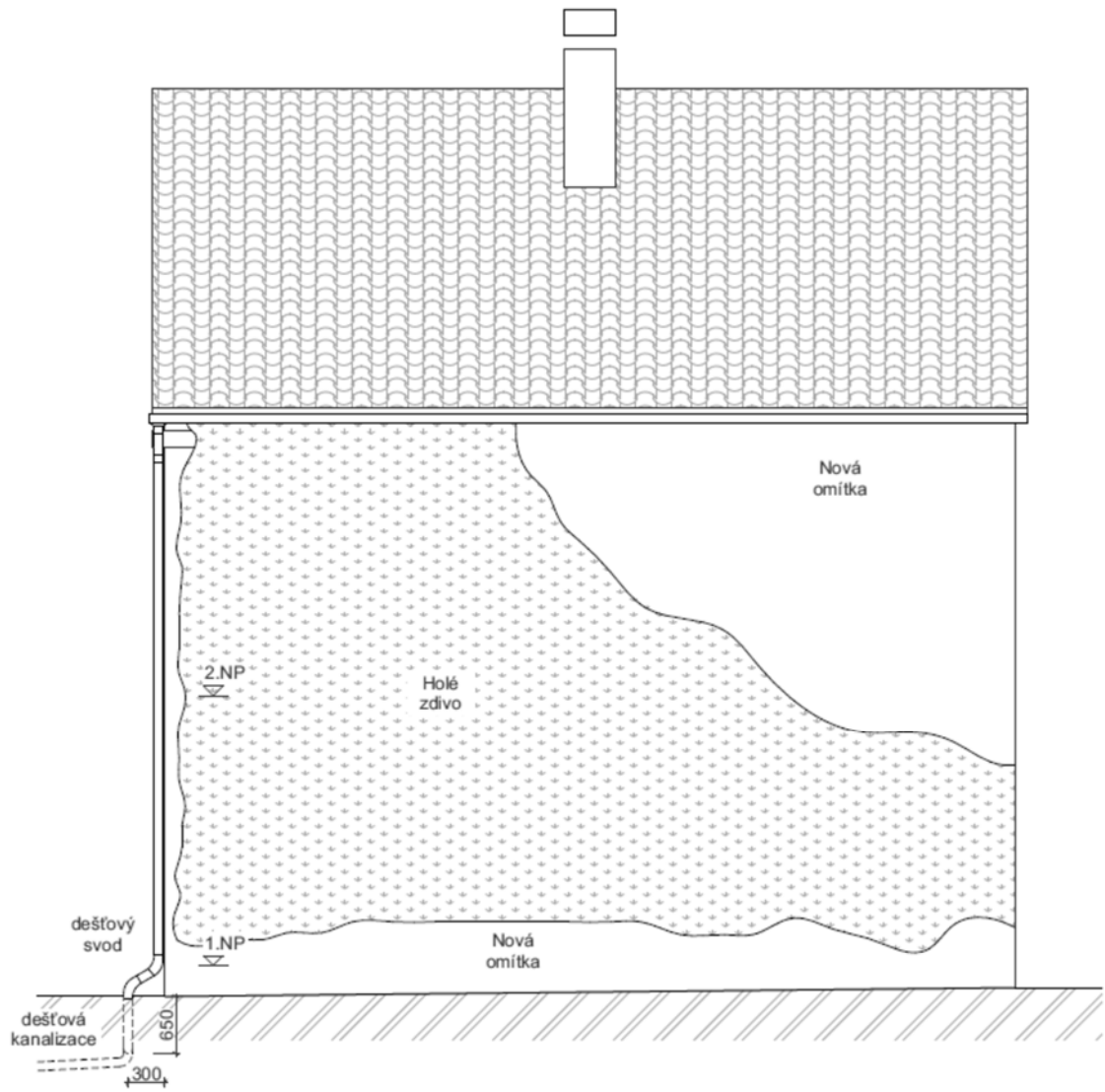
-  Opadaná omítka
-  Holé zdivo
-  Původní/nová omítka
-  Jiný materiál/objekt
-  Trhlina



Výkres 7 Pohled Západní


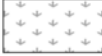



Legenda:

-  Opadaná omítka
-  Holé zdivo
-  Původní/nová omítka
-  Jiný materiál/objekt
-  Trhlina








Výkres 8 Pohled Jižní

Legenda:

-  Opadaná omítka
-  Holé zdivo
-  Původní/nová omítka
-  Jiný materiál/objekt
-  Trhlina



Legenda:

-  Opadlá omítka
-  Holé zdivo
-  Původní/nová omítka
-  Jiný materiál/objekt
-  Trhlina

4.3.2. Výkresová dokumentace

Výkresy skutečného provedení stavby jsou obsaženy v příloze projektu.

4.4. Odběry vzorků

Vzorky byly odebírány v interiéru budovy, a to v 1.PP a 1.NP. Výškově byly odebrány v 0,1m 0,2m 1,0m 1,7m 2,0m. Hloubkově byly odebrány z 50 a 180 mm. Celkem bylo odebráno 28 vzorků.

Vzorky byly odebrány navrtáním zdi, pomocí elektrické přiklepové vrtačky s vrtákem na beton, o průměru 2 cm. Poté byly vzorky uloženy do plastových pytlíků s plynotěsným zipem. V období před testováním, byly vzorky uloženy v chladničce.

4.5. Testování vzorků - vlhkost

Vzorky byly nejprve zváženy na laboratorní váze [KERN PLE 4200-2N] (Obr. 49) ve svém vlhkém stavu, pak byly ponechány v oddělených miskách v přepravce 2 týdny v laboratoři, kde se přirozeně předsušily. (Obr. 47, 48)



Obr. 48 Vzorky v přepravce 1



Obr. 50 Laboratorní váhy KERN PLE 4200-2N



Obr. 49 Vzorky v přepravce 2

Praktická část

Po předsušení, se vzorky umístily do laboratorní sušárny HS 201A (Obr. 50), a ponechaly se pro konečné vysušení na 5 dní. Po uplynutí 5-ti dnů, se vzorky ze sušárny vyjmuly a znovu zvažily na laboratorní váze [KERN PLE 4200-2N] (Obr. 49). Poté se vypočítala procentuální hmotnost [%] w_m ubylé vody dle vzorce:

$$w_m = (M_w - M_d) / M_w * 100 [\%]$$

kde M_w je váha mokrého vzorku [g]

M_d je váha vysušeného vzorku [g]



Obr. 51 Laboratorní sušárna HS 201A

Přehled procentuálních hmotností vzorků (sond):

Vlhkost vzorků byla vyhodnocena dle ČSN P 73 0610

Tab. 14 Vlhkosti dle ČSN P 730610

rozsah	vlhkost	barva
$w_m < 3\%$	Velmi nízká	modrá
$3\% \leq w_m < 5\%$	Nízká	zelená
$5\% \leq w_m < 7,5\%$	Zvýšená	žlutá
$7,5\% \leq w_m < 10\%$	Vysoká	oranžová
$w_m > 10\%$	Velmi vysoká	červená

Tab. 15 Vlhkosti - sonda S1

sonda	hloubka 50 [mm]			hloubka 180 [mm]			výška [m]
	0,2	1	1,7	0,2	1	1,7	
S1	35,95	45,49	38,04	39,25	34,16	32,33	váha mokrá [g]
	32,54	42,15	33,58	35,29	31,43	28,11	váha suchá [g]
	3,41	3,44	4,46	3,96	2,73	4,22	rozdíl [g]
	9,49	7,55	11,72	10,09	7,99	13,05	[%] w_m

Tab. 16 Vlhkosti - sonda S2

sonda	hloubka 50 [mm]			hloubka 180 [mm]			výška [m]
	0,2	1	2	0,2	1	2	
S2	51,17	31,76	32,42	43,53	39,76	35,69	váha mokrá [g]
	40,16	27,26	27,43	34,06	32,79	29,76	váha suchá [g]
	11,01	4,50	4,99	9,47	6,97	5,93	rozdíl [g]
	21,52	14,17	15,39	21,76	17,53	16,62	[%] w_m

Praktická část

Tab. 17 Vlhkosti - Sonda S3

sonda	hloubka 50 [mm]			hloubka 180 [mm]			výška [m]
	0,2	1	1,7	0,2	1	1,7	
S3	30,29	37,71	36,75	36,77	54,28	32,70	váha mokrá [g]
	25,97	33,13	33,38	31,58	46,90	23,40	váha suchá [g]
	4,32	4,58	3,37	5,19	7,38	9,30	rozdíl [g]
	14,26	12,15	9,17	14,11	13,60	28,44	[%] wm

Tab. 18 Vlhkosti - sonda S4

sonda	hloubka 50 [mm]			hloubka 180 [mm]			výška [m]
	0,2	1	2	0,2	1	2	
S4	53,02	29,88	29,48	30,97	57,09	57,6	váha mokrá [g]
	44,37	26,3	28,46	25,37	50,38	55,28	váha suchá [g]
	8,65	3,58	1,02	5,60	6,71	2,32	rozdíl [g]
	16,31	11,98	3,46	18,08	11,75	4,03	[%] wm

Tab. 19 Vlhkosti - sonda S5

sonda	hl. 50 [mm]	hl. 180 [mm]	výška [m]
	0,1	0,1	
S5	31,56	35,09	váha mokrá [g]
	28,99	29,39	váha suchá [g]
	2,57	5,70	rozdíl [g]
	8,14	16,24	[%] wm

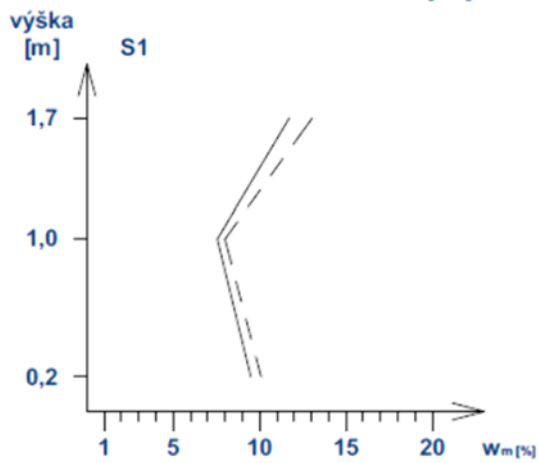
Tab. 20 Vlhkosti - sonda S6

sonda	hl. 50 [mm]	hl. 180 [mm]	výška [m]
	0,2	0,2	
S6	31,11	37,63	váha mokrá [g]
	28,62	34,43	váha suchá [g]
	2,49	3,2	rozdíl [g]
	8,00	8,50	[%] wm

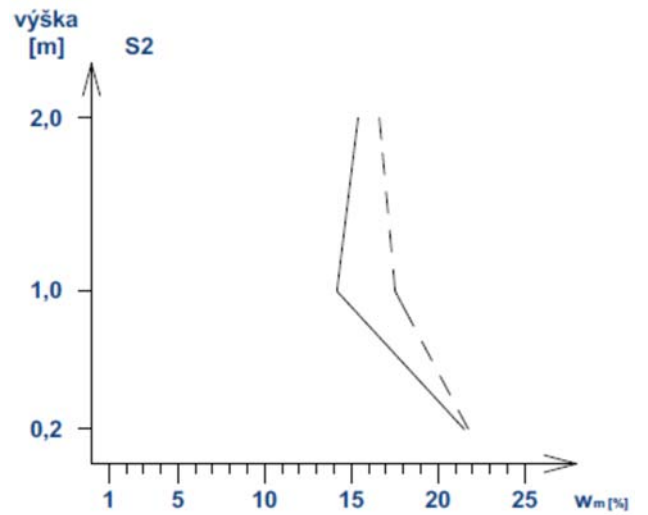
Praktická část
Vlhkostní profily sond:

legenda:

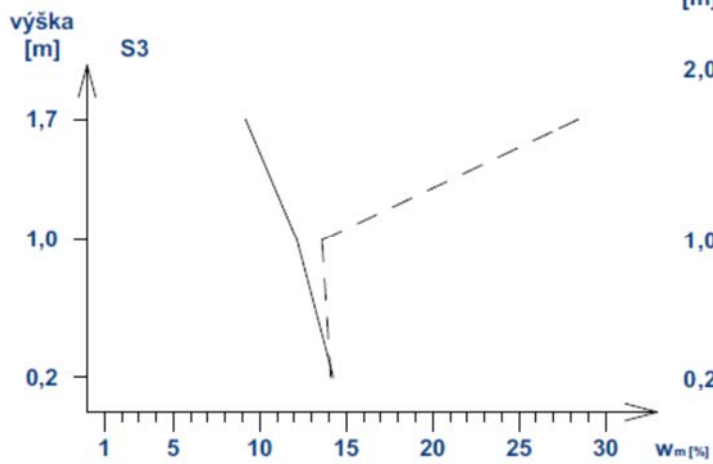
- • hloubka 50 [mm]
- - • hloubka 180 [mm]



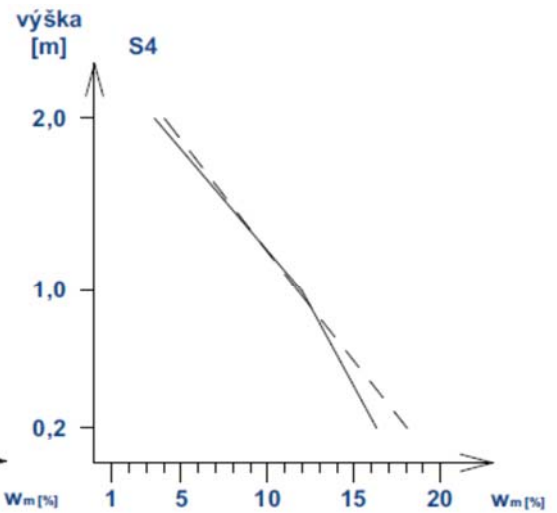
graf 2 Sonda S1



graf 1 Sonda S2

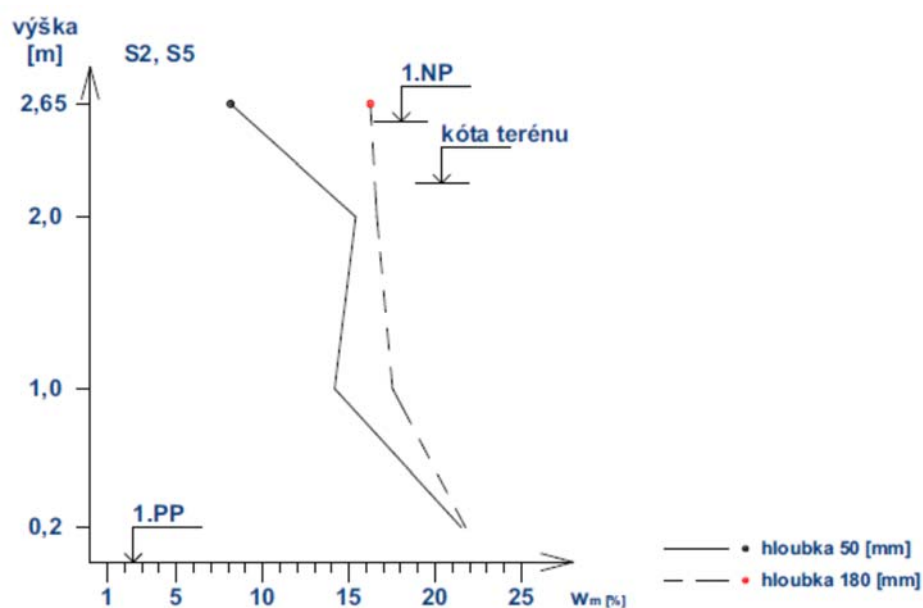


graf 3 Sonda S3



graf 4 Sonda S4

Jelikož sondy S2 a S5 byly provedeny zhruba nad sebou, následující graf ukazuje vlhkostní profil v 1.PP a 1.NP v návaznosti na sebe. Viz. Výkresy: Půdorys 1.PP, Půdorys 1.NP, Řez B-B



graf 5 Sonda S2 a S5

Vyhodnocení vlhkostních profilů je obsaženo v kapitole 3.5. Vyhodnocení výsledků.

4.6. Testování vzorků – chemismus

Na testování chemismu zdiva, byly vybrány 3 sondy, a to S1, S2 a S5. Konkrétně byly vybrány vzorky:

- S1 – výška odebrání 200 mm*, hloubka 180 mm;
- S2 – výška odebrání 200 mm*, hloubka 180 mm;
- S5 – výška odebrání 100 mm*, hloubka 180 mm.

* nad podlahou

Viz. výkresy: Půdorys 1.PP, Půdorys 1.NP, Řez A-A, Řez B-B.

Vzorky S1, S2, S5 se vysušily v laboratorní sušárně s ostatními vzorky (viz. kapitola výše). Poté bylo ze vzorků odebráno zhruba 2,5g navážky a nasypáno do baňky se 100ml destilované vody. Tyto vzorky se nechaly v laboratoři 24 hodin uležet. Po 24 hodinách se vzorky umístily na varnou plotnu, kde se dovedly k varu. (Obr. 51)

Dále se z baněk odebraly do zatemněných lahviček vzorky. Z těchto lahviček se vzorky odebíraly pipetou, dle jednotlivých zkoušek.



Obr. 52 Baňky se vzorky

Praktická část

Celkem byly provedeny tyto zkoušky:

- kyselost/zásaditost: pH
- chloridy: Cl^-
- amoniak: NH_4^+
- dusičnany: NO_3^-
- sírany: SO_4^{2-}

Pro zkoušky chloridů, amoniaku, dusičnanů a síranů byl použitý fotometrický přístroj Spectroquant® Pharo 300. (Obr. 53)

Pro zkoušku pH byla použita srovnávací barevná stupnice pH. (Obr. 52)



Obr. 53 Barevná stupnice pH



Obr. 54 Spektrometr Pharo 300

Výsledky zkoušek chemismu vzorků

Vyhodnocení pH

Tab. 21 pH

pH	Popis	barva
> 7	Zásaditost	modrá
= 7	Neutrální	zelená
< 7	Kyselost	červená

Vyhodnocení solí dle ČSN P 73 0610, příloha B, tab. B.1

Tab. 22 Sole dle ČSN P 730610, přílohy B, tab. B.1

stupeň zasolení zdiva	obsah solí v mg/g vzorku a v % hmotnosti					
	chloridy		dusičnany		Sírany	
	mg/g	% hm.	mg/g	% hm.	mg/g	% hm.
nízký	< 0,75	< 0,075	< 1,0	< 0,1	< 5,0	< 0,5
zvýšený	0,75 - 2,0	0,075 - 0,2	1,0 - 2,5	0,1 - 0,25	5,0 - 20	0,5 - 2,0
vysoký	2,0 - 5,0	0,20 - 0,50	2,5 - 5,0	0,25 - 0,50	20 - 50	2,0 - 5,0
velmi vysoký	> 5,0	> 0,50	> 5,0	> 0,50	> 50	> 5,0

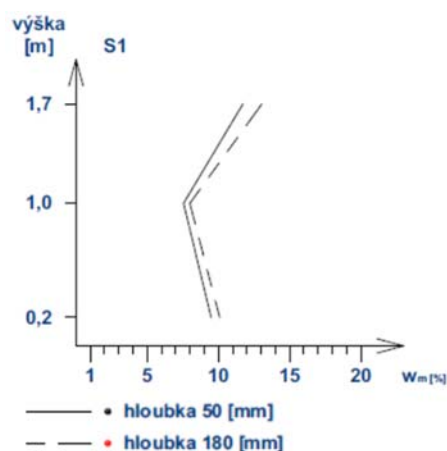
vzorky	hmotnost	kys./zás.	Amoniak		Chloridy		Dusičnany		Sířany	
	g	pH	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%
S5-0,1-18	2,300	7,500	0,009	0,000	3,609	0,157	11,043	0,480	17,391	0,756
S1-0,2-18	2,500	8,500	0,005	0,000	0,092	0,004	0,648	0,026	1,360	0,054
S2-2,0-18	0,300	6,500	0,013	0,001	0,000	0,000	0,452	0,020	1,478	0,064

4.7. Vyhodnocení výsledků

Dle vlhkostního profilu je zjevné, že vysoká vlhkost se vyskytuje ve výšce 0,2m a 1,0 metru nad podlahou. Velmi vysoká vlhkost se vyskytuje u paty zdiva (hloubka 180mm, výška 0,2m) a v hlavě zdiva (hloubka 50 a 180mm, výška 1,7m).

Předpokladem, je přítomnost vztlínající vysoké zemní vlhkosti v celé výšce zdi s kombinací zatékání povrchové vody v hlavě zdi.

Dle tabulky Tab.23 ve výšce 0,2m nad podlahou a hloubce 180mm, přítomen nízký obsah chloridů, dusičnanů a síranů. Prostředí zdiva je zde zásadité.

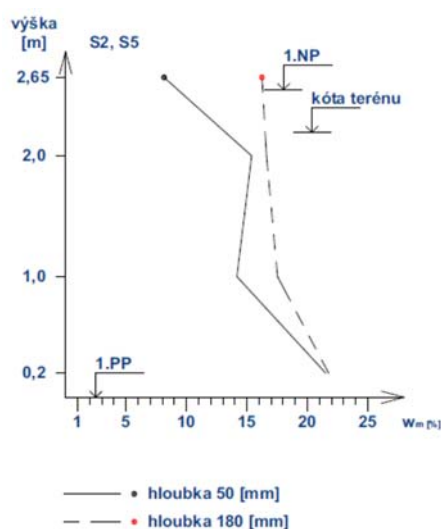


Sonda S2 a S5

Z důvodu provedení sond S2 a S5 zhruba nad sebou, uvádím zde vlhkostní profil pro obě sondy najednou.

Dle vlhkostního profilu je zjevné, že vysoká vlhkost se vyskytuje jenom v sondě S5, v hloubce 50mm, ve výšce 0,1m nad podlahou v 1.NP. Velmi vysoká vlhkost se vyskytuje v celém profilu sondy S2 a v hloubce 180mm sondy S5.

Předpokladem velmi vysoké vlhkosti sondy S2, je kombinace vztlínající vysoké zemní vlhkosti a zatékání povrchové vody. Tento předpoklad je podpořen orientací této zdi směrem k silnici, jež je vyspádována směrem k řešenému objektu. Vlhkost postupuje až do místa sondy S5, kde v hloubce 50mm vysychá z důvodu vytápění místnosti. V hloubce 180mm však vlhkost oproti sondě S2 stoupá. Viz.: Obr. 36, Výkres: Řez B-B



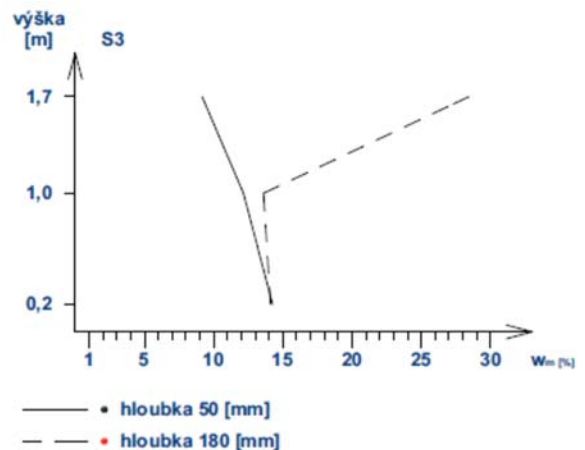
Praktická část

Dle tabulky *Tab.23* v sondě S2, ve výšce 2,0m nad podlahou a hloubce 180mm, přítomen nízký obsah chloridů, dusičnanů a síranů. Prostředí zdiva je zde lehce kyselé. Naproti tomu v sondě S5, ve výšce 0,1m nad podlahou 1.NP a v hloubce 180mm, je přítomen zvýšený obsah chloridů, síranů a velmi vysoký obsah dusičnanů. Tento velmi vysoký výskyt dusičnanů je způsoben (dle výpovědi majitele) předešlým užíváním stavby, za celé roky její existence.

Sonda S3

Dle vlhkostního profilu je zjevné, že vysoká vlhkost se vyskytuje jenom v hloubce 50mm, ve výšce 1,7m nad podlahou v 1.PP. Velmi vysoká vlhkost se vyskytuje v celém profilu sondy S2 kromě výše zmíněné hloubky 50mm v 1,7m nad podlahou.

Předpokladem této vlhkosti, je kombinace vztlínající vysoké zemní vlhkosti a zatékání povrchové vody ze strany silnice a ze strany sousední (jižní) budovy. Tento předpoklad je podpořen absencí zastřešení mezery mezi objekty, takže dešťové srážky a na konci Zimy tající sníh padající ze střechy sousedního domu, je shromažďován v této mezeře. Tímto se voda dostává do podzákladí a proudící vzduch zde není dostatečně silný, aby citelně pomáhal vysušování mezery mezi objekty. Vlhkost v hloubce 50mm, výšce 1,7m už pak stíhá vysychat do prostředí sklepa.

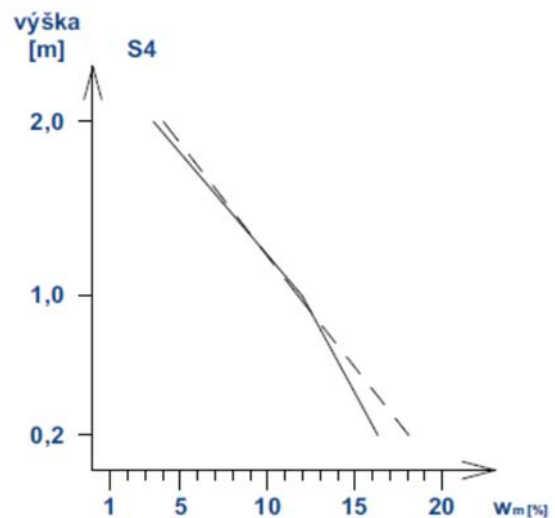


Beru také v úvahu možnou chybu při měření vlhkosti ve výšce 1,7m a hloubce 180mm pod povrchem. Pro ověření obsahu vlhkosti je potřeba provést další odběr a měření.

Sonda S4

Dle vlhkostního profilu je zjevné, že nízká vlhkost se vyskytuje jenom v hloubce 50 a 180mm, ve výšce 2,0m nad podlahou v 1.PP. Velmi vysoká vlhkost se vyskytuje v celém profilu sondy S4 kromě výše zmíněné hloubky 50 a 180mm v 2,0m nad podlahou.

Předpokladem této velmi vysoké vlhkosti, je vztlínání vysoké zemní vlhkosti. Tento předpoklad je podpořen přítomností již nevyužívané studny, jejíž volná hladina vody není známá. Z důvodu velmi vysoké vlhkosti, však hladina by mohla být blízko úrovně základové spáry objektu, nebo výše.



Vysoká vlhkost se zde vyskytuje v hloubce 50 a 180mm, výšce 0,2m nad podlahou 1.NP.

Předpokladem této vlhkosti, je blízké umístění plynového kotle a rozvodů teplé užitkové vody. Z tohoto důvodu lze uvažovat, že velmi vysoká vlhkost ve srovnání s blízko umístěnou sondou S4 zde vyprchává, právě kvůli umístění kotle. Přesto tato vlhkost, je ve vysoké koncentraci z důvodu vztlínající vysoké zemní vlhkosti a blízkému umístění studny.

4.8. Výběr metody sanace

V první řadě je třeba provést odsolení zdiva, a to ve zdech, které jsou v blízkosti silnice. Jsou to zdi: severní, západní a jižní.

Potřeba odsolení se bere z celkového obsahu solí ve zdivu. V tomto případě, dle sondy S5, celkový součet chloridů, dusičnanů a síranů $0,157+0,480+0,756=1,393$ % hmotnosti. (viz. tab. 23), což je nadlimitní obsah solí pro metody vzduchové, infuzní a elektrofyzikální.

Způsobů odsolení existuje hned několik. V tomto případě se nejspíš mohou použít tzv. „obětované omítky“, které se po nasycení solemi otlučou a nahradí jinou omítkou (viz teoretická část, kapitola 3.7.2. *Kompresní obětovaná omítka*). Po snížení solí ve zdivu na přípustnou hodnotu, lze zvýšit účinnost přidáním metody odsolování elektroosmotickými metodami.

Metody, které nelze použít v tomto případě, jsou dodatečné hydroizolace a infuzní metody.

Dodatečné hydroizolace: tuto metodu nelze použít z důvodu přítomnosti smíšeného zdiva objektu a nedostatečné odolnosti konstrukce, konkrétně malty, která vlivem svého stáří ztrácí svou pevnost. Dalším důvodem je přítomnost kleneb, které jsou uloženy na vlhkosti postižených zdech, v případě započetí prací vkládání dodatečných hydroizolací hrozí statické porušení objektu.

Infuzní metody: tuto metodu nelze použít z důvodu přítomnosti smíšeného zdiva, konkrétně použitých zdících kamenů, složených z čediče, želece a křemene. Tyto horniny jsou uzavřeného typu a nevykazují minimální potřebnou pórovitost, tj. póry velikosti 10^{-7} [m] a větší. Naopak použitá malta tuto pórovitost splňuje, avšak injektáž samotné malty v tomto případě je nesmírně náročná z důvodu absence „celistvé“, maltové spáry přes celou šířku zdiva. Mohlo by se sice injektovat z obou stran zdiva, ale vysoká „dutinatost“ mezi kameny toto znemožňuje.

Metody, které se mohou použít, jsou vzduchové a elektrofyzikální metody v kombinaci s nepřímými metodami.

Vzduchové metody: tyto metody se mohou použít pro odvedení vlhkosti ze stěn 1.PP a podlah 1.NP. Důležitý rozměr dutiny je větrací výška příkopu, která má být větší než šířka přilehlého vysušovaného zdiva.

- limity:

Tato metoda je sice limitována hmotnostní vlhkostí $w_m > 6\%$, kdy je už méně vhodná, ale při použití nuceného větrání s ohřevem, je tato metoda účinnější.

Dalším limitem je zvýšený obsah solí $> 1\%$ hm., kdy je tato metoda méně vhodná. Provedení této metody je vhodné po odsolení zdiva.

Posledním limitem je zvýšená agresivita vlhkosti. Z rozborů vody vrtu 43337 je známá kyselost vody (6,59 pH), sírany 573,55 mg/l, chloridy 59,62 mg/l. Jelikož není známo jaká byla použitá hmotnost navážky při testování, není možné určit obsah síranů a chloridů v podzemní vodě.

Navrhuji provést vnější zakryté vzduchové příkopy, ze stran sever, západ a východ. Dále navrhuji použít podpodlahové dutiny s nuceným větráním v celém rozsahu 1.NP, kromě prostoru schodiště a chodby.

Elektrofyzikální metody: tyto metody se mohou použít k obrácení toku vztlínání vody a k zvýšení účinnosti procesu odsolení zdiva.

- limity:

Tuto metodu nelze použít při celkovém obsahu solí $> 1\%$ hm. a při pórovitosti větší než 10^{-5} [m].

Navrhuji provést metodu aktivní elektroosmózy se zemními tyčovými a stěnovými širokoplošnými pásovými elektrodami, po celém obvodu objektu a na vnitřních nosných zdech v 1.NP.

Nepřímé metody:

Úprava povrchu terénu v exteriéru: navrhuji vyspádování terénu od objektu ve sklonu min. 1,5%. Dále u kraje silnice navrhuji realizovat sběrný dešťový žlab po celé délce objektu, napojený na dešťovou kanalizaci.

Úprava vzduchu vnitřního prostředí: navrhuji provést ohřívání proudu vzduchu nuceného větrání, aspoň po dobu 1 roku provozu. Provoz ohříváče bude cyklický.

Sanační omítky: omítky doporučuji provést po dobu odsolování zdiva. (viz výše)

4.9. Výkresy navržených sanačních metod

Výkresová dokumentace navržených sanačních metod je obsažená v příloze práce.

Závěr

V této bakalářské práci byla studována vlhkost zdiva dle míst vybraných pro provedení sond. Dále byly vybrány 3 sondy, ze kterých se vybraly 3 vzorky pro testování chemismu zdiva. Následně byly studovány data z vrtů v okolí objektu, kde byly uvedeny geologické a hydrogeologické poměry v podzákladí.

Nejdůležitější poznatky jsou následující:

- Největším problémem je vysoká zemní vlhkost a zatékání povrchové vody v úrovni terénu.
- Další příčinou vlhkosti je zdroj vody ve studně v blízkosti objektu a absence krytiny mezery mezi řešeným rodinným domem a jižním sousedním objektem.
- Dle zkoušek chemismu odebraných vzorků sond, je ve zdivu přítomen vysoký obsah solí. Zejména ze stran přilehlých k silnici.
- Dle údajů z vrtů, jsou v podzákladí přítomny jíly, písky a šterky.
- Dle rozboru vody z vrtů je v podzákladí přítomná síranová voda.

Dle zjištěných skutečností byly navrženy sanace a úpravy jak v okolí, tak ve vnitřním prostředí objektu.

Nejdůležitější sanací je odsolení zdiva, kdy byly navrženy tzv. obětované sanační omítky.

Byly navrženy zakryté vzduchové příkopy po celém obvodu stavby, kromě jižní části, kdy tuto metodu nelze použít z důvodu absence prostoru pro realizaci. Spolu se vzduchovými kanály byly navrženy podpodlahové vzduchové dutiny v celém rozsahu 1.NP s nuceným, ohříváním prouděním vzduchu.

Dále byla navržena aktivní elektroosmóza po celém obvodu stavby a na vnitřních nosných stěnách stavby.

Po 1 roce provozu navržených sanací, je třeba provést ověřovací stavebně technický průzkum z důvodu ověření úspěšnosti provedených sanačních úprav.

Na závěr lze dodat, že navržené úpravy nebudou levné a nejlepší způsob, jak se zbavit vlhkých stěn této budovy je ji zbořit a postavit nanovo (dle současných technických norem, předpisů, a hlavně se zdravým selským rozumem.) Stavba, která nemá hydroizolaci, není určená pro bydlení.

Jinak řečeno, „nejsem tak bohatý, abych kupoval levné věci“, v tomto případě levné stavby.

Přílohy:

Výkresová dokumentace skutečného provedení stavby:

5. Půdorys 1.NP
6. Půdorys 1.PP
7. Půdorys 2.NP
8. Řez A-A a B-B

Výkresová dokumentace navržených sanací a úprav:

4. Půdorys 1.NP – sanace
5. Půdorys 1.PP – sanace
6. Řez A-A a B-B – sanace