

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Fakulta Zemědělská

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

Bakalářská práce

Vliv vlhkosti ve stavbě – příčiny, důsledek a možné  
řešení

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Závitkovský

Autor práce: Sandra Studená

2014

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s využitím uvedených pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 7. 4. 2014

Sandra Studená

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu práce panu Ing. Janu Závitkovskému za odborné vedení, cenné rady, informace a připomínky k této bakalářské práci. Dále bych chtěla poděkovat rodině Maurerů za možnost odběru vzorků z rodinného domu a poskytnutí potřebných informací pro zpracování vlastního projektu, dále Vodohospodářské laboratoři Povodí Vltavy v Českých Budějovicích za možnost využití jejich prostor a přístrojů k podrobnému zjišťování vlhkosti z odebraných vzorků a též Ondřeji Korandovi za cenné rady a možnosti práce v rýsovacím programu ArchiCAD.

**Abstrakt:**

Bakalářská práce se zabývá problematikou vlhkosti ve stavbách z hlediska novodobého i historického stavitelství a jejího vlivu na stavební konstrukce. V teoretické části jsou popsány projevy, příčiny a zdroje vlhkosti ve stavbách, negativní vlivy vlhkosti na stavbu a nejčastější možnosti průzkumů a diagnostik vlhkosti. Dále jsou popsána ochranná opatření před působením vody, způsoby odvlhčování stavby a možnosti ochrany stavby před vlhkostí u historických objektů. Druhá (praktická) část této práce se zabývá průzkumem vybraného stavebního objektu. Zde zkoumá možné příčiny vlhkosti zdiva, na základě provedených odběrů vzorků zdiva zkoumá stupeň vlhkosti zdiva, navrhuje opatření zamezující přístup vlhkosti do stavby a způsob odvlhčení stavby.

**Abstract:**

This bachelor's thesis deals with the issue of humidity in building constructions in terms of modern and historical architecture and its impact on building constructions. In a theoretical part, there are described all symptoms, causes and sources of moisture in buildings, negative effects of moisture for building construction and the most frequent possibilities of research and moisture diagnosis. Next, there are described safeguards against water, dehumidification methods of construction and the possibility of protection of the building against moisture in historic buildings. The second (practical) part of this thesis deals with the exploration of a selected building object. Here is investigated the cause of moisture masonry, on the base of the sampling masonry examines the degree of wall humidity, proposes measures to prevent access of moisture into the building and construction method of building dehumidification.

**Klíčová slova:**

Vlhkost, projevy, příčiny, zdroje, vliv, průzkum a diagnostika, ochranná opatření, odvlhčování, vzorky, stupeň vlhkosti.

**Key words:**

Humidity, symptoms, causes, resources, influence, research and diagnostics, safeguards, dehumidification, samples, moisture level.



## Obsah

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>2. VLHKOST A JEJÍ PROJEVY</b> .....	<b>9</b>
<b>3. PŘÍČINY VLHKOSTI VE STAVBĚ</b> .....	<b>9</b>
<b>4. ZDROJE VLHKOSTI</b> .....	<b>11</b>
4.1 Srážková voda.....	11
4.2 Voda obsažená v zemním prostředí .....	12
4.3 Voda vzlínající.....	13
4.4 Vodní pára obsažená v okolním vzduchu.....	13
4.5 Voda zabudovaná do konstrukce .....	13
4.6 Voda obsažená v konstrukci v důsledku difúze vodní páry .....	14
4.7 Voda obsažená v konstrukci v důsledku rovnovážné (sorpční) vlhkosti .....	16
4.8 Kondenzační voda.....	16
<b>5. NEGATIVNÍ VLIVY PŮSOBENÍ VLHKOSTI VE STAVBĚ</b> .....	<b>17</b>
5.1 Fyzikální účinky.....	17
5.2 Mechanické účinky .....	17
5.3 Chemické účinky.....	17
5.4 Biologické účinky .....	17
<b>6. PRŮZKUM A DIAGNOSTIKA VLHKOSTI</b> .....	<b>18</b>
6.1 Destruktivní zkoušky vlhkosti .....	18
6.1.1 Gravimetrická metoda .....	18
6.2 Nedestruktivní zkoušky vlhkosti.....	18
6.2.1 Radiometrická metoda.....	18
6.2.2 Vodivostní metoda.....	19
6.2.3 Odporová metoda .....	19
6.2.4 Metoda impedanční spektroskopie .....	19
<b>7. OCHRANA STAVBY PŘED PŮSOBENÍM VLHKOSTI</b> .....	<b>21</b>
<b>8. ODVLHČOVÁNÍ STAVBY</b> .....	<b>24</b>
8.1 Úpravy utěšňující a hydrofobní .....	25
8.1.1 Probourávání zdiva .....	26
8.1.2 Podřezávání zdiva.....	26

8.1.3 Zarážení izolačních plechů .....	27
8.2 Úpravy odvádějící vodu nahromaděnou ve zdivu.....	27
8.2.1 Uměle vybudované dutiny a kanálky .....	28
8.2.2 Hydrofobizované omítky .....	28
8.2.3 Elektroosmická metoda .....	28
8.3 Stavební detaily izolací proti vodě.....	30
8.3.1 Izolace základů a podzemní stavby .....	30
8.3.2. Izolace střešní konstrukce .....	31
8.3.2.1 Jednoplášťová plochá střecha s klasickým pořadím vrstev .....	32
8.3.2.2 Oplechování .....	32
8.4 Negativní dopady odvlhčování na stavbu.....	33
<b>9. HISTORICKÉ STAVBY POSTIŽENÉ VLHKOSTÍ.....</b>	<b>33</b>
<b>10. VLASTNÍ PRÁCE .....</b>	<b>38</b>
10.1 Popis a průzkum vybraného objektu .....	38
10.1.1 Terénní podmínky .....	39
10.1.2 Stavebně technický popis konstrukcí .....	39
10.1.3 Vlhkostní stav konstrukcí .....	40
10.1.4 Rozvody v objektu.....	40
10.1.5 Provozní podmínky v objektu .....	41
10.2 Metodika práce.....	41
10.3 Výsledky měření .....	43
10.4 Stanovení možných příčin vlhkosti v objektu.....	43
10.4.1 Zhodnocení míst odběru vzorků z hlediska možné příčiny vlhkosti.....	44
10.5 Návrh sanačního opatření .....	46
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>49</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ .....</b>	<b>52</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....</b>	<b>53</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH FOTOGRAFIÍ.....</b>	<b>53</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>53</b>
<b>FOTODOKUMENTACE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI .....</b>	<b>54</b>

## 1. ÚVOD

Cílem této práce je seznámit se s problematikou vlhkosti v novějších i historických stavbách a to zejména s nejčastějšími projevy, příčinami a zdroji vlhkosti, s nejčastěji používanými průzkumy vlhkosti a řešeními jejího trvalého odstranění. Tématicky je rozdělena na dvě části. První část řeší celkovou problematiku vlhkosti ve stavbách, druhá část se zabývá konkrétním vybraným objektem postiženým vlhkostí, pro který byly na základě gravimetrické metody odebrány vzorky, zjištěna skutečná vlhkost objektu a následně provedena analýza s vyhodnocením a návrhem řešení a opatření.

Toto téma mne oslovilo především díky seznámení se s touto problematikou již na střední škole a také díky své četnosti. Vlhkost ve stavbách je totiž problém, který je poměrně častý a to hlavně u starších budov, není ale neřešitelný. Ačkoli řešení vždy nemusí být tak složité, mnoho lidí se právě při snaze odstranit vlhkost ze stavby dopouští chyb, kvůli kterým se jí nemohou zbavit, ba ji dokonce ještě více podpoří.

Proto mne tato problematika motivovala k zamyšlení se nad opatřeními, která jsou pro objekt opravdu vhodná a která nikoli. Zda jsou v dnešní době dostupná opatření při řešení problému vlhkosti ve stavbách opravdu účinná, kdy a kam jsou vhodná či naopak nevhodná a v neposlední řadě jaká je jejich nákladnost, náročnost a šetrnost.

## 2. VLHKOST A JEJÍ PROJEVY

Každá stavební konstrukce obsahuje určité množství vlhkosti. To ale neznamená, že je tato vlhkost nebezpečná. Naopak, z hlediska vnitřního mikroklimatu je faktorem pozitivním. Negativním faktorem se stává, pokud v konstrukci dochází jejímu k nadměrnému hromadění.

Nadměrná vlhkost v konstrukci bývá patrná již na první pohled a dokonce ji můžeme i "cítit". Materiál vzlíná, objevují se vlhkostní mapy a na podlahách kondenzuje voda. Nejčastěji se s tím setkáváme u starších budov nebo historických objektů. To bývá zapříčiněno izolací, která po delší době přestává být funkční nebo hromaděním vody kolem obvodové konstrukce, a to nejčastěji v suterénech, což se může týkat i novodobých staveb. Problémy nastávají v momentě, kdy se míra vlhkosti pohybuje na hranici vysoké a velmi vysoké hmotnostní vlhkosti (Hmotnostní vlhkost popisuje ČSN 73 0540-2 jako obsah volné vlhkosti, která je obsažena v materiálu nebo výrobku v procentech hmotnosti materiálu nebo výrobku v suchém stavu. Vypočítáme ji jako:  $u = 100 \cdot m_v \cdot m_s / m_s$  (v %) [23], kde  $m_v$  značí hmotnost vlhkého materiálu a  $m_s$  hmotnost materiálu vysušeného). Nejčastějšími projevy takové vlhkosti je narušení povrchů, kdy se malby a omítky vypoulí, podlahy vzdouvají a dřevěné konstrukce začnou uhnívat. Těchto poruch se ale ještě zvládneme zbavit. Skutečný problém nastává, pokud vlhkost začne narušovat konstrukci do takové míry, že zdivo ztrácí svou pevnost a fyzikální a tepelně technické vlastnosti [2].

## 3. PŘÍČINY VLHKOSTI VE STAVBĚ

Příčin, díky nimž vniká vlhkost do stavby je celá řada. Jak již bylo zmíněno, u starších staveb je to zapříčiněno hromaděním vody kolem konstrukce, sníženou funkčností izolace nebo dokonce absencí izolace. A to jak u základů, tak i střešních plášťů.

Z velké části je to také zanedbáním údržby. Pokud je budova postižena nadměrnou vlhkostí, dochází postupem času k rozpadání zdiva, to vede k tepelným ztrátám a biotickému napadání materiálů plísněmi, mechy a řasami. Pokud v takovémto objektu navíc pobývají osoby, mohou tyto mikroorganismy negativně působit na jejich zdraví a místnosti se z hygienického hlediska stávají

nepoužitelnými. Opravy takto porušených budov jsou pak nákladné a pokud se jedná o stavební památky z tradičním materiáľů, je rekonstrukce složitá. Více o vlhkosti v historických objektech si ale řekneme až později [17].

U novodobého stavitelství bývají problémy jinde. Často dochází k chybám přímo v návrhu, ještě než-li dojde k realizaci stavby, protože se často zapomíná umisťovat izolace. Pokud někde izolace proti vlhkosti chybí nebo je špatně umístěna, bývají dodatečné opravy komplikované, pracné, finančně nákladné a navíc mohou být i poruchové. Problém také může nastat, pokud se změní prostředí vlastní stavby například změnou využívání suterénu a nebo vybudováním dalších staveb, chodníků a parkovišť v přímém okolí stavby. Stejně tak může být další příčinou poruch změna požadavků na stavbu, kdy je sice původní využití vyhovující, ale nové využití požadavkům vyhovovat nemusí. Týká se to například vináren v původních sklepních prostorech, obchodů apod. Všechny tyto zmíněné příčiny způsobuje tzv. volná voda, kterou zadržují kapiláry v případě, že přijde tato voda do styku se stavebním materiálem [5].

Ne vždy se ale vlhkosti ve stavbě vyhneme, protože ji jednoduše nemůžeme ovlivnit. Například pokud při zdění využíváme tzv. mokrý proces, tzn. klasické zdění, zabudujeme tím vlhkost do konstrukce již při výstavbě, což není nic neobvyklého ani nebezpečného. Stejně tak nemůžeme ovlivnit vlhkost, kterou pórovitý materiál "nasává" ze svého okolí, nejčastěji z venkovního prostředí, koupelen a kuchyní [4].

Zdroj vlhkosti	množství vlhkosti g/m <sup>3</sup>
člověk	50 – 300
koupelna	700 – 2600
kuchyně	600 – 1500
sušárna	200 – 500

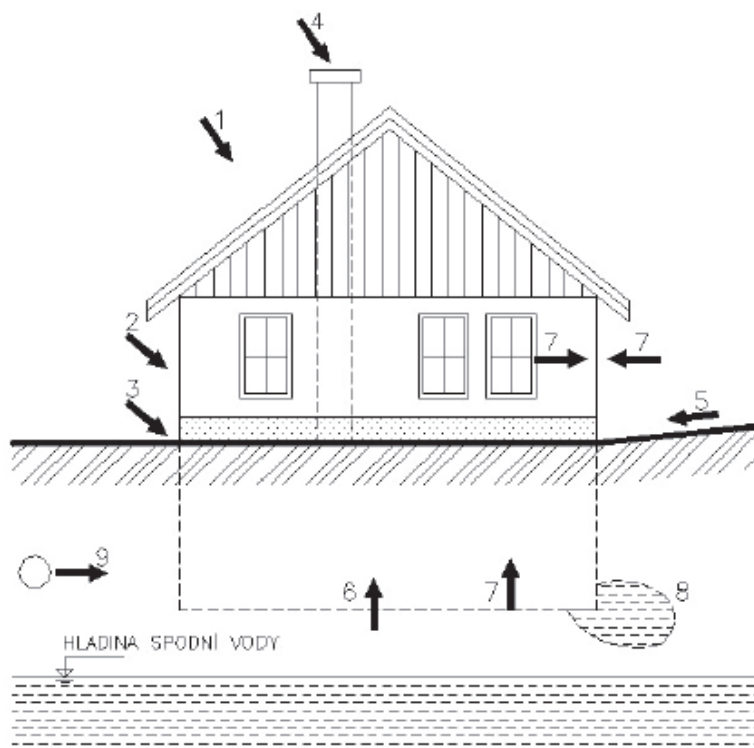
Tab. č. 1: Nejčastější zdroje vlhkosti v budovách [4]

Tabulka č. 1 ukazuje, které místnosti je třeba před vlhkostí chránit nejvíce. Jedná se zejména o koupelny a kuchyně. V takto vlhkostech namáhaných místnostech by se mělo častěji větrat a měly by zde být použity hydroizolační materiály, které zabrání šíření vlhkosti do zdiva a zároveň prodlouží životnost obkladů a dlažeb [33].

#### 4. ZDROJE VLHKOSTI

Zdroje vlhkosti shrneme do čtyř skupin:

- 1) Běžný provoz domácnosti – páry vzniklé při vaření, sprchování nebo žehlení, akvária, pokojové rostliny, apod.
- 2) Vlhkost zabudovaná v konstrukci (u novostaveb)
- 3) Poruchy instalací
- 4) Vnější zdroje vlhkosti, které nasávají stěny budov (srážková voda, voda obsažená v zemním prostředí, voda vzlínající, vodní páry obsažené v okolním vzduchu)



Obr. č. 1: Zdroje vody působící na budovu: 1- voda srážková – déšť, sníh, 2 – voda srážková hnaná větrem, 3 – voda srážková odstříkující, 4 – voda srážková pronikající komínovými a větracími průduchy, 5 – srážková voda povrchová, 6 – voda vzlínající, 7 – voda kondenzovaná, 8 – voda působící hydrostatickým tlakem, 9 – porucha kanalizace nebo vodovodního řádu [5].

##### 4.1 Srážková voda

Srážková voda je voda, která vlivem větru působí na všechny vnější konstrukce a může komínem pronikat i do komínového průduchu. Proti srážkové vodě se budovy chrání fasádami, omítkami, střešními krytinami, okapovými žlaby a dalšími

odvodňovacími prvky (odvodňovací žlaby, střešní vpusti apod.). Hlavně v místech soklů je třeba nutné lemování a odborný návrh omítky a fasádního nátěru, protože zde voda působí nejen přímo, ale také jako voda odstříkující a v zimním období se v těchto místech zadržuje sníh. Pokud je tedy provedení lemování soklu chybné, dochází v době tání sněhu k zatékání vody do konstrukce. Podobné problémy nastávají i u vystupujících konstrukcí, jako jsou římsy a balkony. Voda u těchto konstrukcí stéká přes okraje a proto je nutné u takovýchto konstrukcí správně umístit oplechování. V případech zatékání srážkové vody do komínového průduchu je řešením dodatečné nainstalování komínové stříšky.

#### **4.2 Voda obsažená v zemním prostředí**

Spodní stavba je vystavena hydrofyzikálnímu namáhání, kterým je voda obsažená v zemním prostředí. Jedná se o zemní vlhkost, gravitační vodu a tlakovou vodu. Zda je pozemek zavlhčený a popř. do jaké míry zjišťujeme hydrogeologickým průzkumem, který mimo jiné obsahuje údaj o výskytu podzemní vody. Pokud se podzemní voda vyskytuje v místě budoucí stavby, musí se udat její hloubka. Zde je hlavní uvést především nejvyšší možnou hladinu podzemní vody, protože při hloubení sond dochází ke kolísání hladiny spodní vody. Tyto výkyvy musí být v hydrogeologickém průzkumu rovněž uvedeny spolu se stavem vody v blízkých zdrojích (např. studnách) a vodních tocích a podzemní voda musí být podrobena chemickému rozboru. Při návrhu hydroizolace je tedy třeba brát v úvahu chemické vlivy, které na hydroizolaci a konstrukci mohou mít negativní vliv a na působení tzv. bludných proudů. Podceněním hydrogeologického průzkumu hrozí, že bude hydroizolace chybně navržena a sanace chybně navrženého odvodnění nebo hydroizolace bude značně nákladná a pracná. Z toho důvodu není správným řešením šetřit na hydroizolaci nebo hydrogeologickém průzkumu ve snaze minimalizovat náklady, ale předejít chybám v návrhu. Pokud se chceme přičinám vlhkosti vyvarovat, je nejlepším řešením vybrat si pokud možno takové stanoviště, kde se podzemní voda nevyskytuje nebo kde je její maximální hladina dostatečně hluboko. Dalším vhodným opatřením je výškové osazení objektu tak, aby základová spára byla v dostatečné výšce nad hladinou podzemní vody nebo základovou spáru trvale odvodnit, aby na ni nemohla působit tlaková voda a hydrostatický tlak [5].

### **4.3 Voda vztlínající**

Se vztlínající vlhkostí se setkáváme především u starších objektů. Dochází k tomu v případech, že porézní materiál nasává vodu ze země a tato voda pomocí kapilárních sil stoupá stěnou a může dosáhnout výšky až 1,5 m (nejčastěji ale 1 m). Takto navlhlá stěna je potom zdrojem vodní páry a může způsobovat nepříjemné mikroklimatické podmínky uvnitř budovy nebo může způsobit poškození zdiva a degradaci budovy. Proto je nutné stěny zasažené vztlínající vlhkostí vysušit. Významný vliv na vysoušení vlhkého zdiva má ventilace z obou stran stěny, protože proudící vzduch vytváří dobré podmínky pro vysušení. Na rychlosti vysoušení zdiva se bere v úvahu rychlost proudícího vzduchu, relativní vlhkost zdiva (v rozmezí 30 – 70 % ) a teplota v místnosti. Naopak rychlost vysychání snižují povlaky odpuzující vodu a dekorativní povrchy [11].

### **4.4 Vodní pára obsažená v okolním vzduchu**

Stavební konstrukce namáhané vodní párou se navrhují pokud možno tak, aby v nich nedocházelo k její kondenzaci. Tohoto cíle lze dosáhnout volbou vhodného materiálu a jeho tloušťky u jednovrstvých konstrukcí, vhodnou volbou materiálů a jejich tloušťek a vhodným řazením vrstev u vícevrstvých konstrukcí, větráním konstrukcí, popř. vkládáním parotěsných zábran do konstrukcí. Lze také upravit teplotní a vlhkostní parametry vzduchu ve vnitřním prostředí staveb [27].

### **4.5 Voda zabudovaná do konstrukce**

K zabudování vody do stavební konstrukce dochází při použití mokřích technologických procesů, kterými jsou zdění nebo provádění omítek. Takovouto počáteční vlhkost nazýváme výrobní vlhkost, která postupem času (zpravidla v rozmezí 2 až 7 let, avšak záleží přitom na použitém materiálu, kdy např. obvodová zeď vyzděná z cihel vysychá 2 roky, zatím co obvodová zeď z pórobetonových tvárnic může vysychat 6 – 7 let) přirozeným způsobem vysychá. Po této době vysychání mluvíme o praktické vlhkosti, která už je charakteristická pro určitý materiál po delší době užívání. Ale i po takové době není zcela konstantní a dochází k malým výkyvům vlivem klimatu, větrání v objektu nebo následky provozu objektu. Pokud se však vlhkost neuzavře mezi dvě vrstvy s vysokým difúzním odporem, nebývají se zabudovanou vlhkostí problémy.



## 4.6 Voda obsažená v konstrukci v důsledku difúze vodní páry

Vodní pára obsažená v konstrukci bývá častým problémem, kterému se těžce vyhneme. Je nutné správné umístění parozábrany, která vodní páře zabráni styku s konstrukcí. Pokud parozábrana chybí nebo je nesprávně umístěna, může docházet v důsledku poklesu teploty ke kondenzaci páry v konstrukci. Takovýto jev, kdy dochází k průniku vodní páry ze vzduchu skrz konstrukci, nazýváme *difúze*. Vodní pára se totiž v jakémkoliv uzavřeném prostoru rozpíná a snaží se ho rovnoměrně vyplnit, čímž se vytvoří tzv. *parciální tlak vodní páry*. Tyto tlaky jsou tak účinné, že jsou schopny prostupovat i pevnými konstrukcemi, které oddělují prostory s různými parciálními tlaky vodní páry (s různou vlhkostí vzduchu) [5].

*Difúzní teorii transportu vlhkosti* již v 70. letech 20. století nezávisle na sobě definovali Krischer a Lykov a dnes je jejím nejdůležitějším výstupem *1. Fickův zákon difúze*.

$$\text{Platí: } g = - \rho D \cdot \text{grad } c$$

Kde:

- D.....součinitel difúze
- $\rho$ .....hustota prostředí
- c.....koncentrace
- g .....difúzní tok

Součinitel difúze D vyjadřuje vliv vnitřních faktorů (struktura skeletu, tj. tvar, velikost a rozmístění pórů, charakter tekutiny v porézním tělese, atd.). Zde však transport vlhkosti nezahrnuje vnější vlivy, jako jsou teplota, tlak, gravitace, koncentrace a elektrické pole.

Ve stavebních konstrukcích se výpočet kondenzace vlhkosti g počítá ze vzorce:

$$g = \delta p \cdot \frac{\Delta p}{d} = \frac{\delta o}{\mu} \frac{\Delta p}{d} = \delta o \cdot \frac{\Delta p}{sd}$$

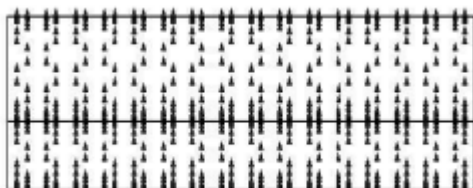
Kde:

- $\delta p$ .....součinitel difúzní vodivosti materiálu
- $\delta o$ .....součinitel difúzní vodivosti vzduchu
- $\Delta p$ .....rozdíl částečných tlaků vodní páry

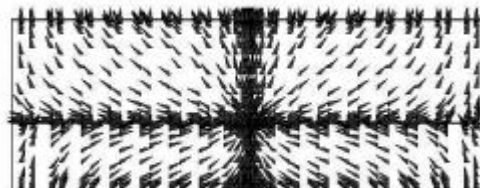
- $g$  ..... hustota difúzního toku
- $d$  ..... tloušťka materiálu
- $\mu$  ..... faktor difúzního odporu
- $sd$  ..... ekvivalentní difúzní tloušťka materiálu

Zde se předpokládá jen s tokem vlhkosti ve směru kolmém na souvrství stavební konstrukce a s tím, že bude materiál homogenní. Při nedokonalých spojeních jednotlivých materiálů, stárnutím spojů, mechanickým kotvením střešního pláště apod., se vzorec použít nemůže, protože materiál již za homogenní považovat nemůžeme. V takovém případě totiž dochází k vícerozměrnému šíření vlhkosti a *difúzním mostům*.

Difúzní most vzniká v případě, kdy je porušena parotěsná vrstva. K tomu dochází například nedbalostí při pokládání vrstvy nebo nevhodným napojením dvou pásů. Příklad si uvedeme na obrázcích č. 2 a 3.



Obr. č. 2: Jednorozměrný difúzní tok vlhkosti [17]



Obr. č. 3: Vícerozměrný difúzní tok vlhkosti [17]

Obr. č. 2 znázorňuje homogenní materiál, kde parotěsná izolace není nijak narušena. Naopak obr. č. 3 znázorňuje směr difúzního toku, pokud je parotěsná izolace narušena. Zde můžeme vidět právě zmiňovaný difúzní most v místě porušení parotěsné vrstvy [17].

Je tedy nutná celistvost parozábrany. Norma ČSN 73 0540-2 uvádí, že: "Prvky prostupující přes parozábrany musí být osazeny s co nejlepší těsností proti difúzi vodních par a proudění vzduchu. Napojení parozábran na okolní konstrukce musí být tedy provedeno co nejtěsněji. Pouhý přesah pruhů fóliových parozábran nestačí ke spolehlivému zabezpečení požadované funkce. Parozábrany je obvykle vhodné navrhovat před vnitřním povrchem účinné tepelně izolační vrstvy" [23].

#### **4.7 Voda obsažená v konstrukci v důsledku rovnovážné (sorpční) vlhkosti**

Takováto vlhkost, stejně jako voda zabudovaná do konstrukce, nezpůsobuje v konstrukci problémy a pro každý druh materiálu se liší. Jedná se o vlhkost, kterou pórovitý materiál pohltí ze svého prostředí, přičemž její množství v konstrukci závisí na teplotě a relativní vlhkosti vzduchu. Sorpce je potom jev, kdy materiál přijímá vodní páru z okolního vzduchu za podmínek, že teplota zůstává konstantní a relativní vlhkost se zvyšuje. V případě, že relativní vlhkost začne klesat, začne se opětovně uvolňovat vodní pára do okolního prostředí a dochází k tzv. desorpci [5].

#### **4.8 Kondenzační voda**

Kondenzační voda vzniká uvnitř budovy v místech špatně odvětrávaných tak, že pára zkondenzuje (zkapalní) na stěnách a následně proniká do konstrukce. Norma ČSN 73 0540-2 [23] v čl. 6.1.1 požaduje, aby byly bez kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce navrženy všechny konstrukce, u kterých by zkondenzovaná vodní pára ohrozila jejich požadovanou funkci. Za ohrožení funkce konstrukce se považuje zkrácení její životnosti, objemové změny materiálů, výrazné zvýšení hmotnosti nebo takové zvýšení vlhkosti materiálu, které by způsobovalo jejich degradaci. Především je nutné dbát na materiály organického původu (např. dřevo, papír). U ostatních konstrukcí je podle čl. 6.1.2 kondenzace vodní páry uvnitř skladby přípustná, pokud jsou splněny následující podmínky:

- 1) Zkondenzovaná vodní pára neohrozí požadovanou funkci konstrukce
- 2) Ve stavební konstrukci nesmí v roční bilanci kondenzace a vypařování zůstat žádné zkondenzované množství vodní páry, které by zvyšovalo vlhkost konstrukce
- 3) Roční množství zkondenzované vodní páry musí být nižší než limit. Limitní hodnoty jsou 3 až 5% plošné hmotnosti přitom platí pro materiály s objemovou hmotností nad  $100 \text{ kg/m}^3$ . Je-li objemová hmotnost materiálu, v němž dochází ke kondenzaci, nižší nebo rovna  $100 \text{ kg/m}^3$ , použijí se dvojnásobné hodnoty, tj. 6 nebo 10 % [23].

## **5. NEGATIVNÍ VLIVY PŮSOBNÍ VLHKOSTI VE STAVBĚ**

Velmi často se setkáváme s objekty, u kterých je na první pohled patrné, že jsou vystavené vysoké vlhkosti. Ztráta estetické funkce je ale to nejmenší, protože voda narušuje i ostatní funkce a celkově snižuje životnost stavby a její stabilitu. Až takto destruktivní může mít působení vlhkosti na konstrukci účinky. My si nyní tyto účinky rozdělíme podle působení do čtyř skupin na účinky fyzikální, mechanické, chemické a biologické.

### **5.1 Fyzikální účinky**

Fyzikální účinky se projevují změnami fyzikálních vlastností konstrukce. Konstrukce nasáklé vodou zvětšují svou hmotnost, jejich pevnost se snižuje a kapiláry se zanášejí, čímž se zvyšuje difúzní odpor, takže materiál přestává být prodyšný a ztrácí svou mikroventilační schopnost. Navíc se snižuje mrazuvzdornost, takže se i značně zhoršují tepelně izolační vlastnosti konstrukce.

### **5.2 Mechanické účinky**

Mechanické účinky se projevují změnami mechanických vlastností konstrukce. Při bobtnání nasakující konstrukce nebo naopak při vysychání již nasáklé konstrukce dochází k objemovým změnám, takže se vytváří viditelné trhliny, materiál se může začít drtit a konstrukce se deformuje.

### **5.3 Chemické účinky**

Chemické účinky vyvolávají na vlhkých konstrukcích korozi materiálu, změny v mineralogickém složení a krystalizaci solí, takže je vyvíjen tlak v pórech materiálu.

### **5.4 Biologické účinky**

Za biologické účinky můžeme považovat všechny biologické činitele, kteří napomáhají k degradaci konstrukce. Mohou to být vyšší rostliny, které konstrukci narušují prorůstáním kořenů nebo menší rostliny jako mechy, lišejníky, houby, plísně nebo bakterie, které způsobují hnilobu [8]. Minimální vlhkost zdiva, která je vhodná pro růst většiny mikrobů je přibližně 5%, pro běžné bakterie je pro růst optimální vlhkost zdiva vyšší než 10% a pro růst plísni je optimum 7 - 9% [15].

## 6. PRŮZKUM A DIAGNOSTIKA VLHKOSTI

Aby mohl být zjištěn stupeň vlhkosti v objektu, a na základě toho stavbu odvlhčena, musí se vlhkost nejprve změřit. K tomu slouží metody pro měření vlhkosti. Metody měření vlhkosti se používaly již v dřívějších dobách a stále se inovují a zdokonalují. Obecně však pro všechny metody platí, že by měly mít shodné výsledky a měly by se relativně snadno a rychle provést. Přístroje musí také vyhovovat technickým požadavkům, kterými jsou např. citlivost, rychlé měření, možnost opakování měření, odolnost vůči znečišťujícím látkám, trvanlivost a dlouhá životnost, jednoduchá konstrukce a co nejnižší náklady. Abychom ale s měřením vůbec mohli začít, je nutné znát materiál a prvky použité při výstavbě budovy [13].

Základním rozdělením metod měření vlhkosti je rozdělení na metody destruktivní a metody nedestruktivní. Jak je patrné z názvu, destruktivní metody do stavby zasahují, to znamená, že aby taková metoda mohla být provedena, musí se odebrat vzorek a konstrukci narušit. Metody, kdy se vzorky odebírat nemusí, označujeme jako metody nedestruktivní a jsou to nejčastěji metody, které se provádějí elektrickými měřicími přístroji.

### 6.1 Destruktivní zkoušky vlhkosti

#### 6.1.1 Gravimetrická metoda

Tato metoda je nejpoužívanější destruktivní metodou, má však hlavní nevýhodu, kterou je nemožnost opakovat měření ve stejném místě, takže výsledek nelze ověřit. Postup při této metodě je takový, že se odebere vzorek, ten se ihned po odebrání zváží, poté se vysuší a opět zváží. Výsledná vlhkost se potom spočítá z rozdílu hmotnosti vlhkého  $m_v$  a suchého  $m_s$  vzorku a výsledek (v %) se spočítá ze

$$\text{vzorce: } w = \frac{m_v - m_s}{m_s} \cdot 100$$

### 6.2 Nedestruktivní zkoušky vlhkosti

#### 6.2.1 Radiometrická metoda

K této metodě se používá radiometrická souprava, která měří objemovou vlhkost povrchových vrstev betonu a zemin. Pracuje na principu zpomalování rychlých neutronů převážně atomy vodíku. Ve vlhkém prostředí jsou neutrony

postupně zpomalovány srážkami s vodíkovými jádry, a jakmile mají stejnou tepelnou rovnováhu s jádry prostředí, jsou registrovány.

### 6.2.2 Vodivostní metoda

U materiálů, které jsou elektrickými vodiči (např. zdivo, dřevo, beton) se používá metoda vodivostní. Princip této metody spočívá v měření odporu materiálu mezi dvěma elektrodami, kdy se elektrická vodivost zvyšuje s množstvím vody [1].

### 6.2.3 Odporová metoda

Odporová metoda se provádí za použití jehly zavrtané do stavebního prvku, která měří elektrický odpor. Měření je založeno na skutečnosti, že každý materiál má elektrický odpor. A protože vlhkost má přímý dopad na elektrický odpor materiálu, znamená to, že čím více vody, tím menší odpor. Tato metoda je velmi jednoduchá a rychlá.

### 6.2.4 Metoda impedanční spektroskopie

Tato metoda je založena na vysokých frekvencích vln, které jsou přenášeny pomocí měřicího přístroje a zjišťují rozložení vodivosti uvnitř testované zdi, takže je možné získat 3D rozdělení stěny. Při této metodě však může dojít k chybám, pokud je měřený povrch nerovný [13].

V současné době platná ČSN P 73 0610 klasifikuje vlhkost zděných konstrukcí způsobem uvedeným v tabulce č. 2. Tato tabulka klasifikuje místnosti a prostory pro pobyt osob a vychází z předpokladu, že jsou stěny vyzděny buď z plných pálených cihel, vápenopískových cihel nebo kamenů na vápenné, vápenocementové nebo cementové maltě [24].

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

Tab. č. 2: Klasifikace vlhkosti zdiva [24]

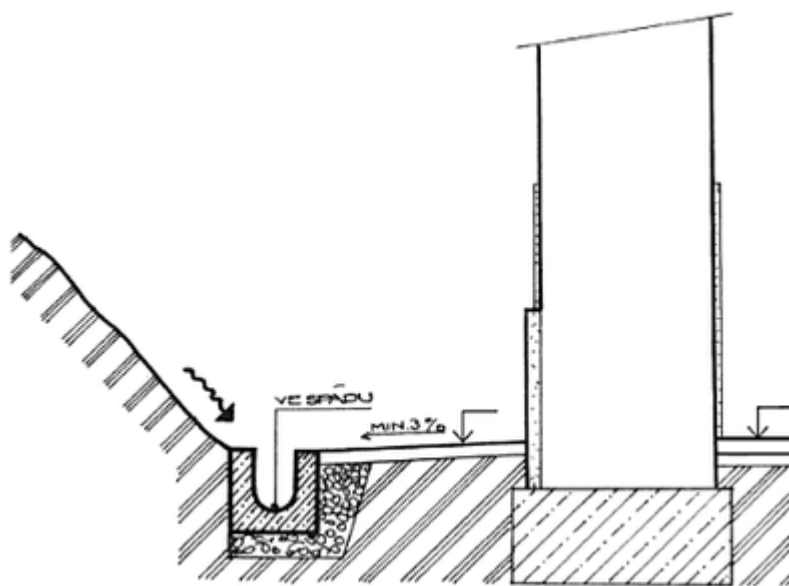
Při výskytu vysoké a velmi vysoké vlhkosti jsou již nutné radikální sanační zásahy, vlhkost nad hranicí zvýšené vlhkosti je bodem, kdy je vhodné provést povrchové sanační metody, avšak vlhkost pod touto hranicí nemusí způsobovat viditelné poruchy. Vlhkost v rozmezí hodnot nízké a velmi nízké není nijak závažná a nezpůsobuje destrukci omítek mrazem. Tyto skutečnosti platí pro použití uvedené tabulky č. 3 [18].

<b>Hmotnostní obsah vody ve zdivu</b>				
<b>Typ budovy</b>	<b>Část budovy</b>	<b>w [%] zvýšená</b>	<b>w [%] vysoká</b>	
Objekty určené k bydlení (včetně hotelů, penzionů)	Pokoje	4	6	
	Interní chodby	5	6	
	Externí chodby	6	7	
	Omítnuté sklepy	8	10	
Suterény ke komerčnímu využití	Místnosti	5	7	
	Chodby, schodiště	6	7	
Školy, banky, administrativní budovy	Interní pracoviště, učebny	4	6	
	Ostatní	6	6	
Vytápěné shromažďovací prostory		7	8	
Muzea, galerie, depozitáře		5	7	
Kostely, nevytápěné haly		8	9	
Archivy, sklady papíru a srovnatelných materiálů		4	6	
Fasády	Budou opatřeny sanačními maltami	9	11	
	Ostatní	7	9	
Opukové nebo cihelné režné zdivo		Bude spárováno sanačními materiály	9	13

Tab. č. 3: Klasifikace zvýšené a vysoké hmotnostní vlhkosti w (%) v závislosti na využití vnitřních místností [18]

## 7. OCHRANA STAVBY PŘED PŮSOBENÍM VLHKOSTI

Ještě než si představíme možnosti provedení různých druhů izolací proti vlhkosti, zaměříme se v úvodu na *nepřímé hydroizolační principy*, díky kterým stavbu ochráníme před vodou již při výstavbě a můžeme tak značně snížit finanční náklady. Mezi nepřímé hydroizolační metody patří například *výběr vhodného staveniště*. Zde se upřednostňuje takové stanoviště, kde se nevyskytuje podzemní voda, nebo je hladina podzemní vody v dostatečné hloubce a pokud možno v takovém terénu, kde nebude stavbu ohrožovat volná voda. S volnou vodou se však dá lehce poradit přístavěním bariéry, která volné vodě zabráni ve vtékání do podzákladí tím, že se vytvoří rýha podél budovy v místech, která jsou volnou vodou ohrožena. Podélné rýhy se často konstruují z betonu a je velmi důležité, aby byly umístěny v dostatečné vzdálenosti od objektu a v dostatečné hloubce, aby nedocházelo ke stahování vody k objektu.



Obr. č. 4: Bariéra proti volné vodě [5]

Dalším významným principem před ochranou proti podzemní vodě je *výškové osazení objektu* tak, aby základová spára byla v dostatečné výšce nad hladinou podzemní vody, popřípadě neprovádět podzemní podlaží. Tím, že bude základová spára trvale odvodněna, stačí stavbu izolovat pouze proti zemní vlhkosti a tím ušetříme náklady na izolaci proti gravitační vodě [5]. I přes to, že využijeme některý z nepřímých hydroizolačních principů, je potřeba stavbu ochránit proti vodě i jinak, a to minimálně provedením hydroizolace. Pojem hydroizolace pak označuje všechny



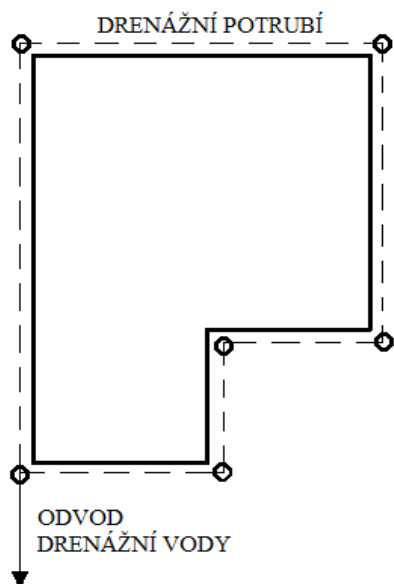
druhy izolací proti vlhkosti, od izolací proti působení vody, tlakové vody, zemní vlhkosti, až po izolace proti vzdušné vlhkosti. Jak je tedy patrné, hydroizolace zabraňují prostupu vlhkosti v pevném, plynném i kapalném skupenství [31]. Používají se především pro izolaci základového zdiva a základového betonu pod podlahami a při vhodné volbě materiálu jsou nejúčinnějším řešením [3]. Hydroizolace rozdělujeme na horizontální (vodorovné) a vertikální (svislé). Horizontální hydroizolace se nejčastěji vkládají do oblasti těsně nad horní hranici základů a musí navazovat na podlahové a svislé izolace. Jako vertikální izolace označujeme veškeré omítky a hydroizolační stěrky [2].

Aby se hydroizolace mohla vůbec použít, je třeba, aby byl chráněný povrch suchý, čistý, odmaštěný, a rovný. Na takto připravený nasákavý povrch se nanese penetrace, čímž se povrch zpevní a izolační vrstva tak k němu rovnoměrně přilne. Pokud se izolace nanáší na nenasákavý podklad, není penetrace nutná [31].

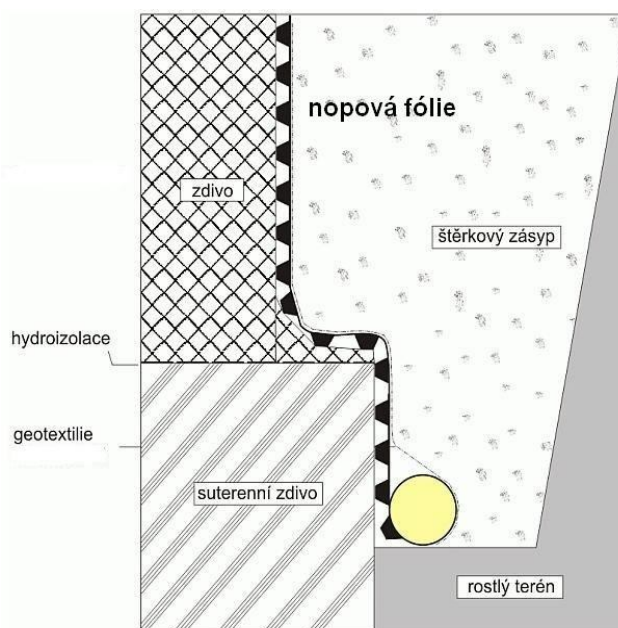
Návrh hydroizolací upravuje norma ČSN P 73 0600 [27] a uvádí, že: „Hydroizolace staveb se navrhují tak, aby nedocházelo k pronikání vody v kapalném nebo tuhém skupenství do chráněných konstrukcí nebo na jejich chráněný povrch.“ Dále se tato norma zmiňuje o dalších hydroizolačních konstrukcích, které se vytvářejí z materiálů odolných proti působení vody a výrazně omezujících nebo zamezujících šíření vody. Patří sem například *drenáže*, které mají za úkol zachycovat vodu, která by mohla přijít do styku s konstrukcí a odvádí ji.

Drenážní systém se buduje buď jako obvodový (liniový) nebo plošný (horizontální a vertikální), pod celou stavbou. *Plošný horizontální odvodňovací systém* se navrhuje jako dvouúrovňový. Horní úroveň tvoří zpravidla štěrkopísková vrstva, která propouští vodu dolů, kde se nachází dolní úroveň tvořená systémem trubek, které tuto vodu odvádí [27]. Voda je nejčastěji odváděna buď do veřejné kanalizace, do recipientu, přímo na terén, za podmínek že je stavba situována ve svahu, nebo do vsakovacích jímek. U odvodu do vsakovacích jímek je však důležité, aby vsakovací jímka nebyla umístěna v nepropustném podloží. *Plošný vertikální odvodňovací systém* je umísťovaný po obvodu obvodových stěn. Tvoří ho profilované (nopkové) folie, profilované desky nebo prostorové rohože [5]. Při návrhu drenáže je nezbytně nutná znalost složení zeminy, jejích vlastností, zrnitosti, geologických vrstev a hydrogeologii v dané oblasti. Podle těchto skutečností se určí hloubka a vzdálenost drenážního řádu [3]. Nutno také podotknout, že se drenáže

nenavrhují jako samostatné odvodňovací prvky, ale jako doplněk k hlavnímu hydroizolačnímu systému a navrhují se zejména v případech, kdy je objekt založen nad úrovní hladiny podzemní vody, ve svahu nebo v případě porušení hlavní hydroizolace [5].



Obr. č. 5: Liniová drenáž [5]



Obr. č. 6: Dvouúrovňová vertikální plošná drenáž [29]

Na obrázku číslo 6 můžeme vidět již zmíněnou dvouúrovňovou vertikální plošnou drenáž z nopové folie ve spojení s plošnou horizontální drenáží, kde horní vrstvu tvoří šterkový zásyp a dolní vrstvu systém liniových drenážních trubek.

Také *správné užívání stavby* hraje velmi důležitou roli v prevenci vlhkosti. Zde je nutné zmínit se především o větrání, díky kterému stavba „dýchá“ a zároveň udržuje v místnostech kvalitní prostředí pro život a zdraví člověka. V opačném případě, při nedostatečném větrání, stavba vlhne a vytváří se pro zdraví člověka nevhodné prostředí. Tomu však nenahrává fakt, že se v dnešní době klade velký důraz zejména na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí, na výplně otvorů oken a dveří a celkovou neprůvzdušnost. To je sice pozitivní z hlediska nákladů na vytápění, ale zcela nevhodné u staveb postižených vlhkostí, protože takto uzavřená stavba nemá šanci vyschnout a vlhkost se zbytečně zvyšuje. Přirozené

větrání infiltrací okenními spárami a netěsnostmi v obvodovém plášti je tudíž minimální [7]. Pro každou místnost však platí jiná doporučení pro větrání. Nejvíce se doporučuje větrat v kuchyních, kde se doporučuje nárazové větrání 150 m<sup>3</sup>/h, v koupelnách 90 m<sup>3</sup>/h a WC 50 m<sup>3</sup>/h [26]. Také norma ČSN 73 4301 [25] se zabývá větráním a uvádí, že: „Pro zajištění zvýšené intenzity větrání po dobu zvýšeného výskytu škodlivin včetně vlhkosti se doporučuje vybavit prostory pro uskladnění potravin, osobní hygienu a pro umístění záchodové mísy nuceným větráním, řízeným ručně nebo automaticky v závislosti na použití příslušného prostoru nebo dosažení mezní hodnoty stanoveného parametru tohoto prostoru, s odtahem do venkovního prostředí.“

Ing. arch. Miloš Solař z Národního památkového ústavu také zohledňuje energetické úspory a dodává: „To, co je v oblasti památkové péče možné a vhodné ve prospěch energetických úspor dělat, nejsou výměny historických oken, ale jejich repase a úpravy. Není to brutální balení do polystyrenu, ale hledání malých zlepšení, která pomohou, ale neuškodí. Včetně vnitřních izolací, které se s ohledem na nabídku nových materiálů a technologií zdají v této souvislosti perspektivní. Nadějně je uplatnění regulačních systémů. Obecně je prostředkem energetických úspor údržba. Dobře udržovaná stavba je energeticky úspornější než zavlhlá budova v havarijním stavu.“ Obnova a zateplení fasády nejsou jen energeticky úspornými opatřeními, eliminují totiž tepelné mosty, a tím pádem i kondenzaci vlhkosti a vznik plísní. Stejně tak je tomu i u nuceného větrání s rekuperací. Nejenže šetří energetické náklady, ale díky stálému přísunu čerstvého vzduchu o pokojové teplotě účinně odvětrávají vlhkost objektu a zabraňují tvorbě plísní [19].

## **8. ODVLHČOVÁNÍ STAVBY**

Jak jsem se již zmiňovala, vlhkost ve stavbách, hlavně v těch starších, je běžným a přirozeným jevem. Pokud se na stěně vyskytují „jen“ vlhkostní mapy, není třeba se hroutit, ještě je možnost s tím včas něco udělat. Závadou se vysoká vlhkost stává, pokud začne ovlivňovat fyzikální vlastnosti budovy, její pevnost, pokud způsobuje viditelné poruchy podlah a povrchů a ovlivňuje vnitřní prostředí natolik, že odporuje nárokům na užívání. Před začátkem odvlhčování je také nutné zjistit příčinu, díky které došlo k závadě. Pokud jsou dostatečně známy příčiny a jsou technické možnosti jak je odstranit, je vysoká šance na úspěšné odvlhčení stavby.

Neexistuje však žádný předpis, podle kterého by se mělo při sanaci objektu postupovat, vše je totiž závislé na návrhu sanačního opatření. Většinou se jedná o kombinaci minimálně dvou sanačních opatření na základě zpracování odborně provedené projektové dokumentace a průzkumů. Kvůli finanční náročnosti, pracnosti a komplikovanosti by se návrh sanačního opatření neměl podceňovat, aby nedocházelo ke zbytečným výdajům v důsledku neodborného návrhu sanace nebo nedostatečného zpracování potřebných údajů. Způsob sanace by měl být úměrný životnosti objektu a jeho hodnotě, přiměřený z hlediska budoucího využívání objektu a měl by respektovat historický charakter objektu, popř. jeho památkovou ochranu. Doc. Ing. Jaroslav Solař rozdělil sanační opatření do tří *základních metod*, a to na metody mechanické (probourávání zdiva, podřezávání zdiva a zarážení nerezových plechů), chemické (tlakové a beztlakové injektáže) a elektrofyzikální (elektroosmické a elektrochemické) a do *doplňujících metod*, kam zařadil systémy sanačních omítek, drenážní systémy, vzduchové izolační systémy, jílové těsnící vrstvy, úpravy v okolí objektu a mikrovlnné vysoušení [18]. Podobně rozdělil sanační opatření i Ing. Michael Balík [2], který sanační opatření shrnul do dvou typů. Prvním typem označil opatření, která zabrání vodě (vlhkosti) pronikat do zdiva – *úpravy utěšňující a hydrofobní*, a jako druhý typ označil všechna opatření, která vytvoří bariéru a podpoří únik a „vydýchávání“ vody nahromaděné ve zdivu – *úpravy odvádějící vodu nahromaděnou ve zdivu*.

## 8.1 Úpravy utěšňující a hydrofobní

Tyto úpravy nahrazují již nefunkční hydroizolaci jiným typem hydroizolace. Například asfaltovými pásy, polymerovými fóliemi, injektáží zdiva, podříznutím zdiva a vložením hydroizolačních pásů, fólií, plechů apod., izolace zdiva jílovými vrstvami u bočních stěn pod terénem, nebo utěšňujícími stěrkami, omítkami a povlaky [2]. Patří sem i parozábrany, které zamezují nadměrnému šíření vlhkosti a při poklesu teploty i kondenzaci uvnitř jednotlivých vrstev konstrukce. Proto se umísťují co nejbližší k interiéru a v žádném případě se nesmí umísťovat pod vrstvy se zabudovanou vlhkostí, protože by ji v konstrukci uzavřely [17].

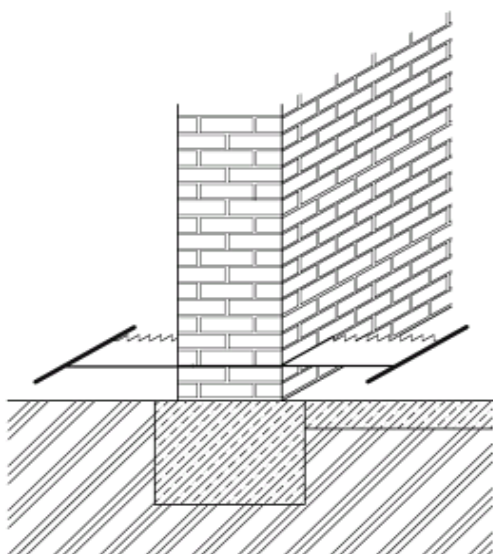
Razantnější jsou úpravy zdiva injektáží a podřezávání zdiva a probourávání zdiva, protože zasahují do konstrukce objektu.

### 8.1.1 Probourávání zdiva

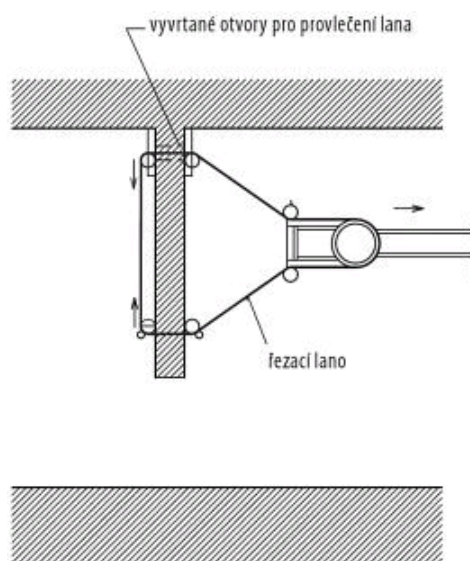
Probourávání zdiva je velice zdlouhavý a pracný způsob, protože se provádí ručně, popřípadě za pomoci elektrických či pneumatických kladiv a proto se v dnešní době používá velmi málo. Z hlediska provádění rozlišujeme dvojí způsob podle tloušťky probourávaného zdiva. Prvním typem je *probourávání zdiva o tloušťce menší než 600 mm*, kdy se vysekávají ve zdivu otvory a do spodní plochy otvoru se vkládají dodatečné hydroizolace. Velikost otvoru se přitom volí tak, aby nebyla narušena pevnost a soudržnost stěny (nejčastěji o šířce 800 – 1 200 mm). Probouřování začíná v rozích budovy, poté pod okenními pilíři a nakonec se probouřují zbylé části stěny, po položení hydroizolace se otvor znovu zazdí. Při *probourávání zdiva o šířce větší než 600 mm* se způsob provádění obdobný, s rozdílem, že se probouřování provádí nadvakrát. Nejprve se vybourává zdivo do poloviny šířky na jedné straně, vloží se hydroizolace, avšak musí se počítat s minimálním přesahem 100 – 150 mm, který se prozatím ohne nahoru, poté se opět otvor zazdí a stejný postup se opakuje, pouze z druhé strany se navíc provede napojení s pásem vloženým v první fázi a opět se dozdí.

### 8.1.2 Podřezávání zdiva

Podřezávání zdiva se provádí třemi způsoby a to ručně, lanovou pilou nebo kotoučovou pilou. *Ruční podřezávání* je podstatně levnější než probourávání zdiva a podřezávání lanovou nebo kotoučovou pilou, za to však pracnější. Využívá se k němu tzv. pila břichatka, kdy za pilu tahají dvě osoby, každá z jedné strany zdi. S prořezáváním spár se začíná v rozích budovy a výsledkem je odstranění malty v ložné spáře, do které se vloží hydroizolace a nakonec se prostor nad izolací zainjektuje cementovou maltou. Tento způsob je však použitelný pouze u zdiva s vodorovnou ložní spárou. Ručně se také provádí *podřezávání zdiva kotoučovou pilou*, které se však používá pouze u zdiva do tloušťky 150 mm. Pro podřezávání jakéhokoliv druhu zdiva slouží lanová pila. *Podřezávání zdiva lanovou pilou* lze jak vodorovně, tak svisle, avšak zdivo musí vykazovat dobrou soudržnost, jinak by tento způsob nemohl být realizován. Postup je podobný jako u výše zmíněných metod s rozdílem, že se nejprve vyvrtají otvory pro vložení lana, které podřezává zdivo.



Obr. č. 7: Ruční podřezávání zdiva pilou břichatkou [18]



Obr. č. 8: Podříznutí zdiva lanovou pilou [18]

### 8.1.3 Zarážení izolačních plechů

Princip této metody spočívá v mechanickém zarážení ocelových plechů do vodorovné ložné spáry. Plechy jsou opatřeny hroty pro lepší pronikání do zdiva a konstruuji se jako nerezové, vlnité, se vzájemným překrytím (přesahy cca 50 mm) nebo zámkovým spojem. Nutné je před započítím označit veškeré instalace vedoucí ve zdivu, aby nedošlo k jejich poškození. Zarážení může probíhat oboustranně, záleží přitom na šířce zdi. Při šířce zdi do 1 m, volí se jednostranné zarážení, do šířky 2 m oboustranné. Avšak nutno dodat, že po vložení dodatečné hydroizolace, která musí být řádně napojena na svislou i vodorovnou hydroizolaci, musí být provedena sanace vlhkého zdiva jak nad dodatečnou hydroizolací, tak pod ní [18].

## 8.2 Úpravy odvádějící vodu nahromaděnou ve zdivu

Utěšňující úpravy zabrání dalšímu pronikání vody do konstrukce, následuje však dlouhá prodleva, během které voda z konstrukce vysychá. Tyto úpravy jsou založené na urychlení vysychání zdiva. Jedná se o metody, kdy jsou například uměle vybudovány dutiny a kanálky nebo jsou aplikovány vnitřní hydrofobizované (sanační) omítky nebo se provádějí elektroosmické jevy.

### **8.2.1 Uměle vybudované dutiny a kanálky**

Dutiny a kanálky se budovaly u historických staveb, v současnosti se s nimi můžeme setkat u rekonstrukcí a sanací poruch. Umisťovaly se podél zdiva, pod podlahami nebo u stěn. Proudil jimi vzduch, takže byla stěna rychleji odvětrávána.

### **8.2.2 Hydrofobizované omítky**

Tyto omítky odolávají vlhkosti a zároveň podporují difúzi, takže je konstrukce chráněna před dalším pronikáním vlhkosti a zároveň umožňuje již nasáklé vlhkosti ze zdiva vysychat. Tyto úpravy se používají často v kombinaci s jinými radikálními odvlhčovacími úpravami nebo se provádějí tam, kde není možné provádět úpravy stavební.

### **8.2.3 Elektroosmická metoda**

Zde se využívá malého elektrického napětí. Ve zdivu naakumulovaná voda je pomocí stejnosměrného proudu odváděna do určených oblastí v podzákladí nebo v terénu. Je však nutné zabudovat do míst určených k odvlhčení kladné a záporné elektrody. Kladné elektrody jsou tvořeny např. vodivými pásy, záporné jsou tvořeny tyčemi, které se aplikují do vývrtů.

Aby bylo vybráno správné opatření, je třeba primárně posoudit reálnou vhodnost opatření pro danou budovu. To znamená zohlednit výškové osazení budovy vůči terénu, údaje o složení stavebního materiálu, zda a popřípadě jak dalece jsou chráněny prvky a konstrukce z hlediska památkové péče a zda je možné v okolí budovy provádět zemní práce. V praxi se používají tzv. *rozhodovací tabulky*, které zkoumají vhodnost opatření vzhledem k obvyklým charakteristickým skutečnostem stavby [2].

1. Samostatný řadový bytový dům postavený v rovině						
	H	S	E	D	P	
Zdivo kamenné nebo smíšené, přízemí určeno pro bydlení, komerční účely	~		●	●	●	Možnost horizontální izolace zdi dle stavu zdiva
Zdivo cihelné, přízemí určeno pro bydlení, komerční účely	●○		●		●○	

2. Samostatný bytový dům, podsklepený						
	H	S	E	D	P	
suterény určené pro komerční účely (byt), nemožnost terénních zásahů	●○		●	●	●○	zdi přízemí - horizontální izolace
	x		●	x	●	suterén utěsněn, event. dutinová úprava
suterény určené pro komerční účely, terén umožňuje stavební úpravy	●○	●	●	●	●	všechny možnosti

3. Řadový bytový dům podsklepený						
	H	S	E	D	P	
suterény určené pro komerční účely nebo jako součást bytů - nemožnost odkopů chodníků (dvora)	~○	●	●	~	●○	stěny suterénů obloženy šachovnicovitě navrženými infuzemi nebo utěsněním
suterény jako součást bytů terén umožňuje odkopy	●○	●	●	●	●○	chemická clona řešena z výkopů nebo z interiéru

5. Nebytová budova (kostel, úřad...), podsklepená						
	H	S	E	D	P	
možnost odkopů	~	●	●	●	●○	vytvoření horizontální izolace je podmíněna stavem a složením zdiva
terén neumožňuje stavební úpravy	●○		●	x	●○	suterénní zdi budov řešeny utěsňujícími šachovnicovitými infuzními vrty nebo vzduchovou dutinou

**Grafické značky:**

vhodná metoda	●
nehodná metoda	○
podmíněně vhodná metoda	~
nehodná nebo podmíněně vhodná u památek	x

Tab. č. 4: Ukázka rozhodovacích tabulek [2]

**Legenda k rozhodovacím tabulkám:**

H = horizontální (svislá) izolace.

S = svislá (plošná) izolace

E = elektrosmické metody

D = vzduchové úpravy (vytvoření dutin pro proudění vzduchu)

P = povrchové úpravy v interiérech

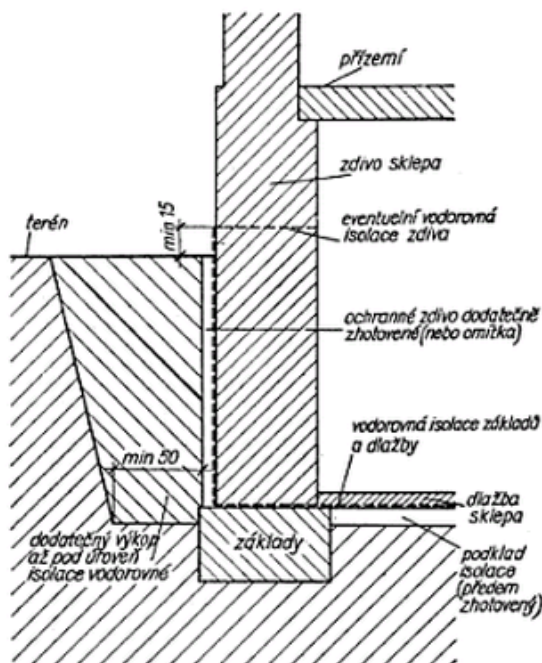


## 8.3 Stavební detaily izolací proti vodě

### 8.3.1 Izolace základů a podzemní stavby

Spodní stavba je namáhána vodou ve formě bludných proudů, agresivními látkami obsaženými ve vodě i v půdě, korozními vlivy a radonem. Před všemi těmito negativními účinky musíme podzemní stavbu ochránit. Podzemní část spodní stavby je nutno chránit proti vodě a korozním vlivům, například použitím vodonepropustné betonové konstrukce tvořené hutným betonem doplněnou například o povlakovou hydroizolaci, proti pronikání vody a radonu do objektu je využívána izolace ve vnitřním prostředí [9].

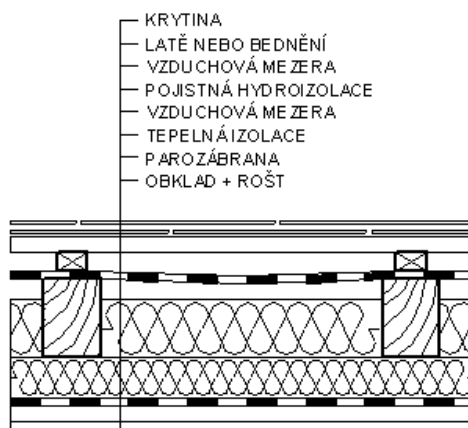
Často se u podsklepených objektů dodatečně provádějí svislé hydroizolace, a to z vnější strany zdiva, na které se ještě přistaví dodatečná přízdívka, která svislou hydroizolaci chrání před mechanickým poškozením. Dodatečně se také provádějí svislé hydroizolace, které chrání soklovou část před odstříkující vodou. Takovouto hydroizolaci je nutné položit 15 cm nad chodníkem. U nepodsklepených objektů se zdivo a podlaha přízemí izoluje vodorovnou hydroizolací, která se vkládá do obvodových a vnitřních zdí nejméně 15 cm nad terén. Avšak v tomto případě musí být úroveň podlahy v přízemí nejméně 60 cm nad terénem [21].



Obr. č. 9: Dodatečné provedení svislé hydroizolace z otevřeného výkopu [21]

### 8.3.2. Izolace střešní konstrukce

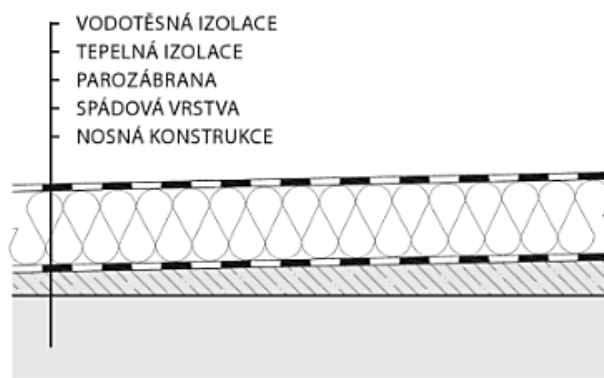
Střešní konstrukce jsou a byly prováděny za hlavním účelem – ochránit stavbu před srážkovou vodou, sněhem a dalšími klimatickými vlivy. Tvoří je dvě základní konstrukce. Tou první je nosná vrstva střešního pláště spolu s nosnou konstrukcí střechy (krov) a druhou je vrstva hydroizolační, kterou tvoří veškeré druhy střešních krytin. U střech se nejčastěji setkáváme s problémem vlhkosti zapříčiněné především zatékáním srážkové vody do střešní konstrukce, kondenzací vodní páry na vnitřním povrchu střechy nebo s kondenzací vodní páry uvnitř skladby střechy. Aby nedocházelo ke kondenzaci páry ve střeše, je nutné neopomenout parozábranu a pokud je to možné, lze střechu navrhnout s větranou vzduchovou mezerou. Takovéto šikmé větrané střechy nazýváme jako dvouplášťové nebo tříplášťové šikmé střechy, kdy jsou tříplášťové šikmé střechy oproti dvouplášťovým tvořeny dvěma vzduchovými mezerami. Větrací mezery mohou být řešeny buď jako bodové, tzn. v podobě větracích tašek, nebo jako liniové, jako například mezery u okapu. Tyto otvory musí být vždy zajištěny proti vniknutí ptactva a jiných živočichů. V současné době se nejvíce uplatňuje provádění dvouplášťové šikmé střechy s tepelnou izolací mezi a pod krokviemi, kterou zobrazuje obr. č. 10. U tříplášťových střech se větrané mezery umísťují nad a pod vrstvou pojistné hydroizolace střechy. Tato varianta střechy se uplatňuje především u objektů s využívaným podstřešním prostorem a to zejména v případech, kdy je tepelná izolace umístěna mezi a pod krokviemi. Střechy bez větracích vzduchových mezer potom nazýváme jednoplášťové (nevětrané) střechy. Tato varianta šikmé střechy se však navrhuje méně často [20].



Obr. č. 10: Dvouplášťová šikmá střecha s tepel. izolací mezi a pod krokviemi [20]

### 8.3.2.1 Jednoplášťová plochá střecha s klasickým pořadím vrstev

Tato varianta je nejpoužívanějším druhem ploché střechy nejčastěji u monolitických železobetonových nebo pórobetonových nosných konstrukcí. Na nosnou konstrukci se klade spádová vrstva tvořená lehčeným betonem, na ni se klade parozábrana z vhodných asfaltových pásů, která se lepí za studena nebo se přilepuje pomocí horkého asfaltu, aby do konstrukce nevnikala a následně nekondenzovala pára. Místo asfaltové folie lze použít i polyethylenovou fólii (PE fólii). Další velmi důležitou vrstvou je tepelná izolace, která se umísťuje k PE fólii kotvením pomocí mechanických upevňovacích prvků, k asfaltovým pásům se lepí. Tepelnou izolaci tvoří nejčastěji pěnový polyester nebo minerální vlna [10].



Obr. č. 11: Jednoplášťová plochá střecha s klasickým pořadím vrstev [32]

### 8.3.2.2 Oplechování

Zde nebudeme zabíhat do podrobností, představíme si pouze nejzákladnější a nejpoužívanější možnosti oplechování. Jedná se o oplechování okrajů střech, říms, komínu a popřípadě i podezdívky. Nejčastěji se oplechování provádí měděným, olověným nebo železným pozinkovaným plechem. U střešních ploch se oplechování používá v místech, která se nedají dostatečně utěsnit krytinou a v místech, kde tělesa pronikají střechou nebo jsou na střeše připevněna. Jedná se zejména o komíny, nástřešní tělesa jako vikýře apod. Další důležitou součástí střech je okapový žlab, který zachycuje srážkovou vodu a odvádí ji do dešťového svodu, takže voda zbytečně neostříkuje obvodové zdivo [16].

## 8.4 Negativní dopady odvlhčování na stavbu

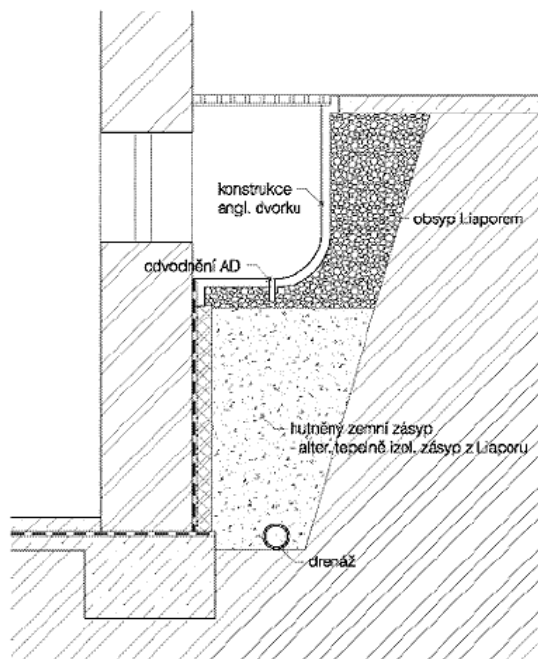
Každá úprava s sebou nese riziko vedlejších negativních dopadů na stavbu. Velmi často se stává, že po dodatečném zavedení drenáže začne vlhnout zdivo, které do té doby problémy s vlhkostí nemělo. Důvod je prostý, drenáž sice nahromaděnou vodu při deštích odvádí, ale zároveň ji také ke zdivu přivádí. Dalším problémem je nesprávně navržený provětrávací systém dutin, kdy se do prostoru přivádí teplotně a vlhkostně neupravený vzduch, který může v kritických poměrech způsobovat další zavlhání. Také elektroosmické elektrody při špatném návrhu způsobí více škody nežli užítku. Mohou totiž zapříčinit, že dojde k opačnému působení a to sání vody z terénu. U nátěrů tomu není jinak, zvolením nevhodného nátěru dochází spíše ke zvětšení vlhkosti v konstrukci než ke snížení [2].

## 9. HISTORICKÉ STAVBY POSTIŽENÉ VLHKOSTÍ

Historie stavebnictví je velmi rozsáhlá. Již v pravěku v době neolitu (asi 10 000 – 6 500 př. n. l.) byla, zřejmě díky náhodě, objevena technologie vápna. V pozdějších dobách pak i vhodnost přísad přimíchávaných do vápna pro ovlivnění vlastností vápenných kaší [14]. Důležitým poznatkem v problematice vlhkosti v konstrukcích bylo to, že vápenné a hliněné omítky se ukázaly jako vysoce prodyšné, to znamená, že neuzavírají vlhkost ve zdivu, ale nechávají ho tak „dýchat“. Pokud by se vlhkost ve zdivu uzavřela neprodyšnou vrstvou, např. dnes často používanými asfaltovými a olejovými nátěry, cementem, obkladačkami nebo betonem, popř. linoleem na podlaze, vlhkost by zůstala v konstrukci, objevila by se plíseň a „udušené“ zdivo by se navíc začalo rozpadat, dřevěné konstrukce hnit. Neprodyšné vrstvy s sebou nesou i riziko šíření vlhkosti konstrukcemi, která se může šířit z jednoho podlaží do druhého [12].

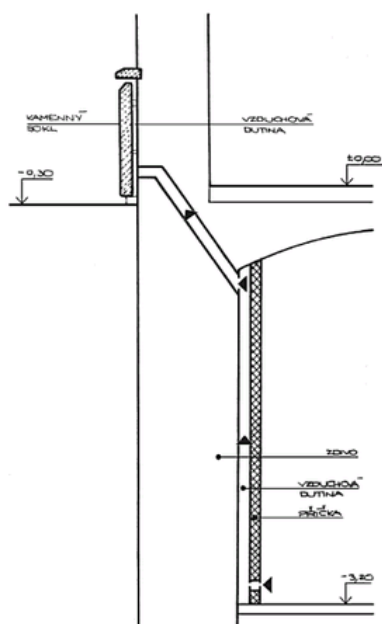
V 19. a 20. století se začaly ve stavebnictví používat živичné hmoty, takže byly téměř všechny domy izolovány asfaltovými povlaky a asfaltovými pásy. Po letech však postupně ztratily svou funkčnost a dnes již tyto domy nejsou izolované proti vodě. Dalším historicky používaným materiálem byly jíly, které se prováděly jako izolace základů, kleneb a stropů pod terénem a to již v 15. století. Stejně jako asfaltové izolace i ty jílové časem ztratily svou funkčnost, protože zkorodovaly nebo se rozprášily [2].

Ať už se ale podíváme to minulosti vzdálené nebo té nedávné, obě se shodnou na třech hlavních způsobech odvlhčování objektů, i když způsoby provedení se mohou lišit. Prvním opatřením, které se k odvedení vlhkosti využívalo jako první bylo zajištění *přísunu proudícího vzduchu* na základě stavebních zásahů. Tato metoda byla využívána již ve Starověkém Egyptě, kdy se prostory odvlhčovaly za pomoci dvojité terasy s tvarovkami. Tyto terasy byly opatřeny šikmými odvětrávacími štěrbinami s pravidelným nebo nepravidelným zužujícím průřezem a byly umístěny do rozdílné výškové úrovně. Na terasách byly také úzké štěrbinny sloužící k přisvětlování a rituálním obřadům, kdy umožňovaly chvilkové paprskovité osvětlení určitých míst (např. oltáře, soklu). Avšak tento odvlhčovací systém měl velkou nevýhodu, protože nechránil stavbu proti volné vodě (dešťům). Dutiny se umísťovaly také v kláštrech, kostelech a domech v terénních zářezech, avšak podélně z vnější strany zdiva, takže měly vlastnosti drenážních rýh. Při špatném provedení, např. umístěné ve špatné výšce, však vlhkost naopak způsobovaly. Dalším často využívaným způsobem byly dutiny umísťované do podlahových konstrukcí. Tento způsob měl ale také své nevýhody a to především u dřevěných podlah, které byly napadány škůdci a vzduch v nich navíc často ani neproudil. Dalším (druhým) způsobem, který se v dřívějších dobách využíval a stále ještě využívá jsou *utěsňující izolace*. Zde se však musíme smířit s faktem, že po letech ztrácí svou účinnost a musí být nahrazeny, nelze je tudíž obnovit. A třetím způsobem jsou všechny *úpravy, které zajišťují menší nároky na izolace konstrukcí*. Mezi takové úpravy patřily v první polovině 20. století (především ve 20. a 30. letech) *anglické dvorky*. Anglické dvorky jsou tzv. otevřené šachty, které zajišťovaly provětrávání a osvětlení suterénů, protože se konstruovaly v horní části jako otevřené, popř. kryté ocelovým roštem, takže byly přímo napojeny na venkovní ovzduší a zajišťovaly neustálý přísun proudícího vzduchu. Takový dvorek musel a musí být vždy v nejnižším místě odvodněn od srážkové vody. Starší nerekonstruované dvorky mají odvodnění řešeno drenážním potrubím z cihelných drenážních trubek, je však třeba si funkčnost odvodnění ověřit, protože po mnoha letech může být drenážní systém porušen. Pokud podsklepená část objektu vykazuje známky nadměrného zavlhčení, je třeba provést sanační návrh za účelem zabránění vzlínání vody z podloží a snížení hmotnostní vlhkosti zdiva a ověřit stav svislé izolace. Pokud má suterén sloužit k pobytu, doplní se o tepelnou izolaci vnějších stran a podlahy [3].



Obr. č. 12: Anglický dvorek a jeho odvodnění [5]

V této době se také velice často prováděly dutinové sokly budov, a to hlavně v místech výškového rozdílu mezi terénem a podlahami. Stejně jako anglické dvorky byly dutinové sokly tvořeny dutinami podél budovy, které sloužily k odvětrávání suterénu. Často se používaly u historických staveb, zejména u zámků a městských paláců a nejčastěji se na jejich výstavbu používaly kamenné desky, nebo se vytvářely zděním [5].



Obr. č. 13: Odvětrání suterénu dutinovým soklem [5]

Poslední etapu z hlediska historie provádění opatření proti vlhkosti budeme datovat od druhé poloviny 20. století. V této době docházelo především na vesnicích k velkým změnám v užívání staveb, které negativně působily na vnitřní prostředí staveb. V této době byla zemědělská výroba zcentralizována do družstev, mnoho lidí ztratilo své polnosti, takže statky ztratily svůj význam a byly využívány jen pro bydlení v obytných částech. Postupem času se mladší generace pomalu stěhovaly do měst a tak hospodářské statky zůstaly opuštěné nebo se využívaly jen pro rekreační účely. Objekty tak zůstaly uzamčeny, nevytápěny a nevětrány, čímž se změnila teplotní i vlhkostní podmínky a důsledky těchto změn řeší celá řada majitelů starých chalup dodnes [30].

Další starý, avšak dodnes používaný a léty ověřený způsob ochrany spodní stavby je vybudování svislého izolačního prostoru. Izolační prostor tvoří vzduchová mezera alespoň 15 cm široká, kterou dělí od obvodové zdi 15 cm široká izolační zídka. Izolační zídka by měla být vyžděna z ostře pálených cihel na cementovou maltu s konci opěrných cihel namáčenými v horkém asfaltu, aby byly opěrné cihly odděleny od hlavní zdi a nedocházelo k přecházení vlhkosti do zdi budovy. Nepropustnost izolační zídky lze ještě zvýšit použitím cementové omítky. Je zde ale podmínka, že izolační prostor musí být propojen s vnějším vzduchem ventilačními průduchy, aby mohla být vlhkost nepřetržitě odvětrávána. V dnešní době se tento postup provádí také avšak s rozdílem, že se používají novější materiály, jako například nopové fólie [21].



Obr. č. 14: Izolace vzduchovou mezerou [3]

Pokud se jedná o stavbu, která byla ministerstvem kultury prohlášená za kulturní památku podle zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, jsou opravy a dodatečné úpravy budov složitější, a to nejen z hlediska materiálu a práce. Jak totiž zákon č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči [28] uvádí: „Zamýšlí-li vlastník kulturní památky provést údržbu, opravu, rekonstrukci, restaurování nebo jinou úpravu kulturní památky nebo jejího prostředí (dále jen obnova), je povinen si předem vyžádat závazné stanovisko obce...“ Stejně tak musí při rekonstrukci brát vlastník ohledy na polohu objektu. Pokud se nachází v památkově chráněných oblastech, platí pro ni také určitá pravidla. Musí být například dodržena charakteristická podoba střech, za účelem uchování celku a krásy českých i moravských měst a vesnic.

Dokumentem své doby a také významnou součástí architektonického díla a jeho památkové hodnoty jsou omítky, které svou barvou a strukturou vytváří charakter celé stavby. Proto je při rekonstrukci historické stavby důležité určení původní omítky, jejího složení, stavu a struktury a na základě těchto skutečností rozhodnutí o jejím zachování, doplnění, rekonstrukci nebo nahrazení a posléze provedení odborný návrh sanace omítek. U poškozených omítek se provádějí průzkumy stavu podkladu (do jaké míry je podklad zatížen vlhkostí a solemi), nasákavostí omítky, ložné malty a cihel nebo kamene, složení malty a omítky (např. přísady, zrnitost) a zatížení omítky solemi. Obvykle se pak na základě zjištěných vlastností a stavu zdiva a omítky ponechají části původní omítky, kde se provede sanace a na zbylých částech se doplní nová omítka. U nových omítek pak musí být dodržena původní struktura a barva. Nová omítka musí být také dostatečně odolná proti povětrnosti, s co největší paropropustností směrem ven a soudržná s podkladem, ale ne natolik, že by podklad poškodila při eventuálním odstraňování. U historických omítek bereme v potaz především druh použitého hydraulického pojiva, kde za vhodné považujeme například hydraulické vápno [6]. Hydraulické vápno je hlavním pojivem historických malt, protože způsobuje, že je směs plastická a dobře aplikovatelná. V minulosti se však nejčastěji používala vápna vyhašená, kusová nebo vzdušná [8].



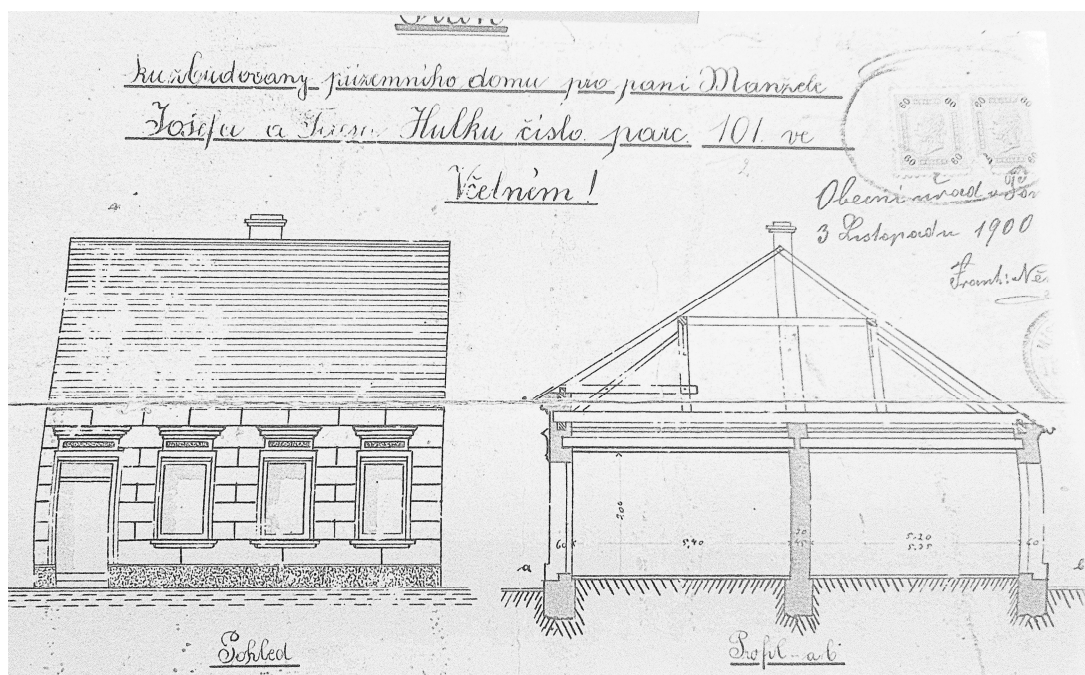
## 10. VLASTNÍ PRÁCE

Vlastní práce se zabývá zjišťováním vlhkosti vybraného objektu rodinného domu a okolních přístaveb a obsahuje informace potřebné ke zjištění, změření a posouzení vlhkosti v objektech. Tyto informace byly zjištěny ze zapůjčených původních výkresů domu, průzkumu objektu, z poznatků majitelů a odběrem vzorků zdiva v různých částech objektů. Vlastní práce je dále opatřena půdorysem prvního nadzemního podlaží se zakreslenými místy odběrů vzorků a přiloženou fotodokumentací. Avšak z důvodu co možná nejmenšího narušování soukromí majitelů chybí fotodokumentace obytných místností rodinného domu.

### 10.1 Popis a průzkum vybraného objektu

Pro účely této práce jsem si vybrala rodinný dům nacházející se v obci Včelná nedaleko Českých Budějovic. Tato stavba mne zaujala nejen svou vhodností, díky na první pohled znatelné vlhkosti, ale také svým stářím. Rodinný dům byl postaven roku 1900 a nalezneme u něj pozůstalé stáje s maštalí, které dnes bohužel chátrají a slouží už pouze jen pro uskladnění nářadí.

Foto č. 1: Čelní pohled a řez rodinným domem („Foto Sandra Studená“)



### 10.1.1 Terénní podmínky

Rodinný dům leží v kopcovitém terénu hned u hlavní silnice. V bezprostředním okolí domu je okapový chodník a zpevněná plocha pro parkování. Pouze za domem se nachází nezpevněná plocha, kterou tvoří zahrada celkové výměry 148 m<sup>2</sup>. K domu náleží i nádvoří s přílehlou maštálí a bývalými stájemi (dále jen „hospodářské stavby“), které spolu s domem zaujímají výměru 289 m<sup>2</sup>. Dům je postaven jako řadový dům, takže na něj ze dvou stran navazují sousedící budovy, které byly přistaveny později a jsou půdorysnými i výškovými rozměry obdobné. Vzhledem k návaznosti na sousedící budovy jsou okna i dveře situována jen do dvou světových stran a to na východ a na západ.

### 10.1.2 Stavebně technický popis konstrukcí

Rodinný dům je dvoupodlažní, nepodsklepený, s obyvatelným prvním nadzemním podlažím a od roku 2010 i s obyvatelným podkrovím se sedlovou střechou. Nosný systém domu je stěnový zděný. Dům je postaven na kamenných základech, obvodové zdivo a příčky jsou vyžděny z pálených cihel na vápennou maltu s vápennými omítkami. Obvodové zdivo je tloušťky 450 mm, příčky tloušťky 150 mm. Celý objekt byl odizolován proti zemní vlhkosti asfaltovými pásy, které je možno vidět ze dvora (viz Foto. č. 4 a Foto č. 10) jak u rodinného domu, tak u maštale, ale je třeba podotknout, že po více než sto letech již ztratily svou funkčnost. Od té doby se žádné dodatečné hydroizolace neprováděly, takže lze říci, že je objekt bez hydroizolace. Konstrukce podlah je původní dřevěná z prken, v kuchyni a pokojích je položeno linoleum, které netvoří zrovna příznivé podmínky pro odvětrávání vlhkosti, v obýváku je koberec a zbytek místností, tedy chodba a WC jsou opatřeny keramickými dlaždicemi. Konstrukce střechy je po rekonstrukci tvořena dřevěným krovem s betonovými taškami Bramac. Co se týká tepelné charakteristiky budovy, budova není nijak zateplena, okna jsou též nezateplená, původní dřevěná špaletová.

Hospodářské stavby jsou vyžděny stejně jako rodinný dům z pálených cihel na vápennou maltu a ze dvora je vidět přesahující a porušená asfaltová hydroizolace, která stejně jako hydroizolace rodinného domu již ztratila svou funkčnost. Maštál i stáje mají sedlovou střechu, střecha maštale je však poškozena a v některých částech chybí střešní tašky, takže do ní zatéká a strop je tak silně narušen a chátrá. Podlahy

stejně jako přilehlý dvorek jsou tvořeny betonovou dlažbou a žádné další úpravy na nich nebyly prováděny.

Z vizuálního hlediska nezpůsobuje vlhkost problémy se stabilitou, o tom také vypovídá nedávno provedená rekonstrukce podkroví, na kterou byl proveden statický posudek.

### **10.1.3 Vlhkostní stav konstrukcí**

Z vizuálního hlediska je vlhkost v budově v určité míře znatelná, a to hlavně v oblasti WC a pod schodištěm. Tyto místnosti jsou pouze 4 roky po rekonstrukci a již teď jsou nátěry porušeny, protože v těchto místech bobtnají (viz Foto č. 7). V celém přízemí se také odlupují a opadávají omítky. Výrazné vlhkostní mapy však najdeme až na obvodovém zdivu (viz Foto č. 4). V hospodářských stavbách jsou už vlhkostní mapy znatelné spolu s plísní a mechy uvnitř a tvoří se zde v místech, kde je porušen střešní plášť (viz Foto č. 9). U hospodářských staveb je vlhkost znatelná již na první pohled i u krovů a stropní konstrukce, která je zchátralá a prohnilá po letech zatékání netěsnostmi ve střešní konstrukci. Zde bylo zbytečné odebírat vzorky, protože je přítomnost vysoké vlhkosti patrná nejen vizuálně, ale i na dotek.

### **10.1.4 Rozvody v objektu**

Způsob vytápění je ústřední vytápění na plyn s otopnými tělesy (radiátory) umístěnými pouze ve vytápěných místnostech. Budova je vytápěna pouze v obytných místnostech, to znamená, že topení zcela chybí na WC, v kuchyni a na chodbě. V hospodářských stavbách se netopí, protože slouží jen pro účely uskladnění, ale díky absenci dveří u maštale a provizorních, nevyplněných dveří u bývalých stájí jsou prostory alespoň nepřetržitě větrány.

Dešťová voda je u rodinného domu v přední části (směrem k hlavní silnici) zachycována okapy a vedena do dešťových svodů napojených přímo na kanalizační přípojku. Z druhé strany, směrem ze dvorku a u hospodářských staveb nejsou dešťové svody napojeny a voda je odváděna do dvorku, kudy odtéká. Avšak toto řešení není zcela vhodné, kvůli absenci hydroizolace a kvůli dvorku, který je tvořen betonovou dlažbou, takže je voda vedena do kanalizace až vpustí (viz. Foto č. 11).

### **10.1.5 Provozní podmínky v objektu**

Místnosti rodinného domu jsou určeny pro bydlení a také k tomuto účelu slouží. Hospodářské stavby slouží pouze pro účely uskladnění.

V budově nejsou žádné větrací systémy pro nucené větrání (jako např. rekuperační jednotky, ventilátory apod.). Větrání probíhá pouze okny, dveřmi a infiltrací, to znamená netěsnostmi oken a spárami ve zdivu.

Vzhledem k tomu, že v roce 2010 probíhala rekonstrukce celého podkroví, kdy se z neobytných střešních prostor staly obytné a vytápěné prostory předpokládá se, že do objektu nikudy nezateká a ani vizuálně nejsou stěny vlhké. Proto zde nebyly odebrány vzorky pro stanovení vlhkosti zdiva. S rekonstrukcí podkroví byla spojena i rekonstrukce WC, prostoru pod schodištěm a celého schodiště, kde byly mimo jiné provedeny nové štuky a omítky.

### **10.2 Metodika práce**

Cílem měření bylo zjistit vlhkost zdiva v prostorách prvního nadzemního podlaží a přilehlých hospodářských staveb. Jedná se o chodbu, obývací pokoj, WC a hospodářské stavby.

K účelům této bakalářské práce byla použita gravimetrická (neboli „vážková“) metoda, která je založena na odběru vzorků, které jsou ve vlhkém stavu zváženy, poté vysušeny a znovu zváženy. Gravimetrickou metodou se tedy zjišťuje podíl vody ve vzorku k hmotnosti sušiny. Celkem bylo odebráno 9 vzorků, každý z jiné části domu pro celkovou představu o vlhkosti. Vzhledem k tomu, že dům je obýván, zvolila jsem metodu odběru vzorku co nejšetrnější. Vzorky byly odebrány vyvrtáním cihelného prášku z chodby, WC, obývacího pokoje a hospodářských staveb. Odebrané vzorky byly následně očíslovány a dopraveny do laboratoře, kde byly zváženy. Veškeré vážení a sušení probíhalo v laboratoři Povodí Vltavy v Českých Budějovicích. Nejprve byly očíslovány a zváženy misky, kterým se přiřadila čísla vzorků a do takto očíslovaných misek se vsypaly jednotlivé vzorky ve stavu, ve kterém byly odebrány, tzn. s příslušnou vlhkostí. Poté byly v laboratoři vysušeny při teplotě 105 °C. Celý proces sušení trval přibližně 24 hodin. Druhý den, tzn. po vysušení byly vzorky vloženy do exsikatoru, aby nevstřebaly okolní vlhkost ze vzduchu a ještě ten

den zváženy v suchém stavu. Z rozdílů hmotností před ( $m_v$ ) a po sušení ( $m_s$ ) byla vypočítána procentuelní vlhkost dle vzorečku:

$$w = \frac{m_v - m_s}{m_s} \cdot 100,$$

Kde:

$m_v$  = hmotnost vlhkého vzorku,

$m_s$  = vlhkost vysušeného vzorku

Vážení a sušení vzorků probíhalo na kalibrovaných přístrojích zapůjčených laboratoří Povodí Vltavy. Vážení probíhalo na laboratorní váze Sartorius AKL 2368 s přesností na tisíce gramů. K vysušení vzorků byla použita laboratorní sušárna Heraeus Instruments.

Foto č. 2: Laboratorní váha Sartorius („Foto Sandra Studená“)



Foto č. 3: Laboratorní sušárna („Foto Sandra Studená“)



Pomůcky ke stanovení vlhkosti gravimetrickou metodou: nízkootáčková vrtačka, nádoby se vzduchotěsným uzávěrem, laboratorní váha Sartorius, laboratorní sušárna Heraeus Instruments s nastavitelnou teplotou 105 °C, očíslované misky, exsikátor.

### 10.3 Výsledky měření

číslo vzorku	místo odběru	naměřená vlhkost v %	stupeň vlhkosti
1	Obvodová zeď z vnější strany	3,18	nízká
2	Maštal stará část z vnitřní strany	2,41	velmi nízká
3	Maštal nová část z vnitřní strany	3,22	nízká
4	Bývalá stáj	3,46	nízká
5	Chodba 1	4,49	nízká
6	Chodba 2	4,36	nízká
7	Obývací pokoj	2,18	velmi nízká
8	Místnost pod schodištěm	10,23	velmi vysoká
9	Chodba u vchodu na dvůr	13,2	velmi vysoká

Tab. č. 5: Procentuální vlhkost místností („Tab. Sandra Studená“)

### 10.4 Stanovení možných příčin vlhkosti v objektu

Po zhodnocení poměrů v okolí stavby a výsledcích odběrů vzorků lze předpokládat, že je vlhkost v budově z velké části zapříčiněna starou hydroizolací, která po více jak sto letech ztratila svou funkčnost, takže je stavba vůči vlhkosti zcela nechráněná. Na objekt působí vztlínající vlhkost a srážková a povrchová voda, která se dostává do konstrukcí. Dalším problémem se zdá být nevhodné vyústění dešťových svodů na dvorek, které vodu mají svádět do kanalizace, ale jejich funkčnost nelze pro naše účely jednoznačně ověřit. Další problém vidím v nevhodném umístění WC, které je bez oken, tudíž je místnost špatně odvětrávaná, stejně tak i prostor pod schodištěm je nedostatečně větraný, díky čemu se zde vlhkost stále drží na velmi vysokém vlhkosním stupni.

U hospodářských staveb je hlavní příčinou vlhkosti konstrukcí chybějící střešní krytina hned na několika místech, tudíž potom do objektu zatéká srážková voda a zdivo je pak vlhké a na stěnách se tvoří plísně a mechy. Také zde hydroizolace ztratila po letech svou funkčnost, takže jsou hospodářské stavby nechráněné proti zemní vlhkosti i ze spodní strany.

#### **10.4.1 Zhodnocení míst odběru vzorků z hlediska možné příčiny vlhkosti**

##### **Vzorek. č. 1: Obvodová zeď z vnější strany (viz. Foto č. 4)**

V tomto místě odběru je vlhkost s největší pravděpodobností zapříčiněná ostřikující srážkovou vodou, která místo aby byla dešťovými svody zaústěna přímo do kanalizace, je odváděna na dvorek. Ostřikující voda zde však působí i při vydatných deštích, protože dvorek tvoří zpevněná betonová plocha, od které se dešťová voda odráží na obvodové zdivo. Navíc zde chybí již zmiňovaná hydroizolace a proto je pro zdivo obtížné vyschnout a tvoří se zde vlhkostní mapy, odlupuje omítka a odpadává zdivo.

##### **Vzorek č. 2: Maštal stará část z vnitřní strany (viz Foto č. 5)**

V místě odběru tohoto vzorku je vlhkost zapříčiněna opět chybějící hydroizolací a porušeným střešním pláštěm, do kterého zatéká srážková voda. Objekt je tedy neizolován zespoda proti zemní vlhkosti, ani shora proti srážkám.

##### **Vzorek č. 3: Maštal nová část z vnitřní strany (viz. Foto č. 6)**

V novější části maštale je příčina vlhkosti podobná jako u starší části maštale. Zde je obdobně porušený střešní plášť a chybějící hydroizolace. Vlhkost je zde však o necelé 1% vyšší a to zřejmě z důvodu polohy odebraného vzorku, protože v místě odběru tohoto vzorku byl střešní plášť narušen více než tomu bylo u starší části maštale, kde byl vzorek navíc odebírána z rohu místnosti.

##### **Vzorek č. 4: Bývalá stáj (viz. Foto č. 7)**

V bývalé stáji je taktéž problém s chybějící hydroizolací a zatékáním srážkové vody do konstrukce. Vlhkost v hospodářských stavbách však není tak vysoká, protože jsou neustále odvětrávány nepřetržitým přísunem čerstvého vzduchu, avšak tento přísun není dostatečný pro to, aby zcela vyschly.

##### **Vzorek č. 5: Chodba 1**

Vlhkost naměřená na chodbě odpovídá vlhkostnímu stupni nízká, avšak to mohlo být zapříčiněno momentálním topením nebo popř. větráním a následným poklesem vlhkosti, protože zde byla vlhkost na první pohled znatelná jak vizuálně,

tak i díky odlamování kusů omítky při odebrání vzorku. Příčina vlhkosti v tomto místě může být s vysokou pravděpodobností opět způsobena absencí hydroizolace spodní stavby.

#### **Vzorek č. 6: Chodba 2**

Příčina vlhkosti na chodbě, tentokrát ale v jiné části chodby, je téměř stejná jako u předchozího vzorku. Z toho můžeme usuzovat, že příčina vlhkosti je stejná, tedy absence hydroizolace.

#### **Vzorek č. 7: Obývací pokoj**

V obývacím pokoji byl vzorek zdiva odebrán pod topením, navíc byl v době odběru celý obývací pokoj vytápěn a bývá i pravidelně větrán. Navíc jsou v této (přední) části domu dešťové svody přímo napojeny na kanalizaci. Tyto skutečnosti odpovídají i naměřené vlhkosti, která se zde pohybuje na stupnici velmi nízké vlhkosti a ze všech naměřených hodnot vyšla vlhkost nejnižší právě v obývacím pokoji. Touto vlhkostí se pro účely této bakalářské práce nebudeme zabývat, protože je to vlhkost zanedbatelná.

#### **Vzorek č. 8: Místnost pod schodištěm (viz Foto č. 8)**

V místnosti pod schodištěm byla naměřena druhá nejvyšší vlhkost i přes to, že tato místnost byla rekonstruována spolu s vedlejším WC a rekonstrukcí podkroví v roce 2010. Zde je vlhkost patrná nejen vizuálně, ale lze ji i „cítit“. Zde bude opět s největší pravděpodobností problém s chybějící hydroizolací, ale protože je zde vlhkostní stupeň velmi vysoký, bude příčina ještě jinde. Dalším faktorem, který v této místnosti vlhkost podporuje je absence oken nebo jiného způsobu větrání, a tak se zde vlhkost drží a nemá možnost být dlouhodoběji odvětrávána.

#### **Vzorek č. 9: Chodba u vchodu na dvůr (viz. Foto č. 9)**

Tento vzorek byl odebrán z ostění u dveří do dvora v zadní části chodby. Zde byl naměřen nejvyšší vlhkostní stupeň. Zde se nejspíš šíří vlhkost stěnou z venku až do vnitřku kvůli chybějící vertikální i horizontální izolaci.



## 10.5 Návrh sanačního opatření

Starý dům má tendenci být vlhký, především pokud stojí ve svahu a chybí mu izolace proti zemní vlhkosti, jak je tomu v našem případě. Betonem a cementovými omítkami však problém neodstraníme, jak si mnoho lidí myslí, ale naopak výrazně zhoršíme. Také nalepení asfaltového pásu pod omítku nic neřeší. Dům bude i nadále vlhký. Takováto opatření pouze dočasně maskují vlhkou zeď, místo aby řešila vlastní příčinu problému. Tradiční materiály, jako je cihelné, kamenné či hliněné zdivo, vápenné a hliněné omítky, mají tu důležitou vlastnost, že jsou prodyšné. Pokud odstraníme příčinu pronikání vlhkosti, postupně vyschnou. Uzavřeme-li však vlhkost ve zdivu jakoukoliv neprodyšnou úpravou (cement, asfalt, olejový nátěr, obkladačky, na podlaze beton či linoleum), místnosti zůstanou vlhké a plesnivé. Co tedy dělat? Vhodné je nejprve objekt odizolovat proti zemní vlhkosti a následně ho nechat vysušit. Můžeme k tomu využít metody jako je podřezávání domu, avšak bývají dosti náročné, drahé a nešetrné. I přesto se však pokusím v této práci zhodnotit jejich vhodnost, popř. nevhodnost.

V první řadě je potřeba odvlhčení budovy nahrazením již nefunkční hydroizolace novou hydroizolací. Způsobů řešení náhrady poškozené hydroizolace, které jsou navíc vhodné i pro účely provedení dodatečné hydroizolace u starších objektů, je hned několik druhů. Je zde možné provést injektáž zdiva, mechanické metody vložení dodatečné hydroizolace jako podřezávání a probourávání zdiva a zarážení nerezových plechů. Nyní si proto zhodnotíme výhody a nevýhody, popřípadě pracnost a cenovou náročnost těchto opatření vzhledem k vhodnosti a možnosti použití na řešeném rodinném domě.

Injektáž zdiva se pro naše účely zdá jako vhodné řešení, protože je poměrně jednoduchá, málo pracná a také poměrně rychlá. Velkou výhodou této metody je to, že nenarušuje statiku domu, je šetrná ke stavebním konstrukcím a lze ji použít na všechny druhy zdiva. Méně šetrnou metodou a také o mnoho pracnější a časově náročnější je probourávání zdiva. V našem případě lze tuto metodu využít díky tomu, že je dům vyzděný z cihel, navíc by nebyla díky malé tloušťce zdiva tolik pracná – probourávání by nemuselo být prováděno na dvakrát, jak je tomu u zdiva o tloušťce nad 600 mm. Obdobně je tomu i u podřezávání zdiva. Je to metoda drahá, zasahující do konstrukce domu, takže může nepříznivě ovlivnit statiku domu, avšak je to metoda relativně rychlá. A opět vzhledem ke zděnému konstrukčnímu systému lze

využít podřezávání ruční, čímž sice ušetříme peněženku, ve srovnání s již zmíněnými mechanickými metodami, za to je ale velmi pracná. Stejně tak by byla možná metoda podříznutí zdiva řetězovou pilou, protože je zdivo soudržné. Rozhodně je tato metoda méně pracná a rychlejší než ruční podřezávání zdiva. Také z důvodu, že se v objektu nenacházejí klenby, je v tomto případě metoda podřezávání proveditelná. Pokud by se totiž v domě klenby vyskytovaly, bylo by zde riziko poklesnutí klenby a vzniku trhlin. Poslední mechanickou metodou, kterou lze použít je zarážení ocelových nerezových plechů. Opět lze tuto metoda pro naše účely díky průběžné spáře zdiva použít, avšak stejně jako u ostatních mechanických metod je to razantnější zásah do konstrukce. Její výhodou je však velmi vysoká životnost díky použití nerezového materiálu. Celkově mají všechny mechanické metody výhodu v tom, že nemusí být současně prováděny zemní práce a mají vysokou životnost.

Musím však podotknout, že již v dřívějších dobách se příznivě osvědčily systémy větracích dutin a kanálů, protože fungují na jednoduchém principu provětrávání konstrukcí (stěny, podlahy) proudícím vzduchem. V našem případě rodinného domu ve svahu máme několik možností. Nejúčinnější by bylo odkopat dům zvnějšku (nejlépe až do hloubky základu) a odizolovat. Odizolovat objekt můžeme např. nopovými fóliemi, které mají umožnit větrání, jsou však použitelné u nepříliš vlhkého zdiva. Je-li zdivo velmi vlhké, jsou fólie nedostačující, protože jsou pro účinné proudění vzduchu příliš malé. Navíc jakýkoliv příkop vykopaný podél domu by pak měl mít na dně drenážní trubku zasypanou štěrkem a vyspádanou směrem od objektu, abychom se zbavili srážkové vody. Avšak v našem případě lze odkopání domu zvnějšku pouze ze dvou stran.

Z vnější strany by se také daly vytvořit přízdívky se souvislou větranou mezerou šířky alespoň 40 mm po celé ploše stěny a uvnitř v místnosti provést kanály. Ty se nejčastěji provádějí pod podlahou, po vnitřním obvodu stěn. Kanál můžeme vést podle potřeby třeba jen podél jedné vlhké stěny nebo naopak okolo celé místnosti, kdy průřez kanálu bývá nejčastěji čtvercový či obdélný. Nasávání je provedeno uvnitř místnosti skrze mřížku těsně nad podlahou nebo zvenku, výdech je vyveden ven na fasádu. A protože stavba vlhne od základů, navrhovala bych zařídit odvětrávání podél zdi pomocí větracího kanálu, jímž proudí vzduch a zdi by nepřetržitě vysoušel.

Vnitřek domu také potřebuje drobnější zásahy. Zde se jedná hlavně o staré dřevěné podlahy, na kterých je navíc položené linoleum, které brání dřevu dýchat. Dřevěné podlahy by bylo vhodné odstranit, doplnit podlahu o tepelnou izolaci a nahradit novou podlahou. Buď opět dřevěnou, ale nepokrývat linoleem nebo např. tenkou litou železobetonovou deskou. Stejně tak provést renovaci zdiva. Osekat staré poškozené omítky a použít sanační omítky. Ty mají vysokou propustnost vzduchu. Avšak musíme se smířit s tím, že takto omítnutou plochu už nelze natřít hustými barvami, protože by ztratila svou vysokou propustnost.

Po provedení utěšňujících úprav je také na místě zaústit dešťové svody přímo do kanalizace, aby byla jistota, že srážková voda nebude unikat a zavlhčovat stavbu. Kanalizační vpust' bych ale rozhodně na dvorku ponechala, aby se zde voda nedržela a nepůsobila škody.

Co se týká hospodářských staveb, už jen kvůli bezpečnosti je třeba kompletně vyměnit střešní konstrukci od střešních tašek až po celý krov. U nového krovu bude nezbytná impregnace. A protože je podkrovní část nevyužitá a bez možného přístupu, není zde nutná stropní konstrukce, která je taktéž dřevěná a silně narušená vlhkostí. Proto bych ji zrušila a postavila pouze nový krov s novými střešními taškami. Bylo by však vhodné odborné posouzení, zda není starý krov napaden dřevomorkou, což je dřevokazná houba, které vyhovuje vlhké, tmavé a nevětrané prostředí a dokonce dokáže prorůst zdivem a betonem. V případě, že by se v konstrukci dřevomorka nacházela, musely by být zásahy větší a muselo by se prozkoumat, zda se dřevomorka nedostala do dalších konstrukcí. A protože prostory hospodářských staveb slouží pouze pro uskladnění, žádné razantnější úpravy bych zde neprováděla. Ani naměřená vlhkost zde nebyla vysoká, takže pokud by se tyto místnosti neuzavřely, nepředpokládá se, že by se zde vlhkost držela. Pouze bych zde navrhla osekání starých omítek a použití sanačních nebo jiných propustných omítek a stejně jako u rodinného domu zaústění dešťových svodů přímo do kanalizace.

Po provedení všech potřebných sanačních opatření by se měla udržovat v místnostech přiměřená teplota pro možnost rychlého vysychání, to znamená teplota kolem 22 °C a mělo by být zajištěno časté a pravidelné větrání s přístupem čerstvého vzduchu.

## ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo zhodnotit problematiku vlhkosti ve stavbách, nastínit hlavní projevy, příčiny a negativní dopady vlhkosti na stavby, představit nejčastější metody zjišťování vlhkosti ve stavbách a zhodnotit nejčastější způsoby ochrany a odvlhčování staveb. V první řadě jsem se snažila zahrnout do bakalářské práce všechny potřebné informace, které byly následně využity ve vlastní (praktické) části práce, aby na sebe tyto dvě části co nejvíce navazovaly a doplňovaly se.

V praktické části jsou poznatky z teoretické části konkrétněji představeny na příkladu starého rodinného domu postaveného již v roce 1900, který je postižen vlhkostí. Pro tento objekt se uskutečnil odběr celkem devíti vzorků jednou z destruktivních metod. Následné zjišťování vlhkosti probíhalo v laboratoři se zapůjčenými speciálními pomůckami pro dosažení co největší přesnosti měření. Změřená data byla poté za pomoci příslušného vzorce vypočítána a z těchto výsledků se odvíjel zbytek bakalářské práce. Na základě poznatků z teoretické části, naměřených výsledků a co možná nejpodrobnějšího průzkumu rodinného domu jsem zhodnotila možné příčiny vlhkosti v objektu a na základě těchto příčin jsem se snažila vybrat a navrhnout co nejvhodnější opatření proti vlhkosti, které by bylo ideální právě pro vyšetřovaný rodinný dům, a to na základě vhodnosti pro tento typ domu, umístění, stáří a stav stavby, dále podle cenových a časových možností a pracnosti jednotlivých metod.

Pro co nejlepší orientaci a představu o celkovém stavu rodinného domu jsem bakalářskou práci rozšířila o celkovou fotodokumentaci rodinného domu a fotodokumentaci míst odběrů vzorků s vyznačením příslušných pohledů (A, B, C, D, E a F) na jednotlivé fotografie na přiloženém výkresu půdorysu prvního nadzemního podlaží.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### Odborná literatura

- [1] Anton, O., Blažková, V., Hobst, L.: *Měření v praxi soudního inženýra - Příspěvek XIV. konference znalců*, Soudní inženýrství, 2005, 176-178.
- [2] Balík, M.: *Vysušování zdiva v příkladech*, Grada Publishing a.s., 2009, 7-17.
- [3] Balík, M., Solař, J.: *100 tradičních stavebních detailů – ochrana proti vodě*, Grada Publishing a.s., 1, 2011, 9-15.
- [4] Balík, M., Solař, J.: *Odvhlčování staveb 2.*, přepracované vydání, Grada Publishing a.s., 2008, 15-17.
- [5] Balík, M., Solař, J.: *Odvodnění domu Anglické dvorky, drenáže, vzduchové dutiny*, Grada Publishing, 2006, 10-20.
- [6] Blaha, M.: *Omítky: druhy, provádění, opravy*, Grada Publishing a.s., 2004, 87-88.
- [7] Bornehag, C. G., Blomquist, G., Gyntelberg, F., Jarvholm, B., Malmberg, P., Nordvall, L., Nielsen, A., Pershagen, G., Sundell, J.: *Dampness in buildings and health. Nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations between exposure to “dampness” in buildings and health effects (NORDDAMP)*, Indoor Air, 11, 2001, 72–86.
- [8] Gregerová, M.: *Vzdušné malty historických staveb, jejich identifikace, příčiny degradace a návrh sanace*, Geol. Výzk. Mor. Slez. v r. 1999, 154.
- [9] Hůlka, C., Tokar, J., Mařík, R., Zwiener, V.: *Kutnar – Izolace spodní stavby Skladby a detaily konstrukční a materiálové řešení*, Dektrade a.s., 2008, 4-11.
- [10] Chaloupka, K., Svoboda, Z.: *Ploché střechy – praktický průvodce*, Grada Publishing a.s., 1, 2009, 67-68.
- [11] I'Anson, S. J., Hoff, W. D.: *Water movement in porous building materials—VIII. Effects of evaporative drying on height of capillary rise equilibrium in walls*. Building and Environment 21, 1986, 195 – 200.
- [12] Javorčková, D.: *Opatření proti vlhkosti*, Časopis Krkonoše 8, 2008, 48-49.
- [13] Maksimovic', M., Stojanovic', G. M., Radovanovic', M., Malešev, M., Radonjanin, V., Radosavljevic', G., Smetana, W.: *Application of a LTCC sensor for measuring moisture content of building materials*, Construction and Building Materials 26, 2012, 327-333.
- [14] Nečas, R., Hroza, M., Bojáč, M.: *Historické přísady pro modifikaci vlastností vápenných kaší*. Silikátový zpravodaj, 29, 2013, 16-22.

- [15] Pume, D., Čermák, F.: *Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí*, Praha ARCH, 1993, 127.
- [16] Řihák, J., M., Mikula, R.: *Pokryvačství Tradice z pohledu dneška*, Grada Publishing a.s., 1756, 2003, 56-57.
- [17] Slanina, P.: *Parozábrany v plochých střeších*, Střechy, fasády, izolace, 2004, 40-42.
- [18] Solař, J.: *Ostraňování vlhkosti sanace vlhkého zdiva*, Grada Publishing a.s., 2013, 18-20.
- [19] Solař, M.: *Energetické úspory a architektonické dědictví*, Slavonická renesanční, o. p. s. a Státní fond životního prostředí ČR, 2011, 8-9.
- [20] Straka, B., Novotný, M., Krupicová, J., Šmak, M., Šuhajda, K., Vejpustek, Z.: *Konstrukce šikmých střech*, Grada Publishing a.s., 2013, 97-108.
- [21] Štumpa, B., Šefců, O.: *100 osvědčených staveních detailů zednictví*, Grada Publishing a.s., 1, 2011, 54–55.
- [22] Tribulová, T., Kotlík, P.: *Vliv rozdílného složení historických omítek na jejich odolnost*, Ústav chemické technologie restaurování památek, 2012, 6-14.

### **Normy a zákony**

- [23] ČSN 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov - Část 2*, Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [24] ČSN 73 0610: *Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení*, Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [25] ČSN 73 4301: *Obytné budovy*, Český normalizační institut, Praha 2004.
- [26] ČSN EN 15665: *Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov*, Úřad pro normalizaci, měření a státní zkušebnictví, 2009.
- [27] ČSN P 73 0600: *Hydroizolace staveb – Základní ustanovení*, Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [28] Zákon č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči (památkový zákon). In: *Sbírka zákonů*. 30. 3. 1987. ISSN 1211-1244.

### **Elektronické zdroje**

- [29] Bozděch, Z.: *Revize ČSN 73 0600 a výklad některých ustanovení této normy - část pátá*. [online]. iMateriály. [Cit 2. 3. 2014]. Dostupné z:

<http://imaterialy.dumabyt.cz/Legislativa/Revize-CSN-73-0600-anbspvyklad-nekterych-ustanoveni-teto-normy-cast-5.html>.

[30] Hynková, A., Pelánková, B.: *Vznik poruch vlivem změny užívání starých vesnických domů*. [online]. TZB – info. [Cit. 13.2.2014]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/historicke-stavby/9865-vznik-poruch-vlivem-zmeny-uzivani-starych-vesnickych-domu>.

[31] Pavlát, J.: *Vlhkost staveb*. [online]. Ing. Josef Pavlát – autorizovaný inženýr a soudní znalec. [Cit. 17.12.2013]. Dostupné z: <http://www.pavlat-znalec.cz/otazky-z-problematiky-stavebni-technologie/vlhkost-staveb.html>.

[32] Solař, J.: *Problematika nadměrné vlhkosti u střešních pláštů šikmých a strmých střech*. [online]. TZB - info. [Cit. 3. 4. 2014]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/strechy/8852-problematika-nadmerne-vlhkosti-u-stresnich-plastu-sikmych-a-strmych-strech>.

[33] Zádorožný, J.: *Hydroizolace – pojistka pro koupelnu*. [online]. Abs – portal. [Cit. 2. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyroby/hydroizolace/hydroizolace-pojistka-pro-koupelnu-2126.html>.

## SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. č. 1: Zdroje vody působící na budovu [5].....	11
Obr. č. 2: Jednorozměrný difúzní tok vlhkosti [17].....	15
Obr. č. 3: Vícerozměrný difúzní tok vlhkosti [17].....	15
Obr. č. 4: Bariéra proti volné vodě [5].....	21
Obr. č. 5: Liniová drenáž [5].....	23
Obr. č. 6: Dvouúrovňová vertikální plošná drenáž [29].....	23
Obr. č. 7: Ruční podřezávání zdiva pilou břichatkou [18].....	27
Obr. č. 8: Podříznutí zdiva lanovou pilou [18].....	27
Obr. č. 9: Dodatečné provedení svislé hydroizolace z otevřeného výkopu [21].....	30
Obr. č. 10: Dvouplošťová šikmá střecha s tepel. izolací mezi a pod krokvemi [20]..	31
Obr. č. 11: Jednoplášťová plochá střecha s klasickým pořadím vrstev [32].....	32
Obr. č. 12: Anglický dvorek a jeho odvodnění [5].....	35
Obr. č. 13: Odvětrání suterénu dutinovým soklem [5].....	35
Obr. č. 14: Izolace vzduchovou mezerou [3].....	36

## SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tab. č. 1: Nejčastější zdroje vlhkosti v budovách [4].....	10
Tab. č. 2: Klasifikace vlhkosti zdiva [24] .....	19
Tab. č. 3: Klasifikace zvýšené a vysoké hmotnostní vlhkosti w (%) v závislosti na využití vnitřních místností [18] .....	20
Tab. č. 4: Ukázka rozhodovacích tabulek [2].....	29
Tab. č. 5: Procentuální vlhkost místností („Tab. Sandra Studená“) .....	43

## SEZNAM POUŽITÝCH FOTOGRAFIÍ

Foto č. 1: Čelní pohled a řez rodinným domem („Foto Sandra Studená“).....	38
Foto č. 2: Laboratorní váha Sartorius („Foto Sandra Studená“) .....	42
Foto č. 3: Laboratorní sušička („Foto Sandra Studená“) .....	42
Foto č. 4: Vzorek č. 1; pohled A - Obvodová zeď s viditelnou starou asfaltovou hydroizolací („Foto Sandra Studená“) .....	54
Foto č. 5: Vzorek č. 2; pohled B – Stará část maštale („Foto Sandra Studená“) .....	55
Foto č. 6: Vzorek č. 3; pohled C – druhá (novější) část maštale se silně narušenou stropní konstrukcí („Foto Sandra Studená“) .....	55
Foto č. 7: Vzorek č. 4; pohled D – Bývalé stáje („Foto Sandra Studená“).....	56
Foto č. 8: Vzorek č. 8; pohled E – Místnost pod schodištěm („Foto Sandra Studená“).....	56
Foto č. 9: Vzorek č. 9; pohled F– Porušené ostění u vchodu na dvůr („Foto Sandra Studená“).....	57
Foto č. 10: Starší část maštali s porušenou stropní kci („Foto Sandra Studená“) .....	58
Foto č. 11: Maštal s viditelnou starou asfaltovou hydroizolací („Foto Sandra Studená“).....	58
Foto č. 12: Kanalizační vpust' odvádějící dešťovou vodu z dešťových svodů („Foto Sandra Studená“) .....	59
Foto č. 13: Střešní krytina v novější části maštali („Foto Sandra Studená“) .....	59

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Půdorys 1. NP rodinného domu se zakreslením míst odběrů vzorků



## FOTODOKUMENTACE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

### Fotodokumentace míst odběru vzorků



Foto č. 4: Vzorek č. 1; pohled A - Obvodová zeď s viditelnou starou asfaltovou hydroizolací („Foto Sandra Studená“)



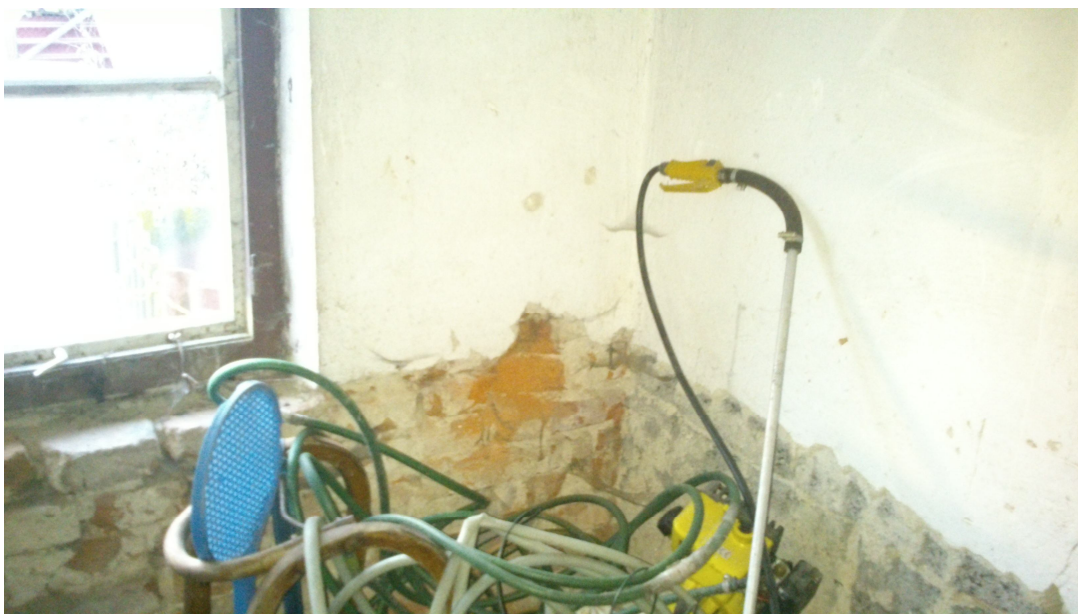


Foto č. 5: Vzorek č. 2; pohled B – Stará část maštale („Foto Sandra Studená“)



Foto č. 6: Vzorek č. 3; pohled C – druhá (novější) část maštale se silně narušenou stropní konstrukcí („Foto Sandra Studená“)



Foto č. 7: Vzorek č. 4; pohled D – Bývalé stáje („Foto Sandra Studená“)



Foto č. 8: Vzorek č. 8; pohled E – Místnost pod schodištěm („Foto Sandra Studená“)





Foto č. 9: Vzorek č. 9; pohled F – Porušené ostění u vchodu na dvůr („Foto Sandra Studená“)

## Fotodokumentace rodinného domu a hospodářských staveb



Foto č. 10: Starší část maštali s porušenou stropní kcí („Foto Sandra Studená“)



Foto č. 11: Maštal s viditelnou starou asfaltovou hydroizolací („Foto Sandra Studená“)

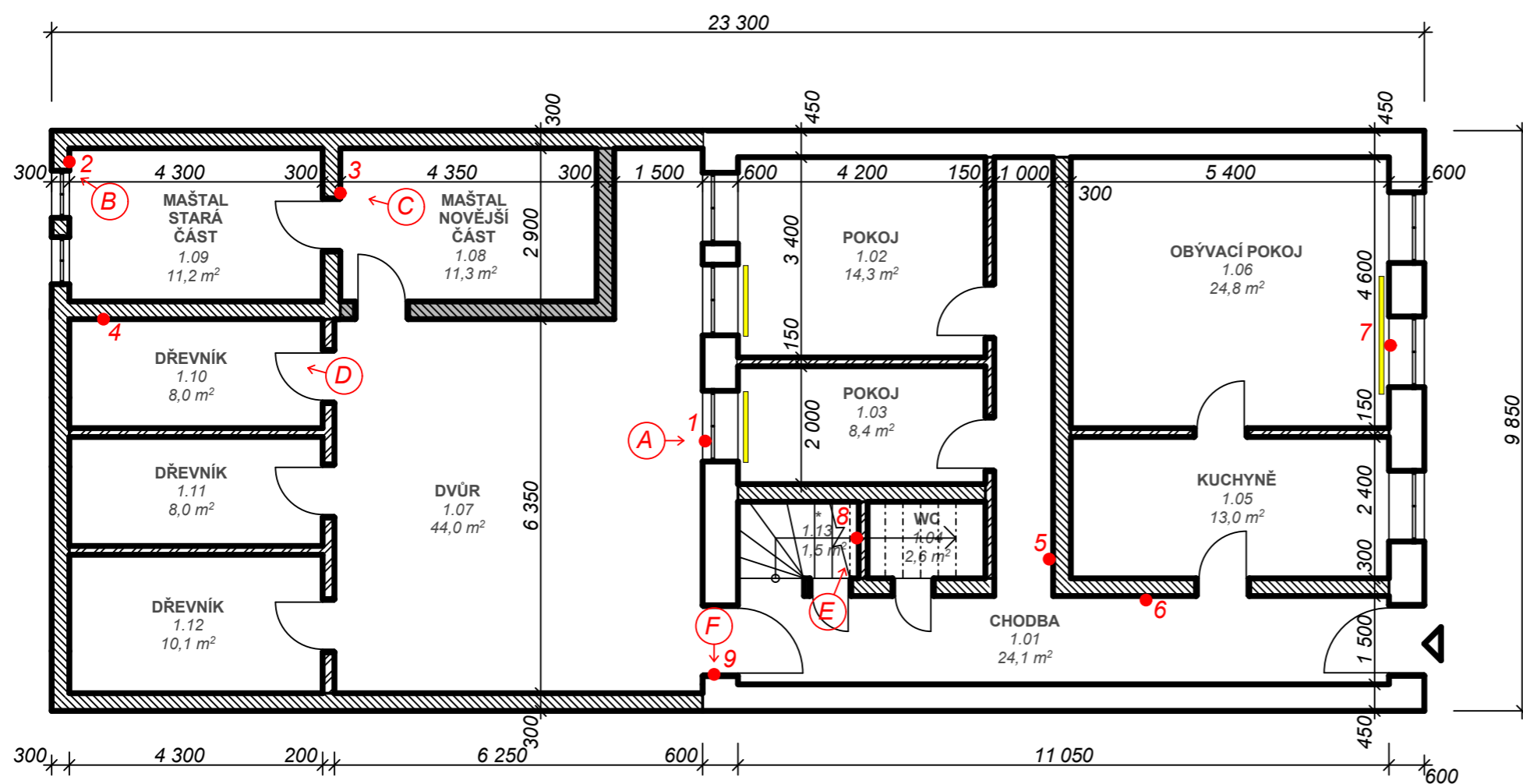




Foto č. 12: Kanalizační vpust' odvádějící dešťovou vodu z dešťových svodů („Foto Sandra Studená“)



Foto č. 13: Střešní krytina v novější části maštali („Foto Sandra Studená“)



### LEGENDA ZNAČEK

- Topné těleso
- Místo odběru
- Pohled k přiložené fotodokumentaci
- \* 1.13 Místnost pod schodištěm

### LEGENDA MATERIÁLU

- Cihla pálená tl. 450 mm na MC
- Cihla pálená tl. 300 mm na MC
- Přístavba - Cihla pálená tl. 300 mm na MC
- Cihla pálená tl. 150 mm na MC

Označení místností	Účel	Plocha (m <sup>2</sup> )	Podlaha	Povrchová úprava stěn
1.01	Chodba	24,1	Ker. dlažba	Vápenná omítka štuk
1.02	Pokoj	14,3	PVC	Vápenná omítka štuk
1.03	Pokoj	8,4	PVC	Vápenná omítka štuk
1.04	WC	2,6	Ker. dlažba	Ker. obklad
1.05	Kuchyň	13,0	PVC	Vápenná omítka štuk
1.06	Obývací pokoj	24,8	Koberec	Vápenná omítka štuk
1.07	Dvůr	44,0	Bet. dlažba	Vápenná omítka štuk
1.08	Maštal novější	11,3	Bet. dlažba	Vápenná omítka štuk
1.09	Maštal stará	11,2	Bet. dlažba	Vápenná omítka štuk
1.10	Dřevník	8,0	Bet. dlažba	Bez povrchové úpravy
1.11	Dřevník	8,0	Bet. dlažba	Bez povrchové úpravy
1.12	Dřevník	10,1	Bet. dlažba	Bez povrchové úpravy
1.13	Místnost pod schodištěm	1,5	Beton	Vápenná omítka štuk

VYPRACOVAL	KONTROLOVAL		JIHOČESKÁ UNIVERZITA ČESKÉ BUDĚJOVICE ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA	
SANDRA STUDENÁ	ING. JAN ZÁVITKOVSKÝ			
NÁZEV			FORMÁT	A3
<b>Zjišťování vlhkosti rodinného domu</b>			DATUM	11.12.2013
			ROČNÍK	3
NÁZEV VÝKRESU			MĚŘÍTKO	
Půdorys 1.NP rodinného domu			<b>1:100</b>	