

# **Řešení problémů s vlhkostí v bytech**

**Měření tepelně-vlhkostních charakteristik budov**

**Řešení problémů s vlhkostí a plísněmi**

**Vhodné způsoby větrání budov**

**Vhodné způsoby tepelné izolace budov**

Publikace vznikla na základě diplomové práce „Tepelně-vlhkostní charakteristiky budov“ vypracované na Západočeské univerzitě v Plzni, Fakultě elektrotechnické, Katedře elektroenergetiky a ekologie v akademickém roce 2008/2009. Vedoucím diplomové práce byl prof. Ing. Jiří Kožený, CSc.

Výsledky a zjištění v diplomové práci byly upraveny pro potřeby majitelů a nájemníků bytových a rodinných domů a shrnuty v této publikaci.

**Obsah**

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Úvod.....                                                                    | 6  |
| 1 Charakteristika starších budov z pohledu tepla a vlhkosti .....            | 7  |
| 1.1 Rozdělení zdrojů zvýšené vlhkosti .....                                  | 7  |
| 1.2 Zdroje zvýšené vlhkosti .....                                            | 7  |
| 1.3 Možné příčiny zvýšené vlhkosti v budovách.....                           | 9  |
| 1.4 Pohyb vlhkosti .....                                                     | 9  |
| 1.5 Povrchová kondenzace .....                                               | 10 |
| 1.6 Degradace stavebních materiálů .....                                     | 11 |
| 1.7 Biologické ohrožení staveb.....                                          | 11 |
| 1.8 Druhy tepelných izolací .....                                            | 12 |
| 1.9 Zateplení nebo výměna oken .....                                         | 13 |
| 1.10 Tepelný most.....                                                       | 13 |
| 1.11 Absolutní vlhkost vzduchu .....                                         | 13 |
| 1.12 Relativní vlhkost vzduchu .....                                         | 14 |
| 2 Možné nežádoucí důsledky instalace plastových oken .....                   | 14 |
| 2.1 Způsoby úniku tepla oknem.....                                           | 14 |
| 2.2 Typy oken .....                                                          | 16 |
| 3 Případová studie – řešení problémů s vlhkostí ve dvou bytových domech..... | 17 |
| 3.1 Bytový dům č. 1.....                                                     | 18 |
| 3.1.1 Popis domu .....                                                       | 18 |
| 3.1.2 Popis současného stavu.....                                            | 19 |
| 3.1.3 Byt č. 8.....                                                          | 19 |
| 3.1.3.1 Popis problémů v bytu č. 8 .....                                     | 19 |
| 3.1.3.2 Vnější podmínky měření.....                                          | 19 |
| 3.1.3.3 Vyhodnocení .....                                                    | 20 |
| 3.1.3.4 Příčiny problémů.....                                                | 22 |

|         |                                               |    |
|---------|-----------------------------------------------|----|
| 3.1.3.5 | Navrhovaná opatření.....                      | 23 |
| 3.1.3.6 | Navrhovaná opatření pro přechodné období..... | 24 |
| 3.1.4   | Byt č. 10.....                                | 25 |
| 3.1.4.1 | Vyhodnocení.....                              | 25 |
| 3.2     | Bytový dům č. 2.....                          | 27 |
| 3.2.1   | Popis domu .....                              | 27 |
| 3.2.2   | Popis současného stavu.....                   | 27 |
| 3.2.3   | Byt č. 9.....                                 | 27 |
| 3.2.3.1 | Popis problémů bytu č. 9 .....                | 27 |
| 3.2.3.2 | Vnější podmínky měření.....                   | 28 |
| 3.2.3.3 | Vyhodnocení.....                              | 28 |
| 3.2.3.4 | Příčiny problémů.....                         | 30 |
| 3.2.3.5 | Navrhovaná opatření.....                      | 30 |
| 3.2.3.6 | Navrhovaná opatření pro přechodné období..... | 32 |
| 3.2.4   | Byt č. 16.....                                | 32 |
| 3.2.4.1 | Vnější podmínky měření.....                   | 33 |
| 3.2.4.2 | Vyhodnocení.....                              | 33 |
| 3.2.4.3 | Příčiny problémů.....                         | 34 |
| 3.2.4.4 | Navrhovaná opatření.....                      | 34 |
| 3.2.5   | Byt č. 5.....                                 | 35 |
| 3.2.5.1 | Popis problémů v bytu č. 5 .....              | 35 |
| 3.2.5.2 | Vnější podmínky měření.....                   | 35 |
| 3.2.5.3 | Vyhodnocení.....                              | 35 |
| 3.2.5.4 | Příčiny problémů.....                         | 37 |
| 3.2.5.5 | Navrhovaná opatření.....                      | 38 |
| 3.2.5.6 | Navrhovaná opatření pro přechodné období..... | 39 |
|         | Závěr .....                                   | 39 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Použitá literatura ..... | 42 |
| Seznam příloh .....      | 43 |

**Použité zkratky**

CO<sub>2</sub> – oxid uhličitý

U – součinitel prostupu tepla

ČSN – Česká státní norma

## **Úvod**

U starších, ale i nových obytných staveb je vlhkost stále řešeným problémem. Zdrojem zvýšené vlhkosti mohou být atmosférická voda, podpovrchová voda a v neposlední řadě i tzv. provozní vlhkost. Určité množství vlhkosti v obytných prostorech může být pro obyvatele prospěšné například z hlediska lepšího dýchání. Nadbytečná vlhkost vede mnohdy k problémům. Nahromaděná vlhkost může vyvolat degradační pochody uvnitř materiálů nebo vznik různých plísní.

V publikaci je popsána problematika tepelně-vlhkostních charakteristik. Zaměřuji se především na vlhkost vznikající uvnitř budov vlivem jejich užívání. Mnoho lidí nezná přesné příčiny vzniku vlhkosti nebo plísní ve svých domech či bytech. Při znalosti určitých závislostí je možné tyto nedostatky řešit.

Zabývám se zde také stále častější problematikou instalace plastových oken nebo oken, která jsou příliš utěsněna. Výrobci oken se snaží o výrobu takových oken, která by byla co nejvíce těsná z důvodu minimalizace tepelných ztrát infiltrací (únik teplého vnitřního vzduchu a pronikání chladného vnějšího vzduchu okenními spárami). Tím obvykle dochází k utěsnění budovy, zamezení proudění vzduchu, následné zvýšení vlhkosti a vzniku plísní. Nejhorší jsou případy, kde se zkombinují těsná okna s nezateplenou fasádou domu. Vlhkost kondenzuje v místech, kde jsou konstrukce chladné. Tam pak vytváří ideální podmínky pro plísně. Nejvíce se tyto problémy vyskytují v rozích místností a kolem oken. Plísně nejsou jen kosmetickým problémem. Mohou způsobovat zdravotní problémy alergikům nebo lidem s dýchacími potížemi. Pro trvalou likvidaci vlhkosti a plísní je nutné odstranit příčiny jejich vzniku.

Důležitou částí publikace jsou případové studie existujících bytů, v kterých jsou problémy s vlhkostí a plísněmi. V těchto bytech byl proveden průzkum a měření teplot a vlhkostí a na základě získaných výsledků navržena opatření pro odstranění problémů. Pro měření byly vybrány dva bytové domy a v nich pět bytů, které se navzájem liší. U třech bytů se vyskytují problémy s vlhkostí, ostatní byly vybrány z důvodu porovnání. Měření byla prováděna za chladného počasí, kdy se závady nejvíce projeví. K měření byla použita metoda, při níž je měřena relativní vlhkost a teplota vnitřního vzduchu. Zároveň jsou měřeny povrchové teploty v problematických místech. Dle normy ČSN 73

0540 se stanoví, zda příslušné podmínky napomáhají vzniku plísní. Na základě zjištěných příčin jsou navržena opatření pro zlepšení podmínek.

## **1 Charakteristika starších budov z pohledu tepla a vlhkosti**

Stavby jsou tvořeny z méně či více pórovitých materiálů. Tyto materiály obsahují i vlhkost. Do jisté míry je vlhkost v budovách prospěšná z hlediska vnitřního mikroklimatu. Nepříznivě začíná vlhkost působit ve chvíli, kdy se shromažďuje v určitých místech konstrukce. Tam pak zapříčiňuje degradační procesy, které mohou ohrozit vlastnosti stavební konstrukce.

### **1.1 Rozdělení zdrojů zvýšené vlhkosti**

Podle způsobu vnikání vlhkosti do stavebních konstrukcí můžeme vodu rozdělit na vodu v kapalném a plynném stavu:

- Atmosférická voda – voda v ovzduší ve všech skupenstvích (vlhkost vzduchu, srážky)
- Podpovrchová voda – voda obsažená v zemině a podzákladí budov (půdní, gravitační, kapilární, podzemní)
- Provozní vlhkost – vznikající uvnitř objektu

### **1.2 Zdroje zvýšené vlhkosti**

#### Srážková voda

Na návětrné straně větrem hnaný déšť proniká do stavebních materiálů, účinek se prohlubuje u neomítnutého zdiva. Nárazy vodních kapek mají velký tlak, který umožní pronikání do hloubky zdiva především trhlinami.

Odstřikující vodou je zatěžována především spodní soklová část zdiva. Ta je namáhána i tajícím sněhem. Při nevhodném provedení soklu se může stát, že se voda odráží od jeho vodorovné hrany a smáčí zdivo. Problém většinou nastane také v případě, že přilehlý chodník nemá žádný sklon od budovy. Zdivo je obvykle v zimních měsících zatíženo chemickými vlivy posypových solí.

Pokud není komín objektu dostatečně zastřešen, stéká srážková vody za deště po jeho stěnách a na dně se vsakuje do zdiva.

### Vzlínající voda

Zemní vlhkost proniká do stavebních konstrukcí kapilárním vzlínáním z podzákladí (při chybějící nebo poškozené svislé i vodorovné plošné hydroizolaci).

Voda se do základového zdiva dostává kapilárně z otevřených pórů zemin, případně vodní pára difunduje z podzákladí. V základových konstrukcích je zkondenzovaná voda nasávána póry zdiva a kapilárními silami transportována zdivem vzhůru. Tam pak tvoří další zdroj zvýšené vlhkosti.

### Kondenzující voda na vnitřním povrchu konstrukce

Při poklesu teploty vnitřního povrchu stěn pod teplotu rosného bodu vnitřního vzduchu. Zkondenzovaná vlhkost se projevuje především v místě tepelných mostů. Ke kondenzaci může dojít jak na povrchu konstrukce nad terénem, tak i pod jeho úrovní.

### Voda působící hydrostatickým tlakem

Voda, která proniká do pórů zeminy či zdiva gravitací například z kaluží. Vyvolává se tak hydrostatický tlak v kapilárním systému.

### Hygroskopicitu stavebních materiálů

Týká se stavebních materiálů, obsahujících soli s hygroskopickými vlastnosti. Soli na sebe vážou vodu z okolního vzduchu. Velké množství hygroskopických solí může ovlivnit vlhkost stavebního materiálu, který může mít i několikanásobnou vlhkost oproti nezasolenému materiálu.

### Stavební technologická vlhkost

Při stavbě budovy do ní zanášíme i určitou vlhkost obsaženou například v pojivech, omítce atd. Tato vlhkost se obvykle odpaří do 3 let.

### Jiné zdroje vlhkosti

Mezi jiné zdroje vlhkosti patří například poškození střešní krytiny, chybějící, poškozené nebo zanesené okapy na dešťovou vodu apod.

### **1.3 Možné příčiny zvýšené vlhkosti v budovách**

- Nedostatečná údržba (zatékání poškozenou krytinou, komínovými průduchy nebo klempířskými prvky; zanesení dešťových svodů, okapů či drenáží)
- Změna užívání objektu (častější provádění činností se zvýšenou produkcí vodní páry – praní, sušení prádla, koupání, vaření, pěstování rostlin atd., zvýšení počtu obyvatel bytu)
- Změna systému vytápění
- Změna hydrogeologických podmínek (zvýšení hladiny podzemní vody)
- Nevhodné stavební úpravy (např. výměna netěsných oken za nová bez řešení větrání, zazdění větracích průduchů, dodatečné obložení stávajícího zdiva nepropustnými materiály, které neumožňují difuzi vodních par)

### **1.4 Pohyb vlhkosti**

U objektů je vytvářeno vnitřní klima, nezávislé na proměnných podmínkách venkovního prostředí. Dochází tak k rozdílům mezi vnitřním a venkovním prostředím. Rozdíly interiéru a exteriéru jsou nejen teplotní, ale i ve vlhkosti vzduchu. Snaha o vyrovnaní rozdílů zapříčiňuje, že směr pohybu vodní páry je z prostoru s vyšším parciálním tlakem do prostoru s nižším parciálním tlakem. Vznikne tedy tok vodní páry (difuzí) a také tok tepla vnějšími konstrukcemi budovy. Vzhledem k udržení vnitřního mikroklimatu, není možné těmto pochodům zabránit. Problémové je zejména zimní období, kdy je výrazně vyšší tlak vodní páry v interiéru a dochází tak k transportu vodní páry z interiéru do exteriéru. Je tedy nutné najít možnosti, jak zabránit průniku vodní páry do těch konstrukcí, kde by mohla zkondenzovat a být zdrojem problémů (řeší se obvykle umístěním parozábran a parobrzd) a dále umožnit přebytečné vodní páře přechod do atmosféry (odvětrání vodní páry). Tím by bylo možné omezit, případně zcela eliminovat kondenzaci vody v konstrukci. Důležité je, aby při celoroční bilanci bylo zkondenzované množství vodní páry v konstrukci menší, než odpařitelné množství vodní páry.

## 1.5 Povrchová kondenzace

Za dané teploty vzduchu, je tento vzduch schopen pojmout jen omezené množství vodní páry. Adekvátní množství vodní páry zkondenzuje, jakmile se teplota povrchu dostane pod teplotu rosného bodu. Ta je funkcí teploty a relativní vlhkosti vzduchu. Teplota rosného bodu roste s rostoucí teplotou a relativní vlhkostí vzduchu. Závislost povrchové kondenzace můžeme nalézt ve změnách teplotního a vlhkostního režimu vzduchu v budovách. Jsou přímo závislé na probíhajících procesech. Těmi mohou být např. větrání, vytápění, vaření atd. Vyprodukované množství vodní páry v objektu se může lišit právě podle probíhajících procesů. V průměrném bytě je možné vyprodukovat 10 až 15 kg vodní páry za den. Takto zvýšenou vlhkost vnitřního vzduchu může podporovat nevhodný způsob vytápění, lokální zdroje vlhkosti (pěstování rostlin, akvária, nefunkční ventilace v koupelně nebo v kuchyni) a případně nevhodně řešené rozmístění místností. Mezi velké zdroje vlhkosti patří např. koupelny ( $0,7 - 2,6 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ), kuchyně ( $0,6 - 1,5 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ), sušárny ( $0,2 - 0,5 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ) a sám člověk ( $0,05 - 0,3 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ). Při rostoucí relativní vlhkosti se zvyšuje i teplota rosného bodu. Tím se povrchové teploty většího počtu konstrukcí dostávají pod teplotu rosného bodu. Typickým projevem povrchové kondenzace je rosení povrchu kopírující rozvod studené vody s následným výskytem plísní. Dále pak orosená okna nebo kondenzace v místě tepelně poddimenzovaného překladu.

Kondenzace vodní páry v interiéru je rovněž závislá na ochlazování obvodového pláště budovy vlivem povětrnostních podmínek nebo ročního období.

- V zimním období dochází ke kondenzaci vodní páry zejména v místech, která nejsou dostatečně tepelně izolovaná (nejčastěji kouty místností a zdivo v blízkosti oken)
- V nevytápěných masivních konstrukcích (např. kostely, zámky) může dojít především na jaře a v první polovině léta k situaci, kdy na chladných konstrukcích s vysokou tepelnou akumulací dojde ke kondenzaci vlhkosti obsažené ve větracím vzduchu. V této době je budova stále ještě velice chladná v porovnání s okolní atmosférou. Při větrání tedy vlhkost obsažená ve venkovním vzduchu kondenzuje na chladném povrchu konstrukcí.

**Podmínky pro omezení možnosti vzniku povrchové kondenzace**

- Řádné vytápění prostor v zimním období
- Relativní vlhkost vzduchu v obytných prostorách na úrovni cca 50%
- Nezbytné větrání obytných částí okny nebo větracím systémem
- Omezit co nejvíce produkci vlhkosti
- Neumísťovat nábytek v těsné blízkosti stěn, ponechat alespoň 5 cm mezeru pro volné proudění vzduchu
- U lokálních zdrojů vývinu par zajistit lokální ventilaci
- Zvýšit intenzity výměny vzduchu a vytápění na počátku užívání budovy
- Dostatečná tepelná izolace konstrukcí, alespoň na úrovni hodnot požadovaných normou

**1.6 Degradace stavebních materiálů**

Vlivem kondenzace dochází k hromadění vzniklé vlhkosti v určitých místech konstrukcí. Nahromaděná vlhkost vyvolává v těchto místech výskyt plísní a degradační procesy. Ty mohou vést k rozpadu omítkových vrstev, povrchovému narušení, rozpadu pojiva, rozpadu cihel, kamene a podobně. U silně zvlhlého zdiva dochází v jeho struktuře k nasycení kapilár a pórů. Tím se výrazně zvyšuje tepelná vodivost stavebního materiálu. Intenzivnější prostup tepla přispívá k tepelným ztrátám. Zvýšená vlhkost způsobuje hnilobu zabudovaných dřevěných konstrukcí, u historických objektů např. narušuje nástěnné malby.

Pevnost stavebních materiálů může být narušena i přílišným vysušením. Vysycháním vlhkosti ze struktury dochází ke smršťování hmoty a tím ke vzniku trhlin a rozpadu materiálů.

**1.7 Biologické ohrožení staveb**

Dlouhodobější zvýšená relativní vlhkost vzduchu v interiéru, má vliv na rozvoj mikroorganismů vegetujících na vlhkém povrchu stavebních konstrukcí. Ve vzduchu jsou stále přítomny spory plísní. Jakmile jsou vytvořeny optimální podmínky pro jejich růst, projeví se to na jejich výskytu. Za rizikové podmínky s možností rozvoje mikroflóry je možné považovat relativní vlhkost ovzduší nad 80%. Ke klíčení plísní (mikromycet) dochází i při relativní vlhkosti vzduchu okolo 60%, ale aktivní růst

provázený tvorbou metabolitů a produkcí CO<sub>2</sub> je patrný až při cca 80% a vrcholí při relativní vlhkosti vzduchu blízké 100%. Při 100% relativní vlhkosti vzduchu dochází u většiny plísní k poklesu jejich růstu. K růstu plísní může dojít i tehdy, kdy je okolní prostředí poměrně suché. Mnohdy stačí jen krátké období navlhnutí, aby se zde uchytily plísňe. Při takových případech se většinou nedaří nalézt přímý vztah mezi počtem zárodků a vlhkostí stavební konstrukce.

Plísňe vyžadují ke svému růstu stabilní hladinu vlhkosti, nejčastěji 80% a více. Této vlhkosti je běžně dosahováno na chladných vnitřních konstrukcích nedostatečně tepelně izolovaných budov. I při stabilních nižších vlhkostech může docházet k růstu plísní například za nábytkem, na stěnách krytých záclonami a podobně. U obyvatel místností, které jsou zasaženy plísněmi, se mnohdy projevují alergické příznaky. V zimních měsících je množství zárodků plísní v budovách větší. Z hygienického hlediska je nežádoucí delší pobyt osob v takto zasažených místnostech. U citlivějších osob může pobyt v těchto prostorách způsobovat nespecifické zdravotní potíže (např. alergické rýmy, alergické astma, onemocnění dýchacích cest, kožní mykózy, kloubový revmatismus, svalové bolesti, celkovou malátnost).

## **1.8 Druhy tepelných izolací**

Jednotlivé druhy tepelných izolací se liší nejen materiálem, ale i způsobem použití. Nejdůležitější vlastnosti izolací je součinitel tepelné vodivosti. Čím je tento součinitel menší tím lepší účinnost má daná izolace. Mezi další parametry patří součinitel difuze vodní páry (a z něj odvozený faktor difúzního odporu), ten udává propustnost materiálu pro vodní páru. Dále objemová hmotnost, pevnost, nasákavost, hořlavost, cena, tepelná stabilita, toxicita a jiné. Podle daných parametrů jsme schopni vybrat nejvhodnější materiál ke konkrétnímu zateplení.

Mezi nejpoužívanější tepelné izolace patří

- pěnový polyuretan
- extrudovaný polystyren
- minerální vlna
- celulóza
- pěnový polyethylen

- pěnové sklo
- keramzit
- ovčí vlna
- desky z dřevité vlny a cementu
- desky z dřevních vláken a dalších přírodních materiálů (len, konopí, korek)

## 1.9 Zateplení nebo výměna oken

Mnoho lidí je v situaci, kdy řeší zateplení domu, výměnu oken nebo oboje najednou. Většinou vzhledem k financím uvažují jen o jedné variantě, i když časem plánují provedení i druhé. V případě, kdy jsou nejprve vyměněna okna, dojde zpravidla k utěsnění domu. Je tedy velká pravděpodobnost zvýšené vlhkosti s následným výskytem plísní. Pokud dům není zároveň zateplen je vyšší riziko kondenzace vlhkosti na chladnějších površích konstrukcí. Obyvatelé jsou obvykle zvyklí, že u starých oken nemuseli tak často větrat. Při vidině šetření raději větrají minimálně. Pokud se zvolí nejprve varianta zateplení domu, snížíme riziko vzniku plísní na minimum. Když dochází k zateplení a současně výměně oken, je výhodnější okno umístit více k vnějšímu líci stěny (buď na úroveň vnějšího líce stěny před zateplením nebo jej vysunout až před líc stěny do tepelné izolace), pokud nezateplujeme, posuneme ho více směrem do interiéru. Musíme brát v úvahu, že některé stavební práce se budou muset provést znovu, jako například oplechování parapetů atd. Z předchozího vyplývá, že nejvhodnější je provádět zateplení i výměnu oken současně.

## 1.10 Tepelný most

Tepelným mostem je označováno místo v konstrukci, kterým uniká největší množství tepla v porovnání s jeho okolím. V zimních měsících obvykle vykazuje nižší povrchovou teplotu v interiéru a naopak vyšší povrchovou teplotu zdí vně objektu. Na chladném povrchu v interiéru se může srážet vzdušná vlhkost, tím se zvyšuje riziko vzniku plísní.

## 1.11 Absolutní vlhkost vzduchu

Absolutní vlhkost vzduchu udává hmotnost vodní páry obsažené v jednotce objemu vzduchu.

## **1.12 Relativní vlhkost vzduchu**

Jde o relativní vlhkost vzduchu nebo také poměrnou vlhkost. Udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím vodních par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení. Ukazuje tedy, kolik procent vody obsahuje vzduch z maximálního množství, které je vzduch schopen pojmout při stejné teplotě. Množství sytých par závisí hlavně na teplotě vzduchu, relativní vlhkost vzduchu se mění s jeho teplotou i přesto, že absolutní množství vodních par zůstává stejné.

## **2 Možné nežádoucí důsledky instalace plastových oken**

Při snižování energetických ztrát výměnou za nová těsná okna, vzniká řada problémů. Pro splnění hygienických podmínek se předpokládá, že se vymění alespoň polovina objemu vzduchu v místnosti za hodinu. Při výměně za nová těsná okna se vymění asi jen desetina objemu vzduchu. Tato výměna vzduchu je tedy nedostatečná. Abychom zajistili dostatečnou výměnu vzduchu musíme větrat častěji krátkým a plným otevřením okna. Tím se rychle vymění vzduch a přitom se nestačí ochladit stěny místnosti. Rychlost výměny vzduchu tímto způsobem je téměř nekontrolovatelná, závisí tedy především na uživateli.

### **2.1 Způsoby úniku tepla oknem**

Okna jsou obvykle nejslabší částí konstrukce tepelných izolací budov. Teplo může okny unikat různými způsoby.

#### Prostupem tepla zasklením

Aby se snížily tepelné ztráty zasklením, používají se vícenásobná zasklení. Mezery mezi skly jsou vyplněny takovými plyny, které špatně vedou teplo. Plyn mezi skly omezí přenos tepla mezi skly. Množství plynu obsaženého mezi skly se obtížně kontroluje. Plyn z meziskelního prostoru časem uniká do venkovního prostředí. Na jeho místo se dostává vzduch. To znamená, že se časem tepelně izolační schopnosti okna zhoršují. Úbytek plynu a jeho náhrada vzduchem by měla být do 3% ročně. Samozřejmě je vše závislé na kvalitě použitých materiálů, práce a také na tom, zda výrobce používá plyn který uvádí nebo použije jiný. Pro další snížení tepelných ztrát se používají trojskla. Ta jsou tvořena třemi skly spojenými distančními rámečky. Konstrukce trojskel má však většinou velkou hmotnost, proto se používá také zasklení tzv. tepelnými

zrcadly. Tento způsob využívá dvě skla spojené dvěma distančními rámečky mezi které je napnuta pokovená plastová membrána. V případě použití například dvou takových membrán a vyplnění prostorů plynem, je možné snížit součinitel prostupu tepla až na  $U = 0,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Obvyklá hodnota součinitele prostupu tepla pro izolační dvojsklo s plynovou výplní a pokovením vnitřního skla nízkoemisní vrstvou je  $U = 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Celková energetická bilance může záviset i na propustnosti energie slunečního záření. To se udává procentuálně.

#### Prostupem tepla rámem okna a rámem křídla

Prostup tepla rámem nebo křídlem je možné snížit několika způsoby. U dřevěných oken se pro snížení ztrát používají silnější profily nebo je možné je dodatečně vybavit tepelnou izolací. Plastová okna se pro snížení těchto ztrát vybavují různým množstvím komor.

#### Radiací

Mezi jiné možnosti úniku tepla okny patří radiace. Jde vlastně o tepelné záření, které se výrobci snaží snížit pokovením skel. Pokovení snižuje vyzařování tepelného (infračerveného) záření z vnitřního teplejšího skla směrem ven. Zároveň nesmí omezit světelnou propustnost.

#### Infiltrací

Infiltrací se rozumí průnik vzduchu okny z interiéru do venkovního prostředí. Tím dochází k významnému úniku tepla. Je však velmi důležité, aby byly místnosti větrány. Nová okna jsou zpravidla velmi dobře utěsněna. Je tedy potřeba mnohem častěji větrat, případně používat mikroventilaci. Jako výhodné se zdá být použití centrální větrací soustavy s rekuperací tepla.

#### Okenním rámem a jeho ostěním

V místě ostění okna a rámu obvykle vzniká tepelný most. Pro jeho omezení a tím i snížení tepelných ztrát je nejlepší na ostění umístit tepelnou izolaci. Do ní se pak instaluje nové okno nebo je možné předsunout okno až do tepelné izolace pláště budovy.

### Tepelným mostem distančního rámečku mezi skly

U nových oken se může vyskytnout problém, jehož příčinou jsou kovové distanční rámečky. Ty bývají mnohdy z hliníku, ale vlivem jeho dobré tepelné vodivosti se může projevovat tepelný most u okrajů zasklení. Výrobci se tento jev snaží eliminovat použitím například ocelových nebo plastových distančních rámečků. Výrobci mají také snahu zapouštět okno co nejvíce do okenních křídel. V případě menšího zapuštění než 28 mm hrozí na okraji zasklení kondenzace vodních par.

## **2.2 Typy oken**

Mezi staré typy oken patří okna dřevěná dvojitá, kterým se říkalo špaletová nebo také kastlíková. Vyznačovaly se dvěma okenními rámy nejčastěji spojenými dřevěným obložením. Některá okna nebyla spojena dřevěným obložením, přičemž se vnitřní okna otevírala dovnitř a venkovní ven. Výhodami těchto oken byly dva okenní rámy a dvě křídla. Teplo bylo vedeno zdivem po poměrně dlouhé dráze, čímž se snižovaly tepelné ztráty. Na ostění okna obvykle nekondenzovala vodní pára, protože ostění bylo relativně teplé.

Pozdějším typem jsou okna zdvojená se sdruženými křídly označovaná jako „paneláková“. Do jednoho rámu zde byla vsazena nejčastěji dohromady sešroubovaná křídla. Oproti předchozímu typu zde byly výhody ve snadnější výrobě, manipulaci i ceně. Pro zatěsnění mezery mezi okenním rámem a zdivem se používaly skelné provazce. Ty mají nevýhodu, že se po krátké době vymačkají a tím přestávají plnit svoji funkci. Okenní rám je poměrně úzký, prostup tepla je tedy větší.

Současná okna jsou obvykle jednoduchá, zasklená dvojsklem. Osazují se nejčastěji do polyuretanové pěny. Ta by měla vyloučit netěsnosti mezi okenním rámem a zdivem. Větrání je obvykle mírně intenzivnější při použití dřevěných oken. Tato okna musí mít větší spáry mezi okenním rámem a křídly. Dřevo totiž výrazněji mění své rozměry v závislosti na teplotě.

Vlastnosti starých oken je možné vylepšit. Záleží především na typu, stavu, statické únosnosti a osazení okna. Z možností se nabízí polepit okno plastovou pokovenou fólií, použít další sklo, přidat plastový rámeček s přídatným sklem nebo osazení dvojsklem na místo jednoduchého skla. V případě zdvojených oken se dají

okenní křídla spojit napevno a místo dvou samostatných skel instalovat jedno dvojsklo s pokovením a plnění speciálním plynem.

### **3 Případová studie – řešení problémů s vlhkostí ve dvou bytových domech**

Ve dvou vybraných bytových domech bylo provedeno měření tepelně-vlhkostních charakteristik. Tento typ měření je čím dál vyhledávanější. Je to zejména proto, že se v bytech či domech vyskytují plísně nebo vlhké zdivo. Většina lidí si není jistá příčinou vzniku těchto nežádoucích jevů. Provádí se okamžité a registrační měření – tato měření mohou pomoci odhalit některé příčiny vzniku uvedených jevů. S využitím určitých zákonitostí a znalostí jsme obvykle schopni vytvořit návrh pro zlepšení stávajících podmínek.

Princip okamžitého měření je založen na měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu v měřeném prostoru. Dle tabulek nebo pomocí měřicího přístroje se určí rosný bod. Ten tvoří 100% relativní vlhkost pro naměřenou teplotu. Při této teplotě dochází ke kondenzaci vodní páry. Měření vzdušné vlhkosti a teploty se provádí i ve venkovním prostředí v blízkosti zkoumaného objektu. Dalším bodem zkoumání jsou vnitřní povrchové teploty stěn domu. S klesající vnitřní povrchovou teplotou stěn (při konstantní teplotě a vlhkosti vnitřního vzduchu), roste jejich vnitřní povrchová vlhkost. Pokud teplota stěn poklesne pod kritickou hodnotu, při které bude jejich povrchová vlhkost  $\geq 80\%$ , existuje zvýšené riziko růstu plísní. Pokud teplota stěn poklesne až na teplotu, při které bude jejich povrchová vlhkost 100% (tedy na teplotu rosného bodu) dojde ke kondenzaci vody na povrchu stěn, doprovázené následně růstem plísní. Zjišťování je zaměřeno zejména na měření teplot na oknech, jejich ostění a na stěnách v jejich blízkosti. V těchto místech se nejčastěji projevují účinky vlhkosti v podobě plísní či srážené vody. Mezi problematická místa s častým výskytem plísní patří i rohy a kouty místností přilehlých k obvodovému plášti domu. Tyto stěny jsou totiž ochlazovány vnějším chladným vzduchem.

V části vyhodnocení jsou vždy v tabulce shrnuty hlavní naměřené hodnoty – teplota a relativní vlhkost vzduchu a těmito podmínkám odpovídající limity pro vnitřní povrchovou teplotu stěn. Limity jsou uvedeny dle normy ČSN 73 0540 pro vnitřní

povrchovou vlhkost 80 % (riziko růstu plísní) a 100 % (rosný bod, růst plísní). Naměřené povrchové teploty, které jsou nad těmito limity jsou označeny zeleně. Naměřené teploty, které jsou mezi těmito limity a při kterých je povrchová vlhkost v rozmezí 80 – 100% jsou označeny oranžově. Naměřené teploty, které jsou nižší než limit pro povrchovou vlhkost 100% jsou označeny červeně.

Pomocí speciálního softwaru je možné (při znalosti složení stěn a tloušťek jejich jednotlivých vrstev) namodelovat průběh teploty ve stěně včetně povrchové teploty stěny a difúzi vodní páry stěnou. Je zřejmé, že zmiňované problémy se budou vyskytovat při poklesu venkovních teplot na nižší hodnotu. Větší riziko vlhnutí zdiva a oken je tedy v zimním období. Při okamžitém měření je žádoucí, aby byla venkovní teplota co nejnižší. Při modelování pomocí softwaru se počítá s teplotou vnějšího vzduchu -15°C (návrhová teplota venkovního vzduchu pro Plzeň v zimním období). Pro porovnání s naměřenými hodnotami je v softwaru možné počítat se skutečně naměřenými hodnotami teploty a relativní vlhkosti vnitřního a vnějšího vzduchu. Měření je dobré provádět nejlépe v podmínkách blízkých normálnímu užívání domu (např. nevětrat těsně před měřením).

Registrační (dlouhodobé) měření slouží ke zkoumání průběhu vlhkosti a teploty v závislosti na čase během normálního provozu bytu. Dobu měření určíme podle daných podmínek. Na grafech je průběh relativní vlhkosti znázorněn zelenou barvou, teplota je modrá a rosný bod má barvu červenou.

### **3.1 Bytový dům č. 1**

#### **3.1.1 Popis domu**

Jedná se o starší bytový dům v zástavbě pocházející přibližně z 30-tých let minulého století (fotografie v příloze 1). Dům je pěti-podlažní, na každém podlaží se nacházejí dva byty. Dům je po částečné rekonstrukci. Na čelní straně domu do ulice došlo k výměně starých oken za plastová. Na zadní straně směrem do dvora byla provedena rovněž výměna oken a byla zrekonstruována fasáda domu. Okna mají pětikomorovou konstrukci rámu a zasklení dvojsklem se součinitelem prostupu tepla  $U = 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Dům je klasické cihlové konstrukce. Obvodové zdi jsou tloušťky přibližně 45 cm, v některých prostorech kolem oken jsou zeslabeny na cca 38 cm. Zdi

přilehlé k okolním domům mají udávanou tloušťku 30 cm. Stropy jsou dřevěné, v problematické části a koupelně železobetonové.

### **3.1.2 Popis současného stavu**

V některých bytech dochází ke zvýšenému výskytu plísní. Jedná se zejména o část domu směřující do dvora. V těchto částech bytů se projevuje plíseň i vlhkost nejen v prostorech kolem oken, ale i na stěnách. Největší problémy se zdají být v bytě č. 8 nacházejícího se na 3. patře.

### **3.1.3 Byt č. 8**

#### **3.1.3.1 Popis problémů v bytu č. 8**

Tento zkoumaný byt se nachází ve 3. patře v levé části domu (fotografie v příloze 1). Je užíván mladým párem. Největší problémy se zdají být na WC, kde je výskyt plísně na stěnách, rozích i na ostění oken. Při nižších venkovních teplotách dokonce voda kondenzuje na okně, po kterém stéká. Na první pohled je vidět vlhké zdivo. Obdobné problémy jsou i v sousední spíži, ve které je umístěna pračka a po stěnách police. Plíseň se vyskytuje dále v okolí okna na chodbě. Tam je patrná nejen na jeho ostění, na stěně pod ním, ale i v levém horním rohu chodby. Dalším místem, kde se nalézá plíseň je kuchyň. Nejvíce zasažená místa jsou roh u kuchyňského koutu a levý horní roh místnosti.

Pro zjištění příčin uvedených problémů bylo provedeno měření teploty a vlhkosti vnitřního vzduchu a povrchových teplot zdí a oken. Fotodokumentace se zanesenými povrchovými teplotami je v příloze č. 1. Grafy z registračního měření v příloze č. 2.

#### **3.1.3.2 Vnější podmínky měření**

Datum měření: 3. 2. 2009

Teplota vnějšího vzduchu: 4°C

Relativní vlhkost vnějšího vzduchu: 71,5%

### 3.1.3.3 Vyhodnocení

K vyhodnocení byla použita norma ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov.

Rozložení do jednotlivých částí bytu:

#### Ložnice

|                                                |                                         |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Teplota vnitřního vzduchu                      | 19,2° C                                 |
| Relativní vlhkost vnitřního vzduchu            | 59,1 %                                  |
| Limit pro povrchovou vlhkost 80%               | 14,47° C                                |
| Limit pro povrchovou vlhkost 100 % (rosný bod) | 11,07° C                                |
| Povrchová teplota v okolí okna                 | <b>13 - 17° C (riziko růstu plísní)</b> |

Podle hodnot uvedených v tabulkách normy ČSN 73 0540 (příloha č. 23 a 24) nesmí za uvedených podmínek (teplota a vlhkost vnitřního vzduchu) povrchová teplota klesnout pod 14,47°C. Tato hodnota by znamenala 80% povrchovou vlhkost s velkým rizikem vzniku plísní. Abychom zamezili kondenzaci vlhkosti, a enormnímu výskytu plísní nesmí povrchová teplota klesnout pod 11,07°C. Při této teplotě se jedná o 100% relativní vlhkost, tedy rosný bod. Z okamžitého měření je vidět, že teploty u okna byly i 13°C. Ta je pod limitem 14,47°C, tedy je zde možné očekávat výskyt plísní. Dle vyjádření majitelů bytu se v této části bytu zjevné problémy s vlhkostí nevyskytují. Z registračního (dlouhodobého) měření (9. 2. – 12. 2. 2009) je patrné, že v bytě dosahují hodnoty vlhkosti vnitřního vzduchu cca 64%. Zároveň je vidět, že dochází k pravidelnému větrání, čímž se vliv vlhkosti významně potlačí. V prostorách pod oknem v ložnici je umístěno plynové topení typu VAW, v obývacím pokoji je pod oknem instalované přímotopové elektrické topení. Vlivem sálání jsou prostory kolem oken zahřívány a tím klesá riziko kondenzace vlhkosti.

#### Kuchyň

|                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| Teplota vnitřního vzduchu           | 18,7° C  |
| Relativní vlhkost vnitřního vzduchu | 60,3 %   |
| Limit pro povrchovou vlhkost 80%    | 14,47° C |

|                                                |                                           |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Limit pro povrchovou vlhkost 100 % (rosný bod) | 11,07° C                                  |
| Povrchová teplota levého horního rohu          | <b>13 – 13,5° C (riziko růstu plísní)</b> |

Z normy vyplývá, že za těchto podmínek pro snížení možného vzniku plísní nesmí povrchová teplota klesnout pod hranici 14,47°C. Teplota rosného bodu byla stanovena na 11,07°C. Z výsledků okamžitého měření je patrné, že teploty klesly pod limit 80% vlhkosti. U kuchyňské linky a v levém horním rohu místnosti byly naměřeny teploty 13 – 13,5°C. Je tedy zřejmé, že v těchto místech se tvoří plísně. V kuchyni pod oknem je umístěno plynové topení typu VAW. Vzhledem k jeho umístění a poloze kuchyňské linky nedochází k potřebnému zahřívání kritického rohu místnosti. Digestoř je v kuchyni pouze s filtry, nikoli s odvodem par ven z místnosti.

### Chodba

|                                                |                                        |
|------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Teplota vnitřního vzduchu                      | 13,3° C                                |
| Relativní vlhkost vnitřního vzduchu            | 70,8 %                                 |
| Limit pro povrchovou vlhkost 80%               | 10,98° C                               |
| Limit pro povrchovou vlhkost 100 % (rosný bod) | 7,66° C                                |
| Povrchová teplota v dolní části okna           | <b>8 – 11° C (riziko růstu plísní)</b> |

Pro omezení vzniku plísní (80% vlhkost) nesmí teplota klesnout pod 10,98°C. V případě rosného bodu je jeho teplota stanovena na 7,66°C. Z výsledků měření je vidět, že všechny naměřené hodnoty spadají do oblasti 80 – 100% vlhkosti. Nejvyšší teplota byla zjištěna 11°C, která leží na horní hranici. V dolní části okna byly teploty 8°C. Tato teplota je již velmi blízko rosnému bodu. Výskyt plísní v této části bytu je proto zvýšený.

### WC

|                                                |         |
|------------------------------------------------|---------|
| Teplota vnitřního vzduchu                      | 10,2° C |
| Relativní vlhkost vnitřního vzduchu            | 80,5 %  |
| Limit pro povrchovou vlhkost 80%               | -       |
| Limit pro povrchovou vlhkost 100 % (rosný bod) | 6,71°C  |

|                                      |                                           |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|
| Povrchová teplota v dolním rohu okna | <b>5 - 8° C (kondenzace, růst plísní)</b> |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|

Největší problémy s vlhkostí se nalézají na WC. Při okamžitém měření byla naměřena teplota 10,2°C a 80,5% relativní vlhkost. Nejnižší naměřená povrchová teplota byla 5°C. Ta leží i pod teplotou rosného bodu. Nízké povrchové teploty vysvětlují i na první pohled vlhké zdivo s plísní. Nízké povrchové teploty byly nejen v okolí okna, ale i v pravém horním rohu místnosti. Vzhledem k významnosti problémů s vlhkostí bylo na WC prováděno (23. 2. – 26. 2. 2009) registrační měření. Z grafu je viditelná enormní průměrná vlhkost kolem 90%, místy dosahující i 95%.

### Spíž

|                                                |                                             |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Teplota vnitřního vzduchu                      | 8,1° C                                      |
| Relativní vlhkost vnitřního vzduchu            | 81,8 %                                      |
| Limit pro povrchovou vlhkost 80%               | -                                           |
| Limit pro povrchovou vlhkost 100 % (rosný bod) | 4,77° C                                     |
| Povrchová teplota stěn                         | <b>4,5 – 5° C (kondenzace, růst plísní)</b> |

Teplota rosného bodu je za těchto podmínek 4,77°C. Teplota pro omezení výskytu plísní není definována. Vnitřní povrchové teploty obvodového pláště byly 4,5 – 5°C, tedy ležící kolem rosného bodu. Účinky vlhkosti jsou velmi podobné jako na sousedním WC. Ve spíži je umístěna pračka, ta může mít také podíl na zvyšování vzdušné vlhkosti.

Okamžité měření bylo prováděno při teplotě vnějšího vzduchu 4°C. Teploty však mohou klesnout i pod tuto hodnotu. V takovém případě by byly naměřené vnitřní povrchové teploty ještě nižší.

### **3.1.3.4 Příčiny problémů**

V posuzovaném bytu je možné sledovat několik příčin problémů.

- Stěny obvodového pláště budovy nevyhovují z hlediska tepelné ochrany požadavkům normy. Povrchové teploty klesají v zimním období pod hranici

rovného bodu. Tak dochází ke kondenzaci vlhkosti a vzniku plísní. Kritický je levý roh v kuchyni. Zdivo je zde zeslabeno podle dokumentace z 0,45 m na 0,30 m. Pravděpodobně mělo dojít k přistavění domu, to proběhlo, ale cca 2 m zeslabeného zdiva zůstaly odhaleny. Zde je pozorovatelná změna povrchových teplot se vzrůstající tendencí s postupem směrem k přistavěnému domu. Díky poloze kuchyňské linky nedochází vlivem sálání k ohřívání této části. V okolí kolem oken je tloušťka stěn zeslabena na přibližně 0,38 m.

- Vodní páry z provozu kuchyně nejsou odváděny digestoří ven z bytu, ale procházejí jen filtry, čímž dochází ke zvyšování vlhkosti vnitřního vzduchu. V bytových kuchyních se nedoporučuje používat digestoře bez odvodu vzduchu, pokud není současně řešeno nucené větrání prostoru (dle ČSN 73 0540-2).
- Část bytu s chodbou, WC a spíží není nikterak vytápěna. Vlhký vzduch, který do této části bytu proudí z ostatních místností (zejména z blízké kuchyně), je výrazně ochlazován. Chladný vzduch má pak nižší schopnost absorbovat vodní páru a jeho relativní vlhkost roste. V této části bytu není ani umístěn žádný odvětrávací otvor.
- Na chodbě pod oknem se projevuje tzv. tepelný most mezi zdí a železobetonovou podlahou. Vlivem konstrukce dochází nejprve k ochlazování podlahy a následně pak zdiva nad ní.
- Vzdušná vlhkost vznikající v teplejších částech bytu „putuje“ k místům s chladnějšími podmínkami (chodba, WC, spíž). Tam se již projevují její účinky.

### **3.1.3.5 Navrhovaná opatření**

- Provést tepelnou izolaci obvodových konstrukcí domu, aby tyto konstrukce splňovaly minimálně hodnoty součinitele prostupu tepla požadované normou ČSN 73 0540 ( $U = 0,38 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ) pro obvodové stěny. Vhodné je provést tepelnou izolaci o vyšší tloušťce a dosáhnout minimálně hodnoty součinitele prostupu tepla doporučené normou ( $U = 0,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ). Zvýší se tak tepelná ochrana domu a zároveň bude dosaženo hodnoty součinitele prostupu tepla, která je požadována pro přidělení dotace z dotačního programu „Zelená úsporám“ (pro přidělení dotace je třeba splnit ještě další podmínky). Z příčin uvedených výše vyplývá, že tepelná izolace bude muset být zesílena v levém

rohu u kuchyně (zdivo je zde zeslabeno). Tepelná izolace pak dále omezí i tepelný most na chodbě.

- Během zateplování domu musí být dbáno na dobré napojení tepelné izolace na rámy oken a řádné napojení rámců oken na jejich ostění. Vhodné je spáru mezi rámem okna a ostěním přelepit vnitřní parotěsnou páskou a styk vnější části rámu okna a tepelné izolace vyplnit kompresní páskou difuzně propustnou pro vodní páru a odolnou povětrnostním podmínkám. Tato opatření však vyžadují odstranění omítky v okenní spáře, případně odstranění a znovu provedení tepelné izolace mezi rámem a ostěním polyuretanovou pěnou.
- Nahradit stávající digestoř s filtry za novou s odvodem par ven z bytu.
- Zajistit dostatečné větrání. Jednou z možností je odvádět páry světlíkem přes koupelnu, druhou pak využití již nepoužívaného komínu. Nabízejí se následující možnosti.
  - o Větrací systém (odtah kuchyně, koupelny, WC; přívodní prvky v ostatních pokojích)
  - o Větrací jednotka s rekuperací tepla z odváděného vzduchu – na chodbě v problematických bytech)
  - o Dostatečné větrání okny (průvan – plně otevřená okna po dobu 5 - 10 minut) – dle měření nejsou významné nedostatky ve větrání

### **3.1.3.6 Navrhovaná opatření pro přechodné období**

Platí pouze do doby, než bude provedeno komplexní řešení.

- Častěji větrat v problematické části a také v kuchyni a koupelně kde vlhkost vzniká. Nejlépe krátce a intenzivně (10 minut průvan).
- Vytápět tuto část například pomocí přímotopového topení, či využít jiný způsob vytápění (např.: infračervený panel).
- Vyměnit stávající digestoř (za digestoř s odvodem par vně objektu). Ta by měla snížit vzdušnou vlhkost při vaření a tím eliminovat vznik plísní.
- Na chodbu instalovat odvlhčovač vzduchu – méně finančně náročné řešení (oproti větracím jednotkám). Řeší však pouze problém s vlhkostí, větrací

jednotka řeší komplexně problém výměny vzduchu (vysoká vlhkost vzduchu, koncentrace CO<sub>2</sub>, zápach).

Tato uvedená opatření jsou pouze dočasná pro rychlé zlepšení hygienických podmínek a ochranu zdraví obyvatelů bytu. Není možné je považovat za definitivní řešení – problémy neodstraní, pouze problémy omezí a v některých případech zvýší spotřebu energie.

### 3.1.4 Byt č. 10

Pro porovnání bylo provedeno orientační měření také v bytě, kde se podle majitele problémy nevyskytují. Byl vybrán byt nacházející se přímo nad posuzovaným bytem č. 8, tedy ve 4. patře. Dům je v užívání jedním mužem. V bytě je využito plynového kotle, který předává teplo radiátorům umístěným pod okny v obytných místnostech.

Fotodokumentace se zanesenými povrchovými teplotami je v příloze č. 3. Grafy z registračního měření v příloze č. 4.

#### 3.1.4.1 Vyhodnocení

Pro orientaci byla vybrána jen některá místa.

##### Chodba

|                                                |                                  |
|------------------------------------------------|----------------------------------|
| Teplota vnitřního vzduchu                      | 13,0° C                          |
| Relativní vlhkost vnitřního vzduchu            | 49,5 %                           |
| Limit pro povrchovou vlhkost 80%               | 6,02° C                          |
| Limit pro povrchovou vlhkost 100 % (rosný bod) | 2,83° C                          |
| Povrchová teplota okna a jeho okolí            | 6,5 - 10,5°C (bez rizika plísní) |

V prostorách chodby byla změřena teplota vzduchu 13,0°C s relativní vlhkostí 49,5%. Za těchto podmínek nesmí pro omezení tvorby plísní povrchová teplota klesnout pod 6,02°C, přičemž rosný bod je stanoven na 2,83°C. Měření proběhlo na okně a v jeho okolí, přičemž se teploty pohybovaly od 6,5 do 10,5°C. Dané podmínky by tedy neměly napomáhat vzniku plísní.

### WC

|                                                |                                         |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Teplota vnitřního vzduchu                      | 9,1° C                                  |
| Relativní vlhkost vnitřního vzduchu            | 68,1 %                                  |
| Limit pro povrchovou vlhkost 80%               | 7,04° C                                 |
| Limit pro povrchovou vlhkost 100 % (rosný bod) | 3,83° C                                 |
| Povrchová teplota okna a jeho okolí            | <b>4,5 – 8° C (riziko růstu plísní)</b> |

Zde byly naměřeny údaje 9,1°C a 68,1% relativní vlhkost. Dle tabulkových hodnot nesmí klesnout teplota pro omezení vzniku plísní pod 7,04°C. Rosný bod je 3,83°C. Povrchové teploty ležely v rozsahu 4,5 – 8°C. Nejnižší teplota byla naměřena rovněž jako v předchozím bytě v pravém dolním rohu u okna. Dle registračního měření (12. 2. – 16. 2. 2009) se vlhkost pohybovala do přibližně 68%. Výsledky naznačují, že by zde mohly nastat podmínky pro růst plísní, ale zjevné problémy nejsou patrné.

### Kuchyň (je umístěna nad ložnicí z předchozího bytu)

|                                                |                                       |
|------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Teplota vnitřního vzduchu                      | 18,1° C                               |
| Relativní vlhkost vnitřního vzduchu            | 41 %                                  |
| Limit pro povrchovou vlhkost 80%               | 7,43° C                               |
| Limit pro povrchovou vlhkost 100 % (rosný bod) | 4,21° C                               |
| Povrchová teploty stěn                         | <b>13 – 16° C (bez rizika plísní)</b> |

Pro eliminování vzniku plísní je podle normy maximální přípustná teplota 7,43°C. Teplota rosného bodu je 4,21°C. Vzhledem k naměřeným povrchovým teplotám 13 – 16°C je výskyt problémů neočekávatelný. Pro porovnání bylo prováděno

i dlouhodobé (registrační) měření (5.2 – 8. 2. 2009). Z přiloženého grafu je patrné, že se průměrná vlhkost pohybuje kolem 40%, pouze při vaření se zvýšila k 50%.

Protože se ve zkoumaném bytě nevyskytovaly žádné problémy s plísní nebo vlhkostí, nebyl vytvořen žádný návrh na zlepšení speciálně pro tento byt. Doporučená tepelná izolace vnějších stěn by se pozitivně projevila ve všech bytech zvýšením teploty vzduchu a povrchových teplot v chodbové části domu a tedy i zvýšením tepelné pohody v bytech a úspoře energie na vytápění.

## **3.2 Bytový dům č. 2**

### **3.2.1 Popis domu**

Jedná se o starší, samostatně stojící dům, pocházející z 30-tých let minulého století (fotografie v příloze 5). Dům je třípodlažní, s dvaceti byty. Část domu je podsklepená. Dům je klasické cihlové konstrukce. Okna jsou dřevěná špaletová. Obvodové zdi mají tloušťku přibližně 0,56 m.

### **3.2.2 Popis současného stavu**

V některých bytech tohoto domu se vyskytují problémy s vlhkostí a vznikem plísní. Největší problémy jsou v bytě č. 9, kde je rozsáhlá plíseň nejen na ostění okna, ale i na zdech a v rohu místnosti. Plíseň je také v rohu obývacího pokoje bytu č. 5.

### **3.2.3 Byt č. 9**

#### **3.2.3.1 Popis problémů bytu č. 9**

Pro bližší zkoumání byl vybrán byt, umístěný v prvním patře. S orientací na severozápadní stranu. Tento byt je v běžném provozu užíván jednou ženou, jejím dospělým synem a malým dítětem. Někdy je užíván prarodiči. Dle přiložených plánů se jedná o dvoupokojový byt, z nichž v jednom je kuchyňský kout. Plíseň se nejvíce projevuje v druhém pokoji bez kuchyňského koutu. Plíseň je zde opravdu rozsáhlá. Je nejen na ostění okna, v levém horním rohu místnosti, po celé zdi v rohu místnosti, ale i na zdivu pod oknem. Tam zasahuje i do dřevěného orámování podlahy. Vysoká vlhkost zde způsobuje, že se na oknech ve velké míře sráží vodní pára, kondenzuje a stéká dolů. Podivuhodné je, že ke kondenzaci vodní páry dochází i při vyšších venkovních teplotách. V místnosti je silně cítit zápach plísně.

Pro zjištění příčin uvedených problémů bylo provedeno měření teploty a vlhkosti vnitřního vzduchu a povrchových teplot zdí a oken. Měření bylo provedeno dvakrát, nejprve při vnějších podmínkách 3,2°C; 44,7% relativní vlhkosti a podruhé při nižší venkovní teplotě, při níž hodnoty uvádím. Fotodokumentace se zanesenými povrchovými teplotami je v příloze č. 5. Grafy z registračního měření v příloze č. 6.

### 3.2.3.2 Vnější podmínky měření

Datum měření: 17. 2. 2009

Teplota vnějšího vzduchu: -1,3°C

Relativní vlhkost vnějšího vzduchu: 44,3%

### 3.2.3.3 Vyhodnocení

K vyhodnocení byla použita norma ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov.

#### Kuchyň

|                                                   |                                            |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Teplota vnitřního vzduchu                         | 21,1° C                                    |
| Relativní vlhkost vnitřního vzduchu               | 55,8 %                                     |
| Limit pro povrchovou vlhkost 80%                  | 15,04°C                                    |
| Limit pro povrchovou vlhkost 100 %<br>(rosný bod) | 11,62°C                                    |
| Povrchová teploty v okolí okna                    | <b>15 - 20° C (s malým rizikem plísní)</b> |

Podle hodnot uvedených v tabulkách normy nesmí za uvedených podmínek povrchová teplota klesnout pod 15,04°C. Tato hodnota by znamenala 80% povrchovou vlhkost s velkým rizikem vzniku plísní. Abychom zamezili kondenzaci vlhkosti, a enormnímu výskytu plísní nesmí povrchová teplota klesnout pod 11,62°C. Při této teplotě se jedná o 100% relativní vlhkost, tedy rosný bod. Z okamžitého měření je vidět, že teploty u okna byly i 15°C. Ta je již na hranici limitu 15,04°C, tedy je zde mírně zvýšené riziko výskytu plísní. Mezi špaletami (v prostoru mezi vnitřním a vnějším křídlem okna) byla naměřena teplota vzduchu 10,2°C s relativní vlhkostí 56,5%. Pro nejbližší tabulkové hodnoty 10°C a 55% relativní vlhkost vzduchu je udávána teplota

pro tvorbu plísní 4,53°C, pro kondenzaci 1,39°C. V dolních koutech mezi špaletami byla změřena i teplota 3,5°C, ta leží mezi hranicí pro vznik plísní a kondenzací. Podmínky jsou zde relativně dobré díky tomu, že je pod oknem umístěno plynové topení VAW, které prostor okna ohřívá.

#### Pokoj

|                                                |                                               |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Teplota vnitřního vzduchu                      | 20° C                                         |
| Relativní vlhkost vnitřního vzduchu            | 62,1%                                         |
| Limit pro povrchovou vlhkost 80%               | 15,43° C                                      |
| Limit pro povrchovou vlhkost 100 % (rosný bod) | 12° C                                         |
| Levý horní kout místnosti                      | <b>12,5 – 17° C (riziko růstu plísní)</b>     |
| Levý dolní kout místnosti                      | <b>11 - 13,5° C (kondenzace, růst plísní)</b> |

Největší problémy s vlhkostí se nalézají právě v pokoji. Při okamžitém měření byla naměřena teplota 20°C a 62,1% relativní vlhkost. Nejbližší tabulkové hodnoty (20°C a 60% relativní vlhkost) poukazují na to, že povrchová teplota 12°C stačí pro 100% srážlivost vodní páry (rosný bod). Pro omezení vzniku plísní při 80% povrchové vlhkosti je limit 15,43°C. Nejnižší naměřená povrchová teplota byla 11°C v levém dolním rohu místnosti. Pro bližší zkoumání byl přeměřen i dolní kout místnosti s teplotou 17,8°C a 70% vzdušnou vlhkostí. 11°C leží i pod teplotou rosného bodu, který je 12,45°C. Nízké povrchové teploty vysvětlují i na první pohled vlhké zdivo s plísní. Povrchové teploty pod oknem poukazují na vznikající tepelný most mezi zdivem a podlahou. Vzhledem k významnosti problémů s vlhkostí bylo v pokoji prováděno registrační měření. Nejprve probíhalo měření při obývání bytu jen prarodiči (26. 2. – 4. 3. 2009). Z grafu je pozorovatelné, že vlhkost dosahovala i 84%. Asi od poloviny grafu jsou znázorněny hodnoty při postupu pro odstranění plísní. Majitelé se snažili vzniklou plíseň odstraňovat postřikem dezinfekčního prostředku, větráním a následným vytápěním. Větrání, i intenzivní vytápění koutu je vidět na grafu. Vzdušná vlhkost reagovala svým snížením na obě varianty. Vytápění mělo o trochu lepší účinnost, ale za to velkou energetickou náročnost. Pro zjištění skutečného průběhu vlhkostně – teplotní charakteristiky bylo měření provedeno znovu (10. 3. – 16. 3. 2009) za normálního stavu. Zde byla v bytě jeho majitelka, dospělý syn a malé dítě. Na grafu je patrná

vzdušná vlhkost dosahující 80% a jen velmi málo intenzivní větrání. K vytápění pokoje se používá halogenové přenosné topení nebo olejový radiátor.

### **3.2.3.4 Příčiny problémů**

V posuzovaném bytu je možné sledovat několik příčin problémů.

- Stěny obvodového pláště budovy nevyhovují požadavkům normy. Povrchové teploty klesají v zimním období pod hranici rosného bodu a dochází tak ke kondenzaci vlhkosti a vzniku plísní. Kritický je levý roh v pokoji.
- V rohu pokoje je patrný tepelný most. Domnívám se, že může vznikat od železobetonového věnce, na který je umístěna dřevěná konstrukce podlahy. Přítomnost železobetonového věnce není jistá. Pro lepší prozkoumání by bylo dobré použít termokameru.
- Vzdušná vlhkost vznikající v místě kuchyně „putuje“ k místům s chladnějšími podmínkami (pokoj). Tam se již projevují její účinky.
- Vlhkost z vaření není odváděna digestoří.
- Prostory nejsou dostatečně větrané.
- Nejsou zde žádné větrací otvory.
- Během užívání bytu vzniká vysoká vzdušná vlhkost. Je tomu tak i z důvodu častějšího praní pro malé dítě. Prádlo je sušeno na sušáku v obytných prostorách bytu.
- Nevhodné umístění olejového radiátoru (nachází se v pravé části pokoje blíže do středu místnosti).

### **3.2.3.5 Navrhovaná opatření**

- Provést tepelnou izolaci obvodových konstrukcí domu (platí pro celý dům), aby tyto konstrukce splňovaly minimálně požadované hodnoty součinitele prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540 ( $U = 0,38 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ) pro obvodové stěny. Doporučená hodnota je ale  $U = 0,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Při jejím dodržení se zvýší i tepelná ochrana domu a zároveň bude dosaženo hodnoty součinitele prostupu tepla, která je požadována pro přidělení dotace z dotačního

programu „Zelená úsporám“ (pro přidělení dotace je třeba splnit ještě další podmínky). Dojde tak i k potlačení tepelného mostu v pokoji pod oknem.

- Vyměnit stávající okna a vnější dveře za nová (norma – požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla  $U = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  včetně rámu, doporučená hodnota:  $U = 1,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  včetně rámu) V případě výměny oken za nová, je důležité, aby tato výměna byla provedena nejlépe současně se zateplením domu. Jestliže dojde jen k náhradě stávajících oken za nová těsnější, problémy by se mohly prohloubit (platí pro celý dům).
- Během zateplování domu musí být dbáno na dobré napojení tepelné izolace na rámy oken a řádné napojení rámu oken na jejich ostění. Nová okna je vhodné instalovat na úroveň současné fasády (ověřit, zda je technicky realizovatelné) a provést přesah tepelné izolace přes rámy oken. Odpadne tak tepelná izolace ostění oken, která je ve většině případů nedostatečná (malá tloušťka tepelné izolace). Spáru mezi rámem okna a ostěním je vhodné přelepit vnitřní parotěsnou páskou a styk vnější části rámu okna a tepelné izolace vyplnit kompresní páskou difuzně propustnou pro vodní páru a odolnou povětrnostním podmínkám. Pokud by mezi osazením oken a provedením tepelné izolace byla časová prodleva delší než dva týdny, je třeba spáru okolo oken přelepit vnější okenní páskou, aby byla chráněna polyuretanová izolace ve spáře.

Variantním řešením je využít stávajících špalet a vyměnit pouze vnější rámy a zasklení za izolační dvojskla. Výsledkem je okno lépe tepelně izolující než samostatné izolační dvojsklo (díky přídavnému jednoduchému zasklení na vnitřní straně špalety).

- Instalovat digestoř s odvodem par ven z bytu a využít k tomu stávajícího nepoužívaného komínu.
- Zajistit dostatečné větrání, alespoň pravidelným větráním okny. K odvodu vzduchu je možné použít již nepoužívaný komín. Mezi možnosti patří:
  - o Větrací systém (odtah kuchyně, koupelna, WC; přívodní prvky v pokoji)
  - o Větrací jednotka s rekuperací tepla z odváděného vzduchu – umístit nejlépe do pokoje v problematických v bytech)

- o Dostatečné větrání okny (průvan – plně otevřená okna) – dle měření jsou významné nedostatky ve větrání
- Pro sušení prádla použít společné prostory domu na půdě.

### 3.2.3.6 Navrhovaná opatření pro přechodné období

Platí pouze do doby, než bude provedeno komplexní řešení.

- Častěji větrat. Nejlépe krátce a intenzivně (10 minut průvan).
- Instalovat novou digestoř s odtahem do komína. Ta by měla snížit vzdušnou vlhkost při vaření a tím eliminovat vznik plísní.
- Pro sušení prádla použít společné prostory domu na půdě.
- Vytápět levý roh v pokoji například pomocí přímotopového topení, či využít jiný způsob vytápění (např.: infračervený panel), aby byly zahřívány chladné stěny. Z toho vyplývá, že nejvhodnější umístění topidla je v levém rohu pod oknem. Jako dobré řešení se zdá přesunutí stávajícího olejového radiátoru. Sáláním teplého vzduchu by tak došlo k prohřívání zdiva. Nastaly by pak podobné podmínky jako ve vedlejší kuchyni.
- Nejlépe do pokoje instalovat odvlhčovač vzduchu – méně finančně náročné řešení (oproti větracím jednotkám). Řeší však pouze problém s vlhkostí, větrací jednotka řeší komplexně problém výměny vzduchu (vysoká vlhkost vzduchu, koncentrace CO<sub>2</sub>, zápach).

Tato uvedená opatření jsou pouze dočasná pro rychlé zlepšení hygienických podmínek a ochranu zdraví obyvatelů bytu. Není možné je považovat za definitivní řešení – problémy neodstraní, pouze problémy omezí a v některých případech zvýší spotřebu energie.

### 3.2.4 Byt č. 16

Pro porovnání jsem provedl orientační měření také v bytě, kde se podle majitelky problémy nevyskytují. Byl vybrán byt nacházející se přímo nad posuzovaným, tedy ve 2. patře. Byt obývá starší žena. Byt je situován stejně jako

předešlý i s rozložením místností. K vytápění slouží jen plynové topení VAW v kuchyni pod oknem. Pokoj je prakticky nevyužíván.

Fotodokumentace se zanesenými povrchovými teplotami je v příloze č. 7. Grafy z registračního měření v příloze č. 8.

### 3.2.4.1 Vnější podmínky měření

Měření se uskutečnilo za podobných podmínek ve stejný den jako v předchozím bytu.

Datum měření: 17. 2. 2009

Venkovní teplota: -1,3°C

Relativní vlhkost vnějšího vzduchu: 44,3%

### 3.2.4.2 Vyhodnocení

#### Kuchyň

|                                                |                                       |
|------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Teplota vnitřního vzduchu                      | 22,1° C                               |
| Relativní vlhkost vnitřního vzduchu            | 45,7 %                                |
| Limit pro povrchovou vlhkost 80%               | 12,89° C                              |
| Limit pro povrchovou vlhkost 100 % (rosný bod) | 9,53° C                               |
| Povrchové teploty okna a jeho okolí            | <b>17 - 21° C (bez rizika plísní)</b> |

Pro omezení tvorby plísní nesmí povrchová teplota klesnout pod 12,89°C, přičemž rosný bod je stanoven na 9,53°C. Z měření povrchových teplot okna je patrné, že hodnoty leží vysoko nad limitem a tím nelze očekávat žádné problémy s vlhkostí. Z hodnot mezi špaletami 9,9°C a 46,9% můžeme usoudit, že se nebudou vyskytovat rovněž problémy, protože limit pro vznik plísní je 1,7°C. Kouty oken mají vyšší teplotu.

#### Pokoj

|                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| Teplota vnitřního vzduchu           | 16,1° C  |
| Relativní vlhkost vnitřního vzduchu | 58,7 %   |
| Limit pro povrchovou vlhkost 80%    | 11,57° C |

|                                                |                                          |
|------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Limit pro povrchovou vlhkost 100 % (rosný bod) | 8,25° C                                  |
| Povrchové teploty vybraných stěn               | <b>9,5 - 13° C (riziko růstu plísní)</b> |

Pro výskyt plísní nesmí teplota klesnout pod 11,57°C. Rosný bod je pak 8,25°C. Údaje z infračerveného teploměru spadají mnohdy mezi tyto limity. Je důvodné tedy uvažovat o vzniku vlhkosti a následně plísní. Z dlouhodobého měření (16. 3. – 22. 3. 2009) je vidět, že naměřené hodnoty odpovídají i údajům z okamžitého měření, rosný bod zde kolísal mezi 8 – 10°C. V měření mezi špaletami nebyl zaznamenán pokles pod kritickou vnitřní povrchovou vlhkost 1,29°C, tedy zde by potíže nastat neměly.

### 3.2.4.3 Příčiny problémů

V posuzovaném bytu je možné sledovat několik příčin problémů, jedná se o podobné příčiny jako v bytu předchozím.

- Stěny obvodového pláště budovy nevyhovují požadavkům normy. Povrchové teploty pravděpodobně klesají v zimním období pod hranici rosného bodu a tak dochází ke kondenzaci vlhkosti a vzniku plísní. Kritický je levý roh v pokoji.
- V pokoji pod oknem se projevuje tzv. tepelný most. Pro bližší zkoumání doporučuji využít termokameru.
- Vzdušná vlhkost vznikající v místě kuchyně „putuje“ k místům s chladnějšími podmínkami (pokoj). Tam se již projevují její účinky.
- Vlhkost z vaření není odváděna digestoří.
- Prostory nejsou dostatečně větrané.
- Nejsou zde žádné větrací otvory.

### 3.2.4.4 Navrhovaná opatření

Navrhovaná opatření jsou totožná jako u bytu č. 9. Tyto byty jsou stejně situované.

Významně větší problémy v bytu č. 9 (oproti bytu č. 16) jsou dány zejména vyšším počtem osob užívajících byt (osoby a jejich činnost jsou významným zdrojem vlhkosti), přítomností malého dítěte (častější praní a sušení prádla, které produkuje vlhkost) a pravděpodobně menší intenzitou větrání bytu okny.

Je třeba si uvědomit, že pokud by se do bytu č. 16 nastěhovala rodina s dětmi, tak by byl opět problém s vlhkostí, obdobně jako v bytu č. 9 – tyto problémy by řešilo celkové odvětrávání domu.

### 3.2.5 Byt č. 5

#### 3.2.5.1 Popis problémů v bytu č. 5

Důvodem, proč byl předmětem zkoumání tento byt, je výskyt plísní v levém rohu obývacího pokoje vedle okna. Dále pak zvýšené zasažení plísněmi ve výklenku vedle koupelny. Byt je umístěn v přízemí, přičemž je z větší části nepodsklepený. Obvodové zdivo má tloušťku přibližně 0,56 m, v prostoru výklenku je jeho síla pouhých 0,30 m. Okna jsou špaletová. Orientace oken je na jihozápadní stranu, zadní stěna ložnice pak na jihovýchodní.

Pro zjištění příčin uvedených problémů bylo provedeno měření teploty a vlhkosti vnitřního vzduchu a povrchových teplot zdí a oken. Fotodokumentace se zanesenými povrchovými teplotami je v příloze č. 9. Grafy z registračního měření v příloze č. 10.

#### 3.2.5.2 Vnější podmínky měření

Datum měření: 9. 2. 2009

Venkovní teplota: -2,0°C

Relativní vlhkost vnějšího vzduchu: 70,0%

#### 3.2.5.3 Vyhodnocení

##### Kuchyň

|                                                |                                         |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Teplota vnitřního vzduchu                      | 18,1° C                                 |
| Relativní vlhkost vnitřního vzduchu            | 59,5 %                                  |
| Limit pro povrchovou vlhkost 80%               | 13,5° C                                 |
| Limit pro povrchovou vlhkost 100 % (rosný bod) | 10,13° C                                |
| Povrchové teploty vybraných stěn               | <b>12 - 18° C (riziko růstu plísní)</b> |

Dle tabulek pro kritickou povrchovou vlhkost by neměla povrchová teplota poklesnout pod 13,5°C. U normy pro rosný bod je to pak 10,13°C. Povrchové teploty naměřené v dolní části okna naznačují, že zde mírně zvýšená povrchová vlhkost je, ale plísně se neprojevují. Teplota vzduchu mezi špaletami byla 7°C a relativní vlhkostí 63,2%. Z nejbližších 7°C a 65% vyplývá, že naměřené povrchové teploty leží nad limitem pro vznik plísní 4,01°C.

#### Obývací pokoj

|                                                |                                           |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Teplota vnitřního vzduchu                      | 17,9° C                                   |
| Relativní vlhkost vnitřního vzduchu            | 60,4 %                                    |
| Limit pro povrchovou vlhkost 80%               | 13,5° C                                   |
| Limit pro povrchovou vlhkost 100 % (rosný bod) | 10,13° C                                  |
| Povrchové teploty vybraných stěn               | <b>12 – 17,5° C (riziko růstu plísní)</b> |

Pro omezení tvorby plísní nesmí povrchová teplota klesnout pod 13,5°C, přičemž rosný bod je stanoven na 10,13°C. U okna a v jeho okolí se teploty pohybovaly od 12 do 17,5°C. Zejména v pravém dolním rohu pak je zvýšená vlhkost. Povrchové teploty levého horního koutu jsou nad hranicí pro vznik plísní, musíme ale připustit, že venkovní teploty mohou klesnout i pod -2°C a tím by bylo zdivo ještě více ochlazováno. Účinek vlhkosti se pak prohloubí. V obývacím pokoji se uskutečnilo registrační měření (4. 3. – 10. 3. 2009), podle kterého se v pokoji vyskytuje i vysoká vzdušná vlhkost kolem 73%. Ta nám posune rosný bod cca k 14°C, kritickou povrchovou vlhkost pro vznik plísní na přibližně 17°C. V koutu byla zaznamenána teplota 14,5°C, ta by ležela tedy jen těsně nad hranicí rosného bodu. V tomto případě nám tedy dlouhodobé měření napomohlo ke zjištění problému. Klesající teploty na stěně směrem k podlaze poukazují na vznikající tepelný most. Blíže podlaze klesají i pod rosný bod. Mezi špaletami je ze změřených údajů dle tabulek limit pro vznik plísní 5,07°C, rosný bod pak 1,91°C. Spodní kouty mají tedy hodnotu 3,5°C spadající do oblasti s možností výskytu plísní.

#### Výklenek

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| Teplota vnitřního vzduchu | 11,9° C |
|---------------------------|---------|

|                                                |                                            |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Relativní vlhkost vnitřního vzduchu            | 80,5 %                                     |
| Limit pro povrchovou vlhkost 80%               | -                                          |
| Limit pro povrchovou vlhkost 100 % (rosný bod) | 8,66° C                                    |
| Povrchové teploty okna a jeho okolí            | <b>6 - 10° C (kondenzace, růst plísní)</b> |
| Pravý horní kout výklenku                      | <b>9 - 11° C (riziko růstu plísní)</b>     |

Rosný bod je 8,66°C. Povrchové teploty měřené u okna a na něm ležely v rozsahu 6 – 10°C. V pravém horním koutu potom 9 – 11°C. Všechny naměřené teploty leží pod hodnotou kritické vlhkosti, ve spodní části okna dokonce pod rosným bodem. Dle registračního měření (23. 3. – 26. 3. 2009) se vlhkost pohybovala v průměru kolem cca 65%. Ve špičkách se však relativní vlhkost zvýšila i na 90%. V takovém případě by byl rosný bod přibližně 16,5°C.

#### 3.2.5.4 Příčiny problémů

V posuzovaném bytu můžeme sledovat několik příčin problémů:

- Stěny obvodového pláště budovy nevyhovují požadavkům normy. Povrchové teploty klesají v zimním období pod hranici rosného bodu a dochází tak ke kondenzaci vlhkosti a vzniku plísní. Kritický je levý roh v obývacím pokoji vedle okna a zadní stěna místnosti. Zde je potřeba ověřit, zda zdivem nevzlíná vlhkost. Nejnižší povrchové teploty jsou ve výklenku vedle koupelny.
- Výklenek byl vytvořen zazděním balkonu. Jeho obvodové stěny jsou tloušťky pouhých 0,30 m, které nemohou vyhovovat požadavkům na tepelnou izolaci.
- Větrání koupelny je realizováno právě přes výklenek, tím v něm dochází k enormnímu nárůstu vzdušné vlhkosti.
- Prostory, zejména ve výklenku nejsou dostatečně větrané.
- Nejsou zde žádné větrací otvory.
- V obývacím pokoji je patrný tepelný most mezi zdí a podlahou u zadní stěny. Vlivem konstrukce dochází nejprve k ochlazení podlahy a následně pak zdiva nad ní.
- Vlhkost z vaření není dostatečně odváděna digestoří vně objektu, je zde instalovaná pouze digestoř s filtry.

### **3.2.5.5 Navrhovaná opatření**

- Provést tepelnou izolaci obvodových konstrukcí domu, aby tyto konstrukce splňovaly minimálně hodnoty součinitele prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540 ( $U = 0,38 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ) pro obvodové stěny. Vhodné je provést tepelnou izolaci o vyšší tloušťce a dosáhnout minimálně hodnoty součinitele prostupu tepla doporučené normou ( $U = 0,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ). Zvýší se tak tepelná ochrana domu a zároveň bude dosaženo hodnoty součinitele prostupu tepla, která je požadována pro přidělení dotace z dotačního programu „Zelená úsporám“ (pro přidělení dotace je třeba splnit ještě další podmínky). Zároveň navrhuji provést tepelnou izolaci základů, která bude napojena na tepelnou izolaci obvodových stěn. Tak by mělo dojít k omezení tepelného mostu u obývacího pokoje. Vnitřní povrchové teploty se zvýší a dojde k výraznému omezení vzniku plísní. Doporučuji konzultaci s odbornou firmou na hydroizolace staveb. Dle přiložených fotografií vnější zdi s odlupující omítkou se domnívám, že zdivem vzlíná vlhkost. Zvláštní pozornost je třeba věnovat zateplení výklenku, tam je potřeba tepelnou izolaci zesílit.
- V případě výměny oken za nová, je důležité, aby tato výměna byla provedena nejlépe současně se zateplením domu, případně až po zateplení. Jestliže dojde k náhradě stávajících oken za nová těsnější, problémy by se mohly prohloubit.
- Během zateplování domu musí být dbáno na dobré napojení tepelné izolace na rámy oken a řádné napojení rámu oken na jejich ostění. Doporučuji použít postup již popsany výše.
- Zajistit dostatečné větrání. Do obývacího pokoje instalovat malou decentralizovanou větrací jednotku se zpětným získáváním tepla z odváděného vzduchu.
- Odvádět vodní páry z prostoru koupelny potrubím s vyústěním až vně objektu (nejlépe zavést vyústění až na střechu domu nebo alespoň v dostatečné vzdálenosti od zdiva).
- Do výklenku instalovat malé topení, například přímotopové.

### **3.2.5.6 Navrhovaná opatření pro přechodné období**

Platí pouze do doby, než bude provedeno komplexní řešení.

#### Obývací pokoj

- Častěji větrat v problematické části. Nejlépe krátce a intenzivně (10 minut průvan).
- Do obývacího pokoje instalovat odvlhčovač vzduchu – méně finančně náročné řešení (oproti větracím jednotkám). Řeší však pouze problém s vlhkostí, větrací jednotka řeší komplexně problém výměny vzduchu (vysoká vlhkost vzduchu, koncentrace CO<sub>2</sub>, zápach).
- Odstranit (posunout) skříňku s televizí, případně jiný nábytek, aby k místům s plísní mohl proudit vzduch.

#### Výklenek

- V prostoru výklenku vytvořit větrací otvor, nejlépe doplněný ventilátorem řízeným vlhkostí vzduchu.
- Výklenek vytápět, například jednoduchým přímotopem.
- Větrat ve výklenku intenzivně vždy po koupání (sprchování).

Tato uvedená opatření jsou pouze dočasná pro rychlé zlepšení hygienických podmínek a ochranu zdraví obyvatelů bytu. Není možné je považovat za definitivní řešení – problémy neodstraní, pouze problémy omezí a v některých případech zvýší spotřebu energie.

## **Závěr**

Opatření pro odstranění problémů, která navrhuji, jako jsou tepelné izolace, výměna oken za lépe izolující nebo instalace větrací jednotky přinesou úspory energie a nákladů na vytápění. S tím souvisí i zlepšení životního prostředí a tepelné pohody. Dojde ke zvýšení povrchové teploty stěn a kvality vzduchu v budově. Je třeba si uvědomit, že hodnoty prostupu tepla požadované nebo doporučené normou platí

v současnosti. Životnost provedených opatření je minimálně 30 let. V budoucnu je možné očekávat podstatně přísnější požadavky. Je proto vhodné volit opatření, aby splňovala vyšší požadavky než současné. Dům tak bude schopen vyhovět i budoucím požadavkům po dobu jeho životnosti. Jedná se zejména o vyšší tloušťky tepelných izolací a kvalitnější okna. Je dobré navrhnout maximální tloušťky tepelných izolací, které jsou ještě technicky proveditelné a finančně únosné. Dojde tak k ještě vyšším úsporám tepla na vytápění a k větší tepelné pohodě v domě než v případě provedení opatření jen na úrovni hodnot doporučených současnou normou. Pro zateplení navrhuji použít systémy s vyšší difúzní propustností pro vodní páry. Doporučuji využití odvětrávané fasády se vzduchovou mezerou, polystyrenu s otvory nebo minerální vlny. Přibližnou sílu tepelných izolací a difúzi a kondenzaci vodní páry ve stěnách jsem namodeloval v programu Teplo 2008. Pro použité tloušťky zdiva jsou k nalezení v přílohách. V následující tabulce jsou shrnuty tloušťky tepelné izolace potřebné pro dosažení hodnot součinitele prostupu tepla doporučeného normou ČSN 73 0540 pro jednotlivé tloušťky zdiva. V tabulce si povšimněte výrazně vyšší vnitřní povrchové teploty u stěn s tepelnou izolací oproti stěnám bez izolace. Povrchová teplota stěny s tepelnou izolací se dostane výrazně nad teplotu rosného bodu a riziko kondenzace vlhkosti a růstu plísní je tak minimalizováno.

| Tloušťka zdiva [m] | Tloušťka izolace [m] | Součinitel prostupu tepla [ $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ ] | Vnitřní povrchová teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ] | Hodnoty doporučené normou |
|--------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------|
| 0,3                | 0                    | 1,85                                                        | 7,1                                              | nesplňuje                 |
| 0,3                | 0,16                 | 0,24                                                        | 18,5                                             | splňuje                   |
| 0,45               | 0                    | 1,31                                                        | 10,5                                             | nesplňuje                 |
| 0,45               | 0,15                 | 0,24                                                        | 18,5                                             | splňuje                   |
| 0,6                | 0                    | 1,05                                                        | 12,3                                             | nesplňuje                 |
| 0,6                | 0,14                 | 0,25                                                        | 18,5                                             | splňuje                   |

Síla tepelné izolace je závislá na požadovaném součiniteli prostupu tepla. Jeho hodnota má být co nejmenší, pro výpočty byla zvolena hodnota součinitele prostupu tepla  $U = 0,25$  a menší, která je zároveň podmínkou pro dosažení dotací z programu „Zelená úsporám“ (jedná se o hodnotu doporučenou normou ČSN 73 0540).

Po zateplení se zóna kondenzace vodní páry přesune ze zdiva do tepelné izolace (viz přiložené grafy), takže zdivo je chráněno před namáháním vlhkostí. Zdivo je zároveň

tepelnou izolací chráněno před tepelným namáháním. Tepelnému namáhání (značným rozdílem teplot v průběhu roku) bude po zateplení vystavena zejména vrstva tepelné izolace a nikoliv zdivo.

Pokud je s výměnou oken provedeno zároveň i kvalitní zateplení je nebezpečí kondenzace vlhkosti výrazně sníženo. Výměnou netěsných oken za těsná však dojde ke zvýšení vzdušné vlhkosti v interiéru, která sice díky nárůstu povrchových teplot ve většině případů na površích nekondenzuje, ale její přítomnost ve vzduchu je přesto nežádoucí. Navíc díky těsným oknům vzrůstá v interiéru koncentrace různých škodlivých látek, které nejsou dostatečně odvětrávány. Nezbytné je proto dostatečné větrání – větracími jednotkami, regulovatelnými větracími otvory nebo otevíráním oken. Nejpoužívanější je stále ruční větrání okny, proto uvádíme hlavní zásady správného větrání:

Větrat krátce (několik minut) a intenzivně (plně otevřená okna, průvan). Během větrání se má pouze vyměnit vzduch, ale větrání musí být tak krátké, aby se příliš neochladily stěny místnosti (to by pak během větrání docházelo k přílišným tepelným ztrátám). Vzduch má malou tepelnou kapacitu, takže s vyvětraným vzduchem odchází ven z bytu relativně malé množství tepla. Stěny mají velkou tepelnou kapacitu, takže pokud by došlo k jejich ochlazení, ztráty tepla by byly velké.

Větrání mikroventilací je možné, ale není to stoprocentní řešení. Větrání mikroventilací nemusí být dostatečné (nemusí docházet k dostatečné výměně vzduchu, jako je tomu v případě větrání plně otevřenými okny). Navíc při větrání mikroventilací v zimním období se může díky mikroventilaci příliš ochlazovat rám a ostění okna a může zde kondenzovat vlhkost. Existují i případy, kdy vlhkost kondenzující v mikroventilační spáře v zimě zmrzla a při otevírání oken na obyvatele bytu vypadal led. Větrání mikroventilací je proto vhodnější spíše pro méně chladná období (podzim, jaro), kdy nedochází k přílišnému ochlazení rámu a okolí oken. V souvislosti s mikroventilací je též vhodné upozornit, že majitelé domů vyměňují netěsnící dřevěná okna za těsná (a poměrně drahá) a tato těsná okna opět degradují používáním mikroventilace (a fakticky z nich opět dělají okna netěsná).

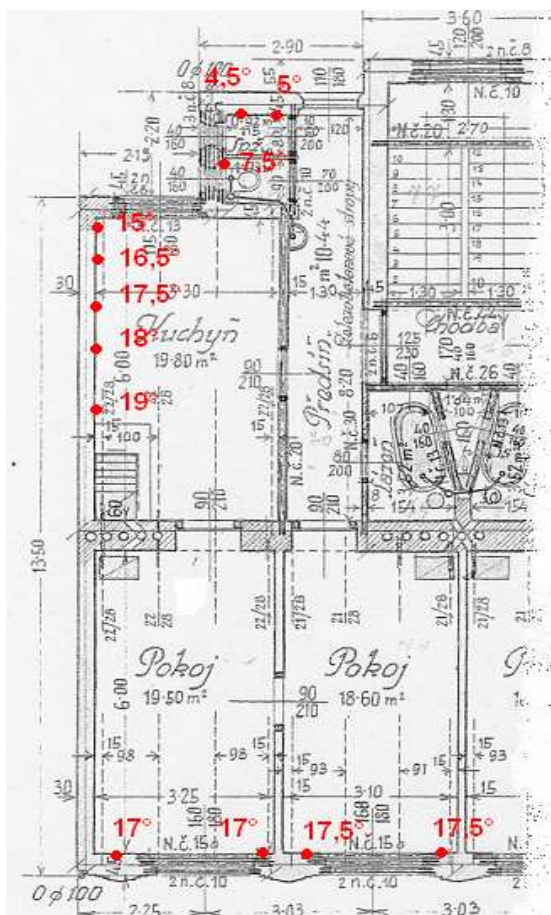
## **Použitá literatura**

- [1] Gebauer, G., Rubinová, O., Horká, H.: *Vzduchotechnika*, Brno, 2005
- [2] Červenka, L.: *Obvodové konstrukce panelových budov*, Praha, 2008
- [3] Šubrt, R.: *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích*, Praha, 2005
- [4] Vaverka, J., Chybík, J., Mrlík, F.: *Stavební fyzika 2*, Brno, 2000
- [5] Balík, M., Balík, L., Bayer, K., Blaha, K., Burgetová, E., Hoskovec, T., Kočí, J., Kolísko, J., Novotný, M., Solař, J., Šťastný, P.: *Odvhlčování staveb*, Praha, 2008
- [6] Nagy, E.: *Nízkoenergetický ekologický dům*, Bratislava, 2002
- [7] <http://www.tzb-info.cz>
- [8] ČSN 73 0540

## Seznam příloh

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Příloha 1 - Byt č. 8; Bytový dům č.1 .....                                            | 44 |
| Příloha 2 - Byt č. 8; Bytový dům č.1 – Grafy registračního měření .....               | 46 |
| Příloha 3 - Byt č. 10; Bytový dům č.1 .....                                           | 47 |
| Příloha 4 - Byt č. 10; Bytový dům č.1 – Grafy registračního měření .....              | 48 |
| Příloha 5 - Byt č. 9; Bytový dům č.2 .....                                            | 49 |
| Příloha 6 - Byt č. 9; Bytový dům č.2 – Grafy registračního měření .....               | 50 |
| Příloha 7 - Byt č. 16; Bytový dům č.2 .....                                           | 51 |
| Příloha 8 Byt č. 16; Bytový dům č.2 – Graf registračního měření .....                 | 52 |
| Příloha 9 - Byt č. 5; Bytový dům č.2 .....                                            | 52 |
| Příloha 10 - Byt č. 5; Bytový dům č.2 – Grafy registračního měření .....              | 55 |
| Příloha 11 – Protokol z programu Teplo 2008 pro 0,3m zdivo bez tepelné izolace .....  | 56 |
| Příloha 12 - Průběhy z programu Teplo 2008 pro 0,3m zdivo bez tepelné izolace .....   | 58 |
| Příloha 13 - Protokol z programu Teplo 2008 pro 0,3m zdivo s 0,16m izolací .....      | 59 |
| Příloha 14 - Průběhy z programu Teplo 2008 pro 0,3m zdivo s 0,16m izolací .....       | 61 |
| Příloha 15 - Protokol z programu Teplo 2008 pro 0,45m zdivo bez tepelné izolace ..... | 62 |
| Příloha 16 - Průběhy z programu Teplo 2008 pro 0,45m zdivo bez tepelné izolace .....  | 64 |
| Příloha 17 - Protokol z programu Teplo 2008 pro 0,45m zdivo s 0,15m izolací .....     | 65 |
| Příloha 18 - Průběhy z programu Teplo 2008 pro 0,45m zdivo s 0,15m izolací .....      | 67 |
| Příloha 19 - Protokol z programu Teplo 2008 pro 0,6m zdivo bez tepelné izolace .....  | 68 |
| Příloha 20 - Průběhy z programu Teplo 2008 pro 0,6m zdivo bez tepelné izolace .....   | 70 |
| Příloha 21 - Protokol z programu Teplo 2008 pro 0,6m zdivo s izolací 0,14m .....      | 71 |
| Příloha 22 - Průběhy z programu Teplo 2008 pro 0,6m zdivo s izolací 0,14m .....       | 73 |
| Příloha 23 – Tabulka pro kritickou vnitřní povrchovou vlhkost 80% .....               | 74 |
| Příloha 24 – Tabulka pro kritickou vnitřní povrchovou vlhkost 100% .....              | 75 |

Příloha 1 - Byt č. 8; Bytový dům č.1



Plán bytu



Pohled na problematickou část



Levý horní kout na chodbě



Tepelný most pod oknem na chodbě



Okno na chodbě



Okno v ložnici



Levý roh v kuchyni



Levý horní kout v kuchyni



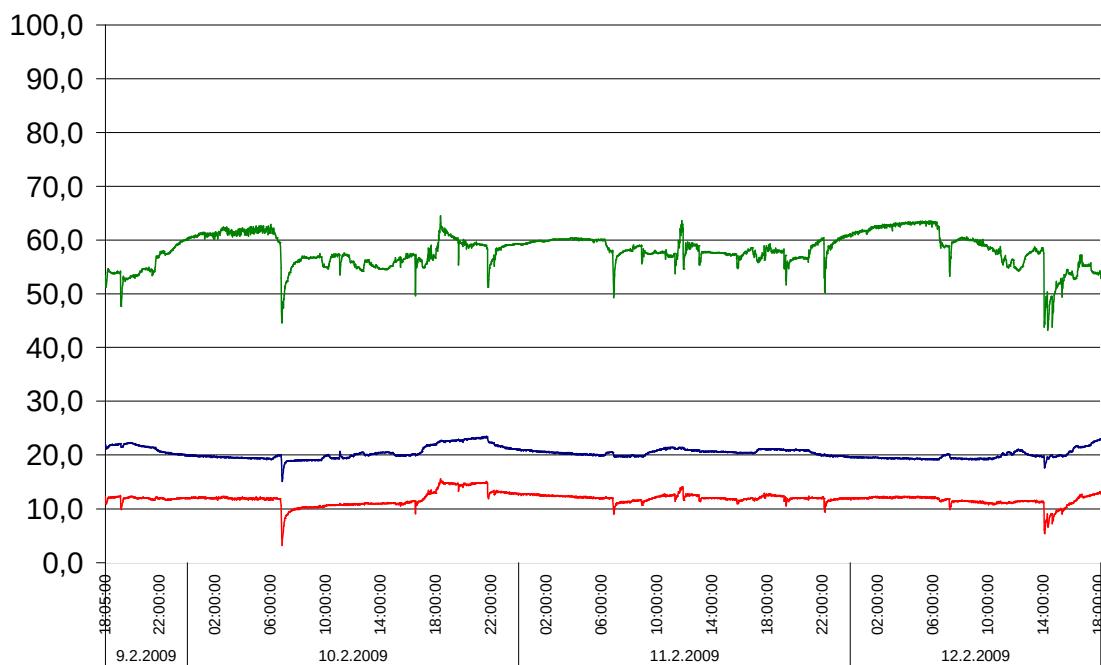
Pravý horní kout WC



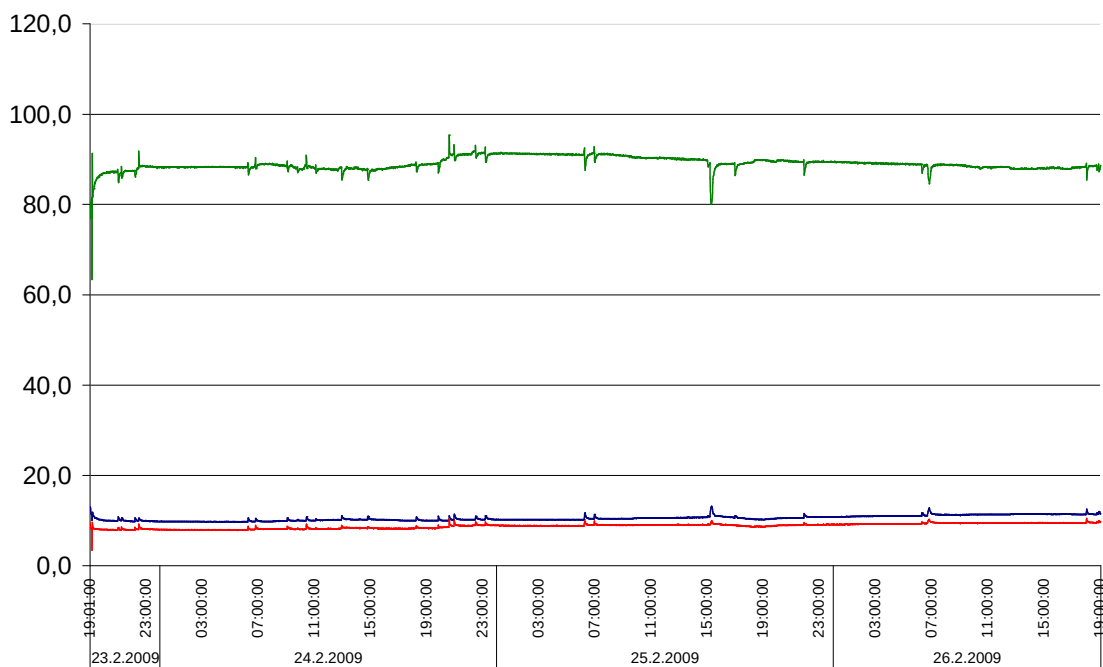
Okno WC

## Příloha 2 - Byt č. 8; Bytový dům č.1 – Grafy registračního měření

- relativní vlhkost
- teplota
- rosný bod

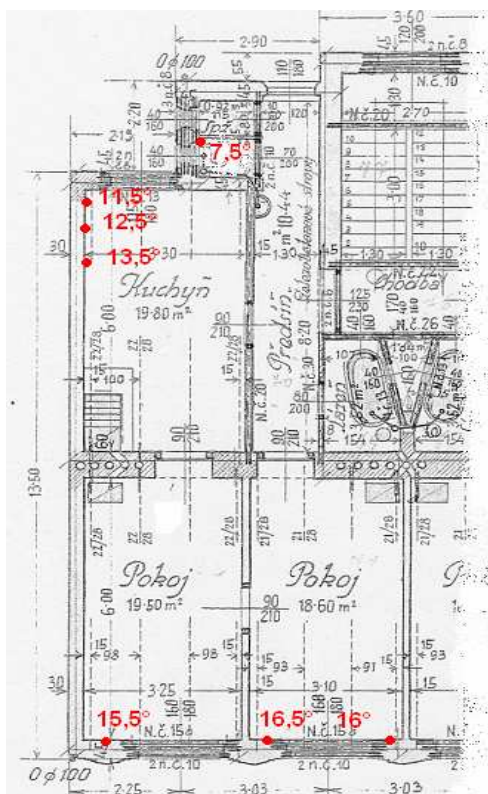


## Registrační měření v pokoji



## Registrační měření na WC

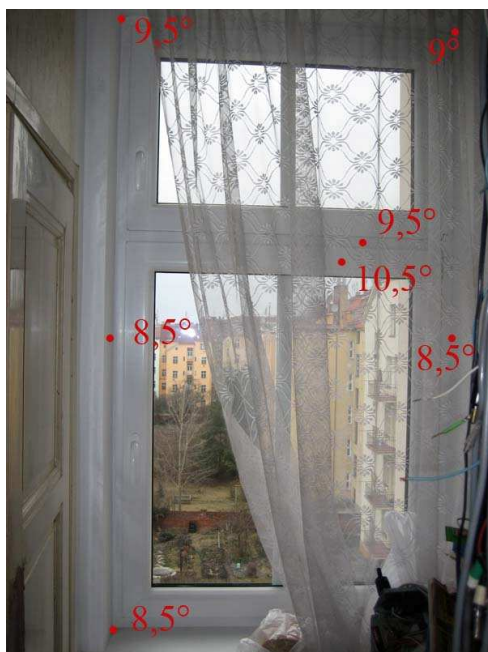
Příloha 3 - Byt č. 10; Bytový dům č.1



Plán bytu



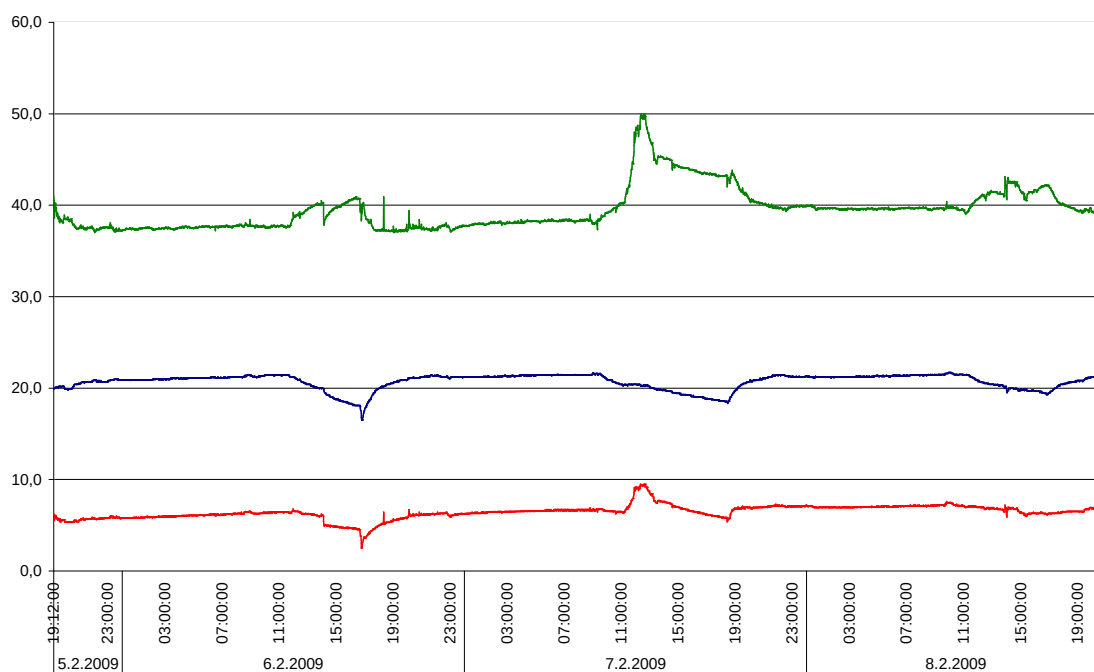
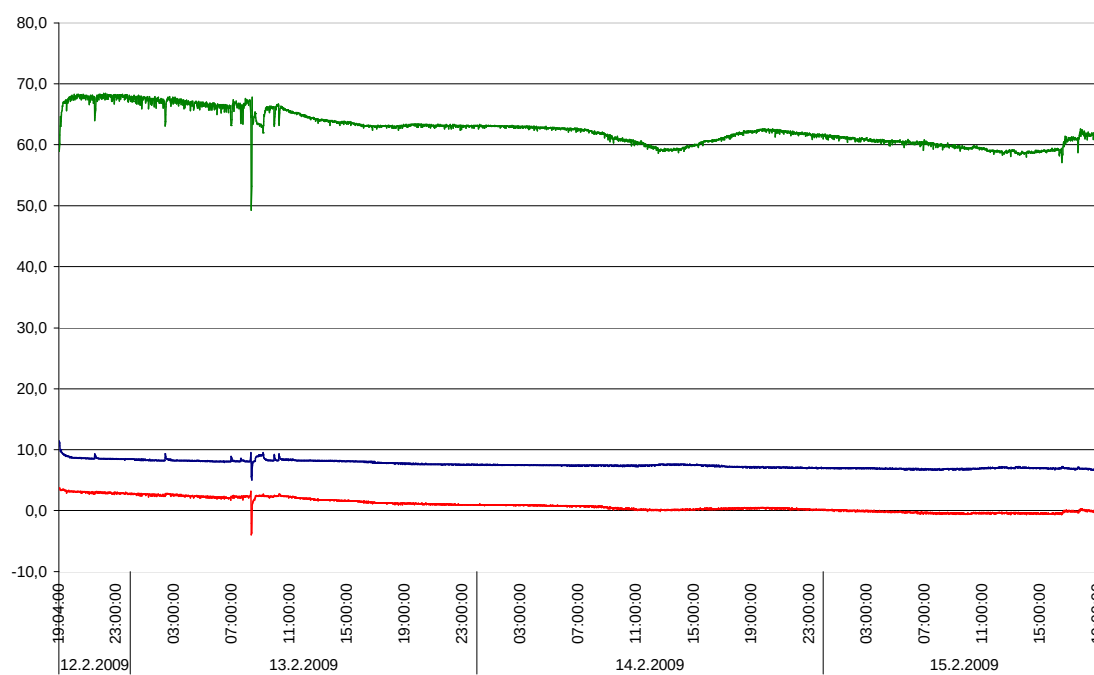
Okno v pokoji



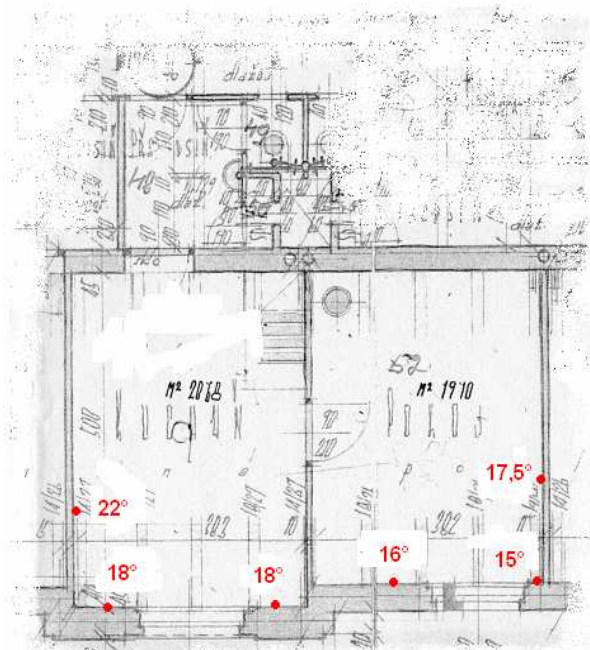
Okno na chodbě



Okno na WC

**Příloha 4 - Byt č. 10; Bytový dům č.1 – Grafy registračního měření****Registrační měření v obytné části****Registrační měření na WC**

Příloha 5 - Byt č. 9; Bytový dům č.2



Plán bytu



Pohled na dům



Okno v kuchyni



Okno v pokoji



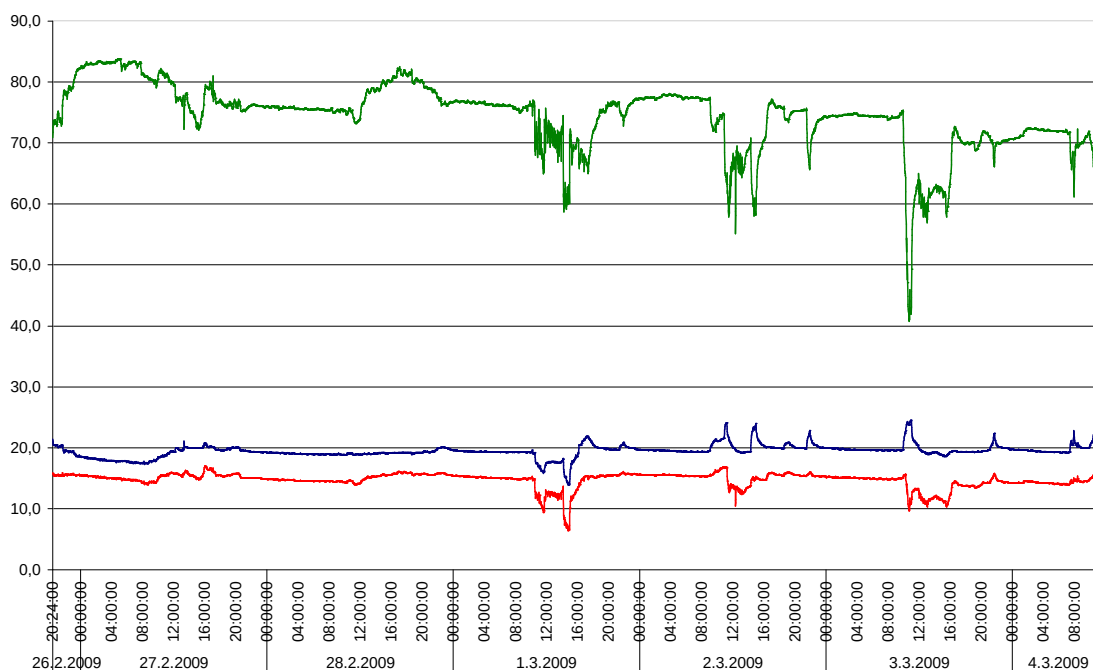
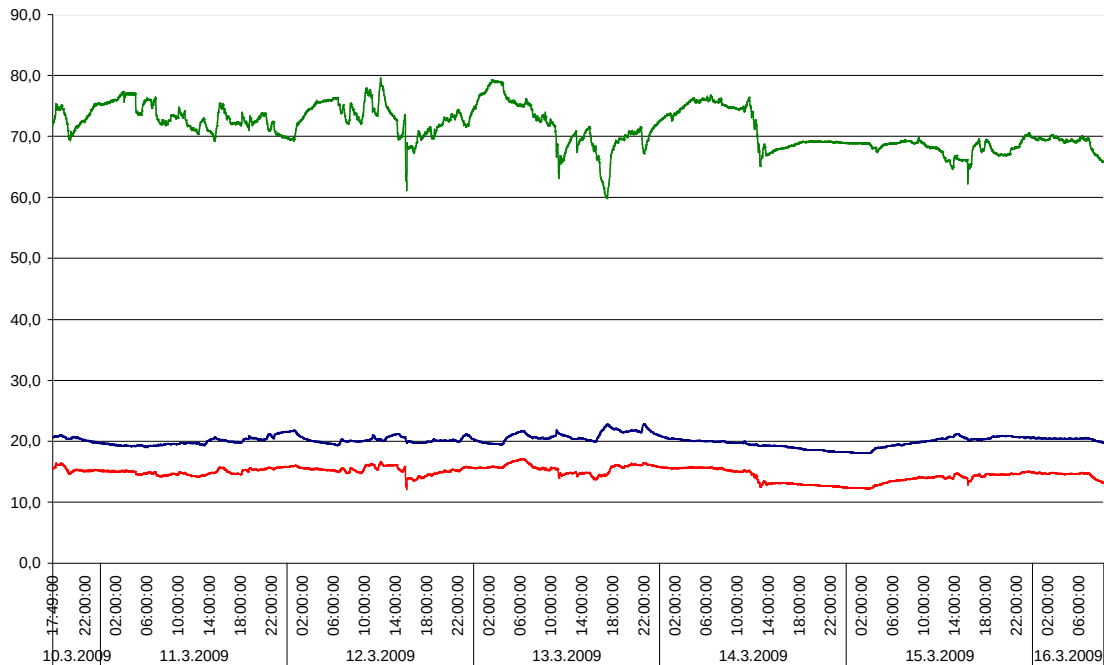
Levý horní kout v pokoji



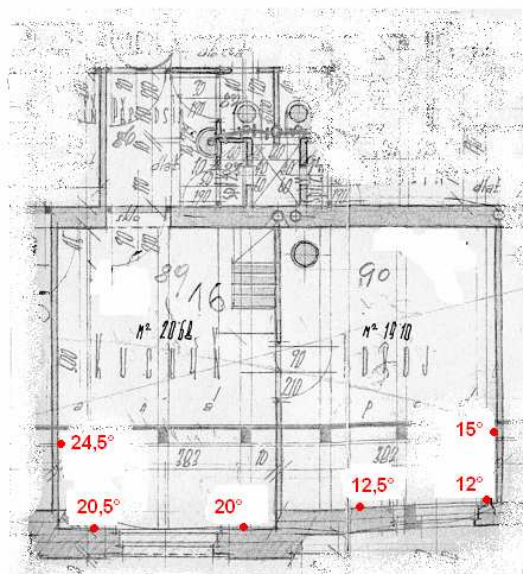
Levý dolní kout



Tepelný most pod oknem

**Příloha 6 - Byt č. 9; Bytový dům č.2 – Grafy registračního měření****Registrační měření – byt v užívání prarodiči****Registrační měření – byt v normálním užívání**

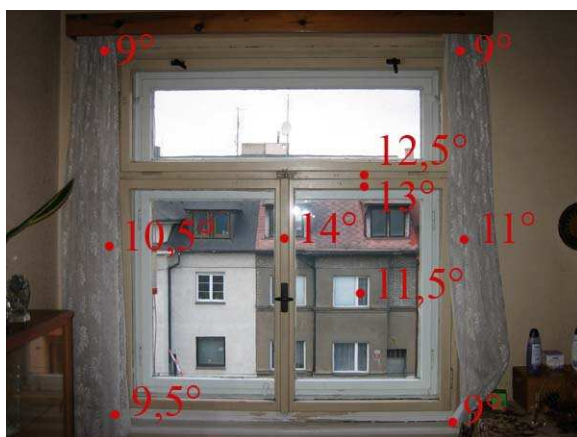
Příloha 7 - Byt č. 16; Bytový dům č.2



Plán bytu



Okno v kuchyni



Okno v pokoji



Levý horní kout v pokoji

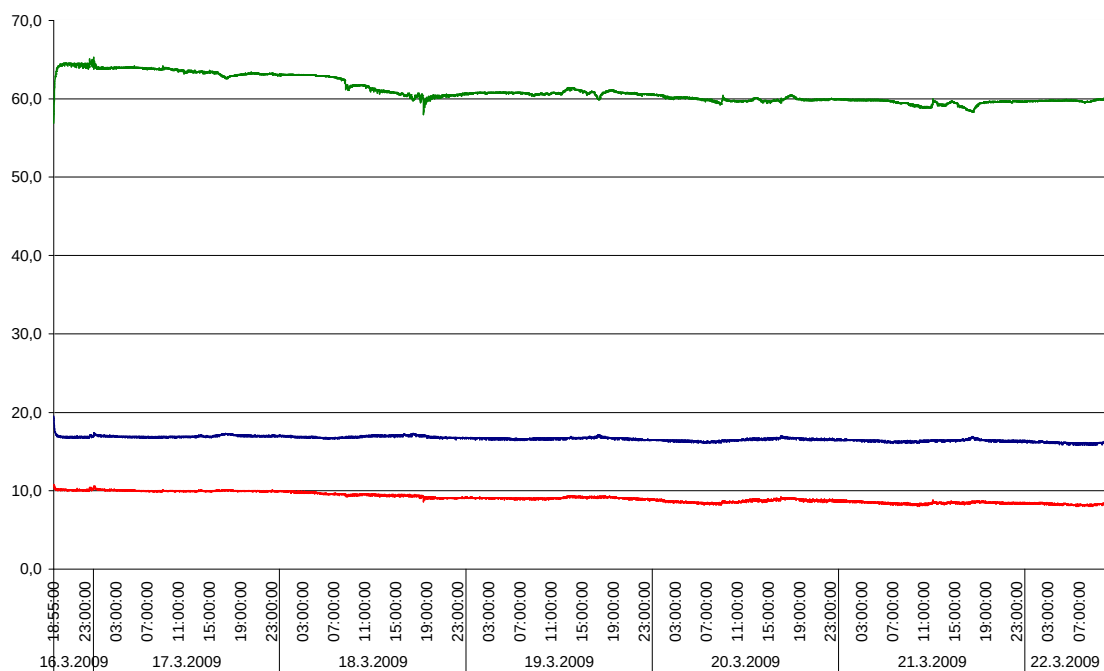


Levý dolní kout v pokoji



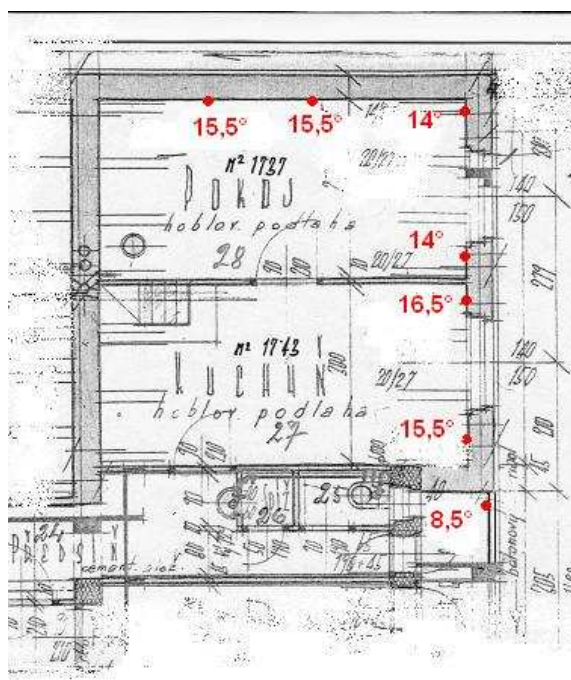
Pod oknem v pokoji

## Příloha 8 Byt č. 16; Bytový dům č.2 – Graf registračního měření



Registrační měření v pokoji

## Příloha 9 - Byt č. 5; Bytový dům č.2



Plán bytu



Pohled na dům se zkoumaným bytem



Okno v kuchyni



Okno v obývacím pokoji



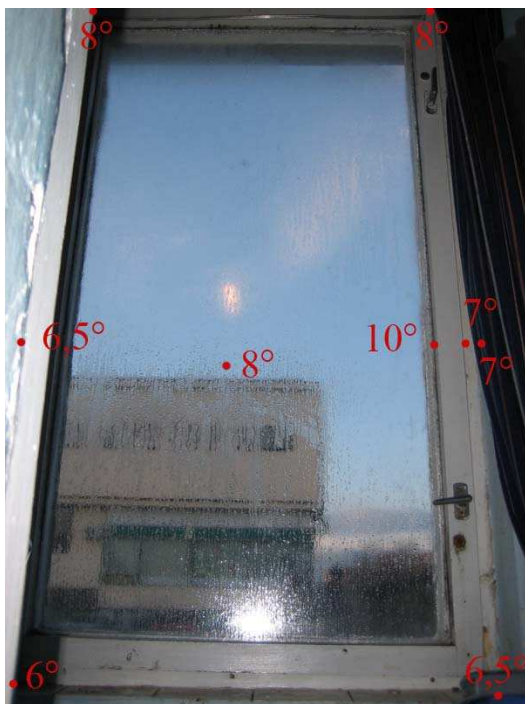
Levý horní kout v obývacím pokoji vedle okna



Tepelný most v zadní části obývacího pokoje



Levý horní kout v kuchyni



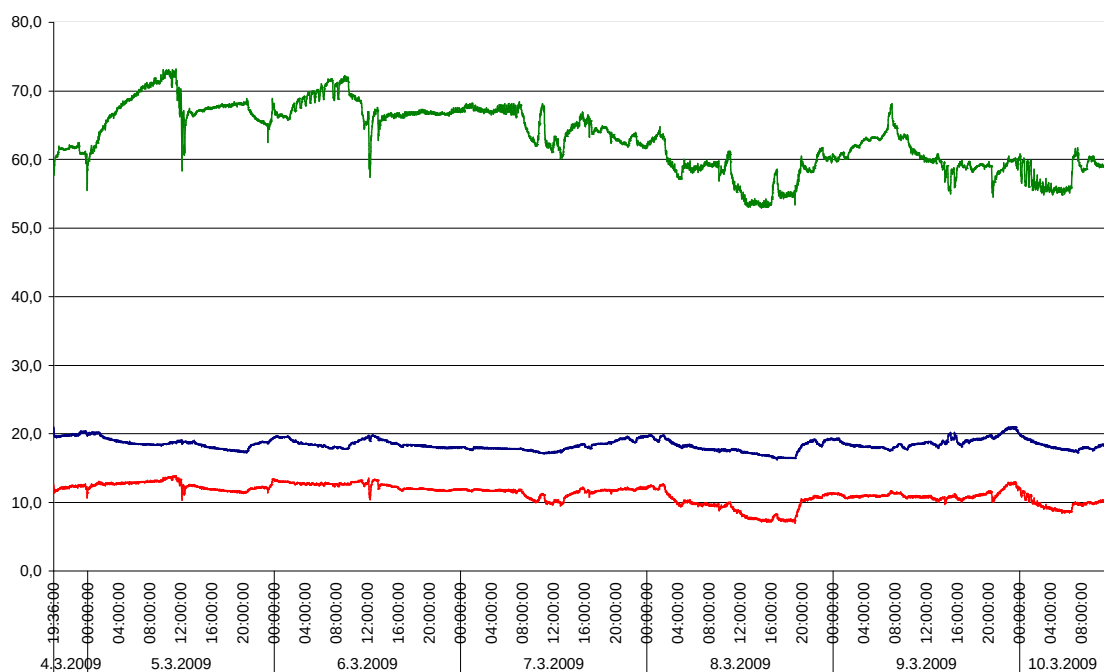
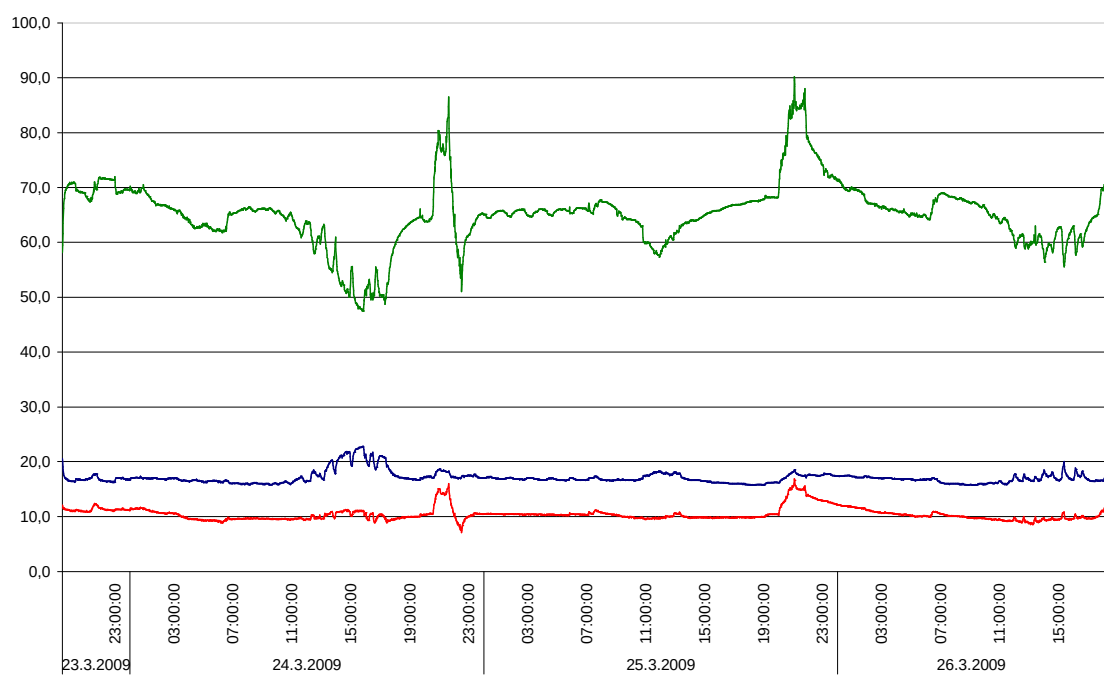
Okno ve výklenku



Pravý horní kout ve výklenku



Odlupující se omítka z vnější strany obývacího pokoje

**Příloha 10 - Byt č. 5; Bytový dům č.2 – Grafy registračního měření****Registrační měření v obývacím pokoji****Registrační měření ve výklenku**

**Příloha 11 – Protokol z programu Teplo 2008 pro 0,3m zdivo bez tepelné izolace****ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ  
POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE**podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540  
**Teplo 2008**Název úlohy : **0,3 m zdivo bez tepelné izolace**

Zpracovatel : Martin Novotný

Zakázka :

Datum : 29.4.2009

**KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :**

Typ hodnocené konstrukce : Stěna

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

**Skladba konstrukce (od interiéru) :**

| Číslo | Název          | D[m]   | L[W/mK] | C[J/kgK] | Ro[kg/m3] | Mi[-] | Ma[kg/m2] |
|-------|----------------|--------|---------|----------|-----------|-------|-----------|
| 1     | Omítka vápenoc | 0.0200 | 0.9900  | 790.0    | 2000.0    | 19.0  | 0.0000    |
| 2     | Zdivo CP 1     | 0.2700 | 0.8000  | 900.0    | 1700.0    | 8.5   | 0.0000    |
| 3     | Omítka ETICS m | 0.0100 | 0.8000  | 840.0    | 1550.0    | 20.0  | 0.0000    |

**Okrajové podmínky výpočtu :**

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m2K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi : 0.25 m2K/W

Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m2K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH<sub>i</sub> : 55.0 %

| Měsíc | Délka[dny] | Tai[C] | RHi[%] | Pi[Pa] | Te[C] | RHe[%] | Pe[Pa] |
|-------|------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 1     | 31         | 20.6   | 55.4   | 1343.5 | -2.2  | 81.2   | 412.9  |
| 2     | 28         | 20.6   | 57.4   | 1392.0 | -0.8  | 80.8   | 461.7  |
| 3     | 31         | 20.6   | 58.2   | 1411.4 | 2.8   | 79.4   | 592.9  |
| 4     | 30         | 20.6   | 58.9   | 1428.4 | 7.2   | 77.7   | 788.8  |
| 5     | 31         | 20.6   | 62.0   | 1503.6 | 12.3  | 74.8   | 1069.5 |
| 6     | 30         | 20.6   | 65.3   | 1583.6 | 15.7  | 72.2   | 1287.1 |
| 7     | 31         | 20.6   | 67.0   | 1624.9 | 17.3  | 70.6   | 1393.5 |
| 8     | 31         | 20.6   | 66.0   | 1600.6 | 16.4  | 71.5   | 1332.9 |
| 9     | 30         | 20.6   | 62.3   | 1510.9 | 12.7  | 74.5   | 1093.5 |
| 10    | 31         | 20.6   | 59.1   | 1433.3 | 7.7   | 77.5   | 814.1  |
| 11    | 30         | 20.6   | 58.2   | 1411.4 | 2.9   | 79.5   | 597.9  |
| 12    | 31         | 20.6   | 57.7   | 1399.3 | -0.6  | 80.7   | 468.9  |

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

**TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :****Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:**

Tepelný odpor konstrukce R : 0.37 m2K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 1.85 W/m2K

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>kc</sub> : 1.87 / 1.90 / 1.95 / 2.05 W/m2K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce Z<sub>pT</sub> : 1.5E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny\* : 13.0

Fázový posun teplotního kmitu Psi\* : 9.0 h

**Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:**

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách  $T_{si,p}$  : 7.12 C  
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách  $f_{Rsi,p}$  : 0.621

| Číslo<br>měsíce | Minimální požadované hodnoty při max.<br>rel. vlhkosti na vnitřním povrchu: |             |                  |             | Vypočtené<br>hodnoty |           |              |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|-------------|----------------------|-----------|--------------|
|                 | ----- 80% -----                                                             |             | ----- 100% ----- |             | $T_{si}[C]$          | $f_{Rsi}$ | $RH_{si}[%]$ |
|                 | $T_{si,m}[C]$                                                               | $f_{Rsi,m}$ | $T_{si,m}[C]$    | $f_{Rsi,m}$ |                      |           |              |
| 1               | 14.8                                                                        | 0.744       | 11.4             | 0.595       | 12.0                 | 0.621     | 96.1         |
| 2               | 15.3                                                                        | 0.753       | 11.9             | 0.593       | 12.5                 | 0.621     | 96.1         |
| 3               | 15.5                                                                        | 0.716       | 12.1             | 0.523       | 13.9                 | 0.621     | 89.1         |
| 4               | 15.7                                                                        | 0.636       | 12.3             | 0.380       | 15.5                 | 0.621     | 81.0         |
| 5               | 16.5                                                                        | 0.509       | 13.1             | 0.092       | 17.5                 | 0.621     | 75.4         |
| 6               | 17.3                                                                        | 0.336       | 13.9             | -----       | 18.7                 | 0.621     | 73.3         |
| 7               | 17.8                                                                        | 0.137       | 14.3             | -----       | 19.4                 | 0.621     | 72.4         |
| 8               | 17.5                                                                        | 0.265       | 14.0             | -----       | 19.0                 | 0.621     | 72.8         |
| 9               | 16.6                                                                        | 0.494       | 13.1             | 0.056       | 17.6                 | 0.621     | 75.1         |
| 10              | 15.8                                                                        | 0.626       | 12.3             | 0.359       | 15.7                 | 0.621     | 80.3         |
| 11              | 15.5                                                                        | 0.714       | 12.1             | 0.520       | 13.9                 | 0.621     | 88.9         |
| 12              | 15.4                                                                        | 0.755       | 12.0             | 0.593       | 12.6                 | 0.621     | 96.1         |

Poznámka:  $RH_{si}$  je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,  
 $T_{si}$  je vnitřní povrchová teplota a  $f_{Rsi}$  je teplotní faktor.

**Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540:**  
 (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

| rozhraní:   | i    | 1-2  | 2-3   | e     |
|-------------|------|------|-------|-------|
| tepl.[C]:   | 7.1  | 6.0  | -12.2 | -12.8 |
| p [Pa]:     | 1334 | 1176 | 222   | 138   |
| p,sat [Pa]: | 1010 | 937  | 213   | 201   |

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

| Kond.zóna<br>číslo | Hranice kondenzační zóny<br>levá [m] | pravá [m] | Kondenzující množství<br>vodní páry [kg/m2s] |
|--------------------|--------------------------------------|-----------|----------------------------------------------|
| 1                  | 0.0000                               | 0.0000    | 5.988E-0006                                  |
| 2                  | 0.0704                               | 0.2108    | 2.044E-0008                                  |

**Celoroční bilance vlhkosti:**

Množství zkondenzované vodní páry  $M_{c,a}$ : 19.348 kg/m2,rok

Množství vypařitelné vodní páry  $M_{ev,a}$ : 4.491 kg/m2,rok

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 0.0 C.

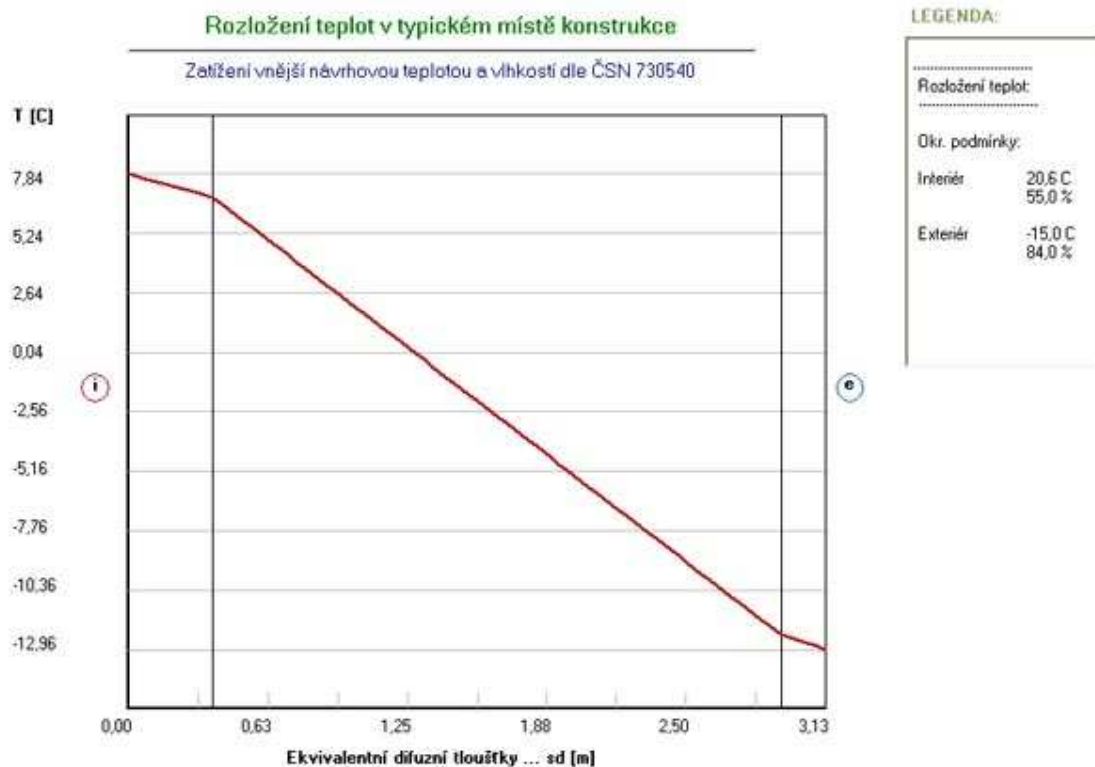
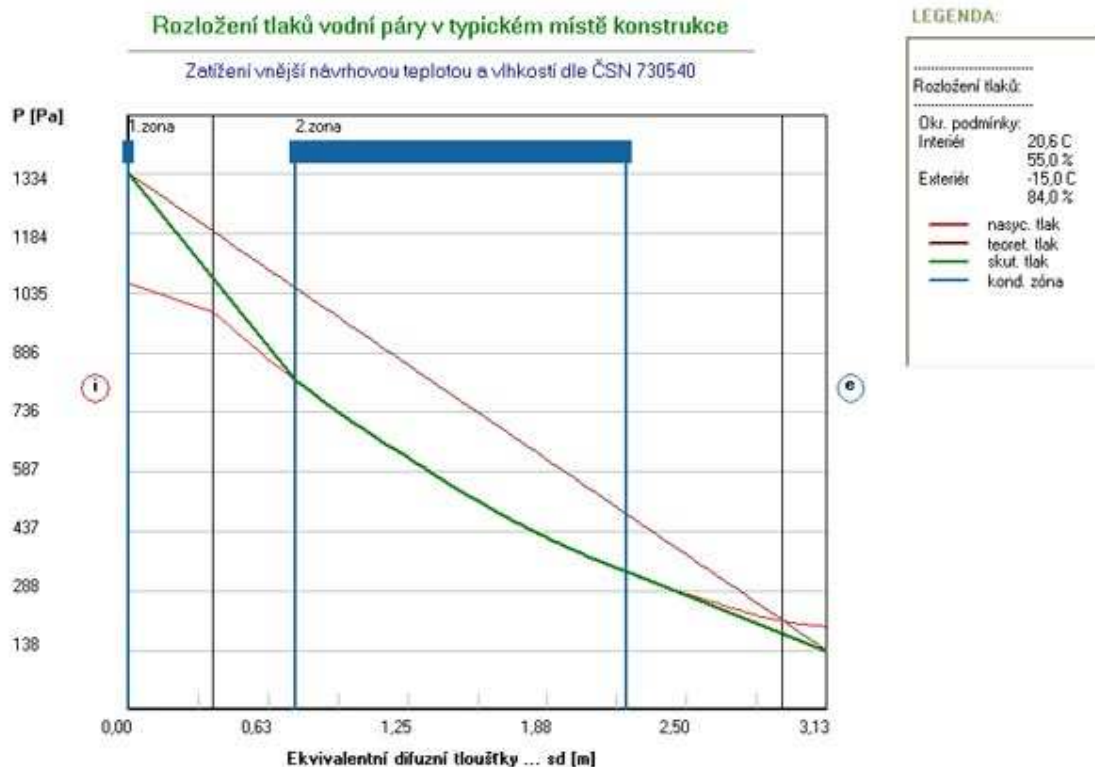
**Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:****Roční cyklus č. 1**

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

**STOP, Teplo 2008**

## Příloha 12 - Průběhy z programu Teplo 2008 pro 0,3m zdivo bez tepelné izolace



**Příloha 13 - Protokol z programu Teplo 2008 pro 0,3m zdivo s 0,16m izolací****ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ  
POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE**

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

**Teplo 2008**Název úlohy : **0,3 m zdivo s 0,16 m tepelnou izolací**

Zpracovatel : Martin Novotný

Zakázka :

Datum : 29.4.2009

**KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :**

Typ hodnocené konstrukce : Stěna

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

**Skladba konstrukce (od interiéru) :**

| Číslo | Název          | D[m]   | L[W/mK] | C[J/kgK] | Ro[kg/m3] | Mi[-] | Ma[kg/m2] |
|-------|----------------|--------|---------|----------|-----------|-------|-----------|
| 1     | Omítka vápenoc | 0.0200 | 0.9900  | 790.0    | 2000.0    | 19.0  | 0.0000    |
| 2     | Zdivo CP 1     | 0.2700 | 0.8000  | 900.0    | 1700.0    | 8.5   | 0.0000    |
| 3     | Rockwool Fasro | 0.1600 | 0.0450  | 840.0    | 100.0     | 2.0   | 0.0000    |
| 4     | Omítka ETICS m | 0.0100 | 0.8000  | 840.0    | 1550.0    | 20.0  | 0.0000    |

**Okrajové podmínky výpočtu :**

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m2K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi : 0.25 m2K/W

Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m2K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

| Měsíc | Délka[dny] | Tai[C] | RHi[%] | Pi[Pa] | Te[C] | RHe[%] | Pe[Pa] |
|-------|------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 1     | 31         | 20.6   | 55.4   | 1343.5 | -2.2  | 81.2   | 412.9  |
| 2     | 28         | 20.6   | 57.4   | 1392.0 | -0.8  | 80.8   | 461.7  |
| 3     | 31         | 20.6   | 58.2   | 1411.4 | 2.8   | 79.4   | 592.9  |
| 4     | 30         | 20.6   | 58.9   | 1428.4 | 7.2   | 77.7   | 788.8  |
| 5     | 31         | 20.6   | 62.0   | 1503.6 | 12.3  | 74.8   | 1069.5 |
| 6     | 30         | 20.6   | 65.3   | 1583.6 | 15.7  | 72.2   | 1287.1 |
| 7     | 31         | 20.6   | 67.0   | 1624.9 | 17.3  | 70.6   | 1393.5 |
| 8     | 31         | 20.6   | 66.0   | 1600.6 | 16.4  | 71.5   | 1332.9 |
| 9     | 30         | 20.6   | 62.3   | 1510.9 | 12.7  | 74.5   | 1093.5 |
| 10    | 31         | 20.6   | 59.1   | 1433.3 | 7.7   | 77.5   | 814.1  |
| 11    | 30         | 20.6   | 58.2   | 1411.4 | 2.9   | 79.5   | 597.9  |
| 12    | 31         | 20.6   | 57.7   | 1399.3 | -0.6  | 80.7   | 468.9  |

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

**TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :****Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:**

Tepelný odpor konstrukce R : 3.93 m2K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.24 W/m2K

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>kc</sub> : 0.26 / 0.29 / 0.34 / 0.44 W/m2K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce ZpT : 1.7E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny\* : 355.7

Fázový posun teplotního kmitu Psi\* : 13.3 h

**Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:**

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách  $T_{si,p}$  : 18.49 C  
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách  $f_{Rsi,p}$  : 0.941

| Číslo<br>měsíce | Minimální požadované hodnoty při max.<br>rel. vlhkosti na vnitřním povrchu: |             |                  |             | Vypočtené<br>hodnoty |           |              |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|-------------|----------------------|-----------|--------------|
|                 | ----- 80% -----                                                             |             | ----- 100% ----- |             | $T_{si}[C]$          | $f_{Rsi}$ | $RH_{si}[%]$ |
|                 | $T_{si,m}[C]$                                                               | $f_{Rsi,m}$ | $T_{si,m}[C]$    | $f_{Rsi,m}$ |                      |           |              |
| 1               | 14.8                                                                        | 0.744       | 11.4             | 0.595       | 19.2                 | 0.941     | 60.2         |
| 2               | 15.3                                                                        | 0.753       | 11.9             | 0.593       | 19.3                 | 0.941     | 62.1         |
| 3               | 15.5                                                                        | 0.716       | 12.1             | 0.523       | 19.5                 | 0.941     | 62.1         |
| 4               | 15.7                                                                        | 0.636       | 12.3             | 0.380       | 19.8                 | 0.941     | 61.9         |
| 5               | 16.5                                                                        | 0.509       | 13.1             | 0.092       | 20.1                 | 0.941     | 63.9         |
| 6               | 17.3                                                                        | 0.336       | 13.9             | -----       | 20.3                 | 0.941     | 66.5         |
| 7               | 17.8                                                                        | 0.137       | 14.3             | -----       | 20.4                 | 0.941     | 67.8         |
| 8               | 17.5                                                                        | 0.265       | 14.0             | -----       | 20.4                 | 0.941     | 67.0         |
| 9               | 16.6                                                                        | 0.494       | 13.1             | 0.056       | 20.1                 | 0.941     | 64.1         |
| 10              | 15.8                                                                        | 0.626       | 12.3             | 0.359       | 19.8                 | 0.941     | 62.0         |
| 11              | 15.5                                                                        | 0.714       | 12.1             | 0.520       | 19.6                 | 0.941     | 62.1         |
| 12              | 15.4                                                                        | 0.755       | 12.0             | 0.593       | 19.3                 | 0.941     | 62.4         |

Poznámka:  $RH_{si}$  je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,  
 $T_{si}$  je vnitřní povrchová teplota a  $f_{Rsi}$  je teplotní faktor.

**Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540:**  
**(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)**

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

| rozhraní:   | i    | 1-2  | 2-3  | 3-4   | e     |
|-------------|------|------|------|-------|-------|
| tepl.[C]:   | 18.5 | 18.3 | 15.5 | -14.6 | -14.7 |
| p [Pa]:     | 1334 | 1192 | 333  | 213   | 138   |
| p,sat [Pa]: | 2127 | 2104 | 1756 | 172   | 170   |

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

| Kond.zóna<br>číslo | Hranice kondenzační zóny<br>levá [m] | pravá  | Kondenzující množství<br>vodní páry [kg/m2s] |
|--------------------|--------------------------------------|--------|----------------------------------------------|
| 1                  | 0.4500                               | 0.4500 | 4.436E-0008                                  |

**Celoroční bilance vlhkosti:**

Množství zkondenzované vodní páry  $M_{c,a}$ : 0.042 kg/m2,rok

Množství vypařitelné vodní páry  $M_{ev,a}$ : 9.478 kg/m2,rok

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -5.0 C.

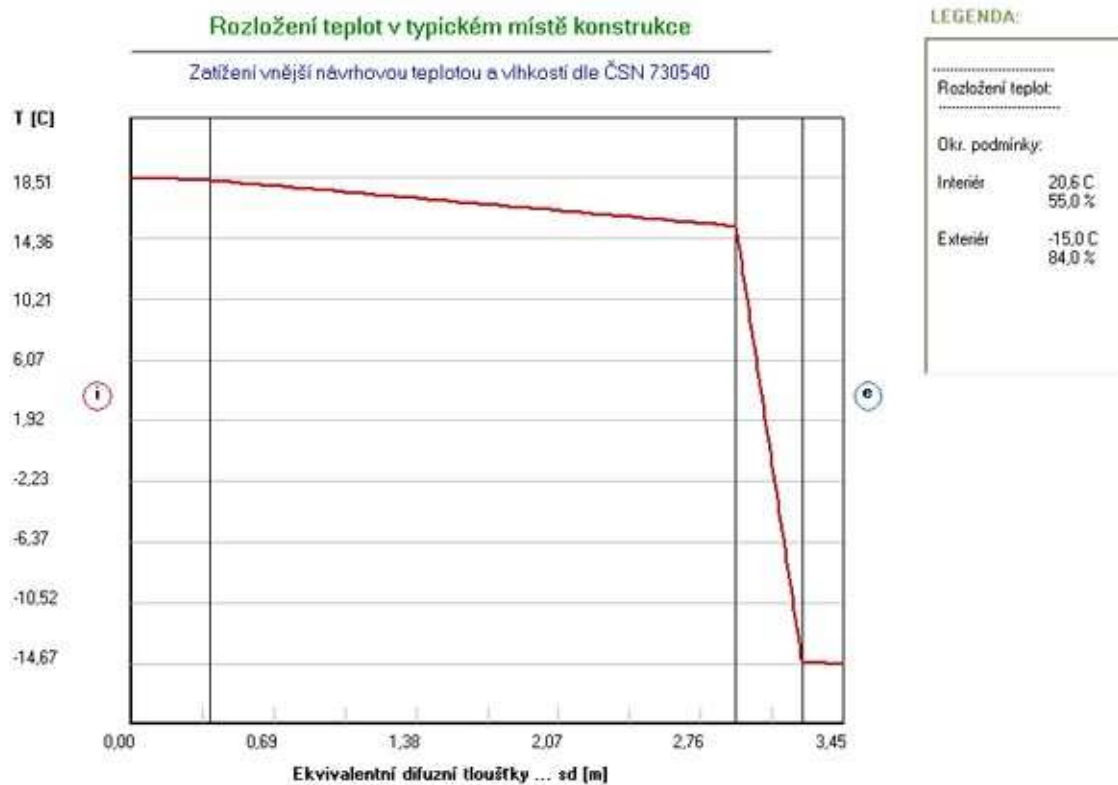
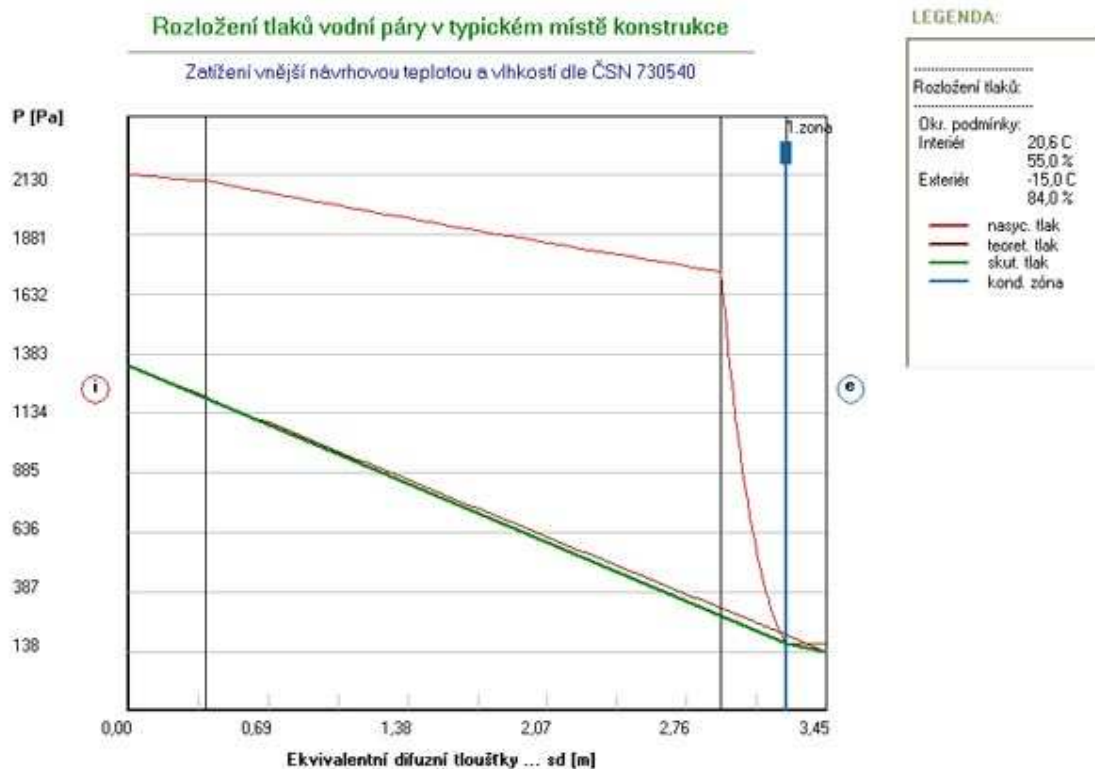
**Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:****Roční cyklus č. 1**

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

**STOP, Teplo 2008**

## Příloha 14 - Průběhy z programu Teplo 2008 pro 0,3m zdivo s 0,16m izolací



**Příloha 15 - Protokol z programu Teplo 2008 pro 0,45m zdivo bez tepelné izolace****ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ  
POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE**

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

**Teplo 2008**Název úlohy : **0,45 m zdivo bez tepelné izolace**

Zpracovatel : Martin Novotný

Zakázka :

Datum : 29.4.2009

**KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :**

Typ hodnocené konstrukce : Stěna

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

**Skladba konstrukce (od interiéru) :**

| Číslo | Název          | D[m]   | L[W/mK] | C[J/kgK] | Ro[kg/m3] | Mi[-] | Ma[kg/m2] |
|-------|----------------|--------|---------|----------|-----------|-------|-----------|
| 1     | Omítka vápenoc | 0.0200 | 0.9900  | 790.0    | 2000.0    | 19.0  | 0.0000    |
| 2     | Zdivo CP 1     | 0.4500 | 0.8000  | 900.0    | 1700.0    | 8.5   | 0.0000    |
| 3     | Omítka ETICS m | 0.0100 | 0.8000  | 840.0    | 1550.0    | 20.0  | 0.0000    |

**Okrajové podmínky výpočtu :**

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m2K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi : 0.25 m2K/W

Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m2K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH<sub>i</sub> : 55.0 %

| Měsíc | Délka[dny] | Tai[C] | RHi[%] | Pi[Pa] | Te[C] | RHe[%] | Pe[Pa] |
|-------|------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 1     | 31         | 20.6   | 55.4   | 1343.5 | -2.2  | 81.2   | 412.9  |
| 2     | 28         | 20.6   | 57.4   | 1392.0 | -0.8  | 80.8   | 461.7  |
| 3     | 31         | 20.6   | 58.2   | 1411.4 | 2.8   | 79.4   | 592.9  |
| 4     | 30         | 20.6   | 58.9   | 1428.4 | 7.2   | 77.7   | 788.8  |
| 5     | 31         | 20.6   | 62.0   | 1503.6 | 12.3  | 74.8   | 1069.5 |
| 6     | 30         | 20.6   | 65.3   | 1583.6 | 15.7  | 72.2   | 1287.1 |
| 7     | 31         | 20.6   | 67.0   | 1624.9 | 17.3  | 70.6   | 1393.5 |
| 8     | 31         | 20.6   | 66.0   | 1600.6 | 16.4  | 71.5   | 1332.9 |
| 9     | 30         | 20.6   | 62.3   | 1510.9 | 12.7  | 74.5   | 1093.5 |
| 10    | 31         | 20.6   | 59.1   | 1433.3 | 7.7   | 77.5   | 814.1  |
| 11    | 30         | 20.6   | 58.2   | 1411.4 | 2.9   | 79.5   | 597.9  |
| 12    | 31         | 20.6   | 57.7   | 1399.3 | -0.6  | 80.7   | 468.9  |

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

**TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :****Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:**

Tepelný odpor konstrukce R : 0.60 m2K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 1.31 W/m2K

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>kc</sub> : 1.33 / 1.36 / 1.41 / 1.51 W/m2K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor konstrukce ZpT : 2.3E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny\* : 58.5

Fázový posun teplotního kmitu Psi\* : 14.7 h

**Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:**

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách  $T_{si,p}$  : 10.55 C  
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách  $f_{Rsi,p}$  : 0.718

| Číslo měsíce | Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu: |             |                  |             | Vypočtené hodnoty |           |         |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|-------------|-------------------|-----------|---------|
|              | ----- 80% -----                                                          |             | ----- 100% ----- |             | $T_{si}[C]$       | $f_{Rsi}$ | RHsi[%] |
|              | $T_{si,m}[C]$                                                            | $f_{Rsi,m}$ | $T_{si,m}[C]$    | $f_{Rsi,m}$ |                   |           |         |
| 1            | 14.8                                                                     | 0.744       | 11.4             | 0.595       | 14.2              | 0.718     | 83.2    |
| 2            | 15.3                                                                     | 0.753       | 11.9             | 0.593       | 14.6              | 0.718     | 84.0    |
| 3            | 15.5                                                                     | 0.716       | 12.1             | 0.523       | 15.6              | 0.718     | 79.8    |
| 4            | 15.7                                                                     | 0.636       | 12.3             | 0.380       | 16.8              | 0.718     | 74.6    |
| 5            | 16.5                                                                     | 0.509       | 13.1             | 0.092       | 18.3              | 0.718     | 71.7    |
| 6            | 17.3                                                                     | 0.336       | 13.9             | -----       | 19.2              | 0.718     | 71.1    |
| 7            | 17.8                                                                     | 0.137       | 14.3             | -----       | 19.7              | 0.718     | 71.0    |
| 8            | 17.5                                                                     | 0.265       | 14.0             | -----       | 19.4              | 0.718     | 71.0    |
| 9            | 16.6                                                                     | 0.494       | 13.1             | 0.056       | 18.4              | 0.718     | 71.6    |
| 10           | 15.8                                                                     | 0.626       | 12.3             | 0.359       | 17.0              | 0.718     | 74.2    |
| 11           | 15.5                                                                     | 0.714       | 12.1             | 0.520       | 15.6              | 0.718     | 79.7    |
| 12           | 15.4                                                                     | 0.755       | 12.0             | 0.593       | 14.6              | 0.718     | 84.2    |

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,  
 Tsi je vnitřní povrchová teplota a  $f_{Rsi}$  je teplotní faktor.

**Dífuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540:  
 (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)**

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

| rozhraní:   | i    | 1-2  | 2-3   | e     |
|-------------|------|------|-------|-------|
| tepl.[C]:   | 10.5 | 9.7  | -12.9 | -13.4 |
| p [Pa]:     | 1334 | 1231 | 193   | 138   |
| p,sat [Pa]: | 1273 | 1206 | 200   | 191   |

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

| Kond.zóna číslo | Hranice kondenzační zóny<br>levá [m] | pravá [m] | Kondenzující množství<br>vodní páry [kg/m2s] |
|-----------------|--------------------------------------|-----------|----------------------------------------------|
| 1               | 0.0000                               | 0.0000    | 5.662E-0007                                  |
| 2               | 0.0488                               | 0.3656    | 2.424E-0008                                  |

**Celoroční bilance vlhkosti:**

Množství zkondenzované vodní páry  $M_{c,a}$ : 3.108 kg/m2,rok

Množství vypařitelné vodní páry  $M_{ev,a}$ : 2.290 kg/m2,rok

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -5.0 C.

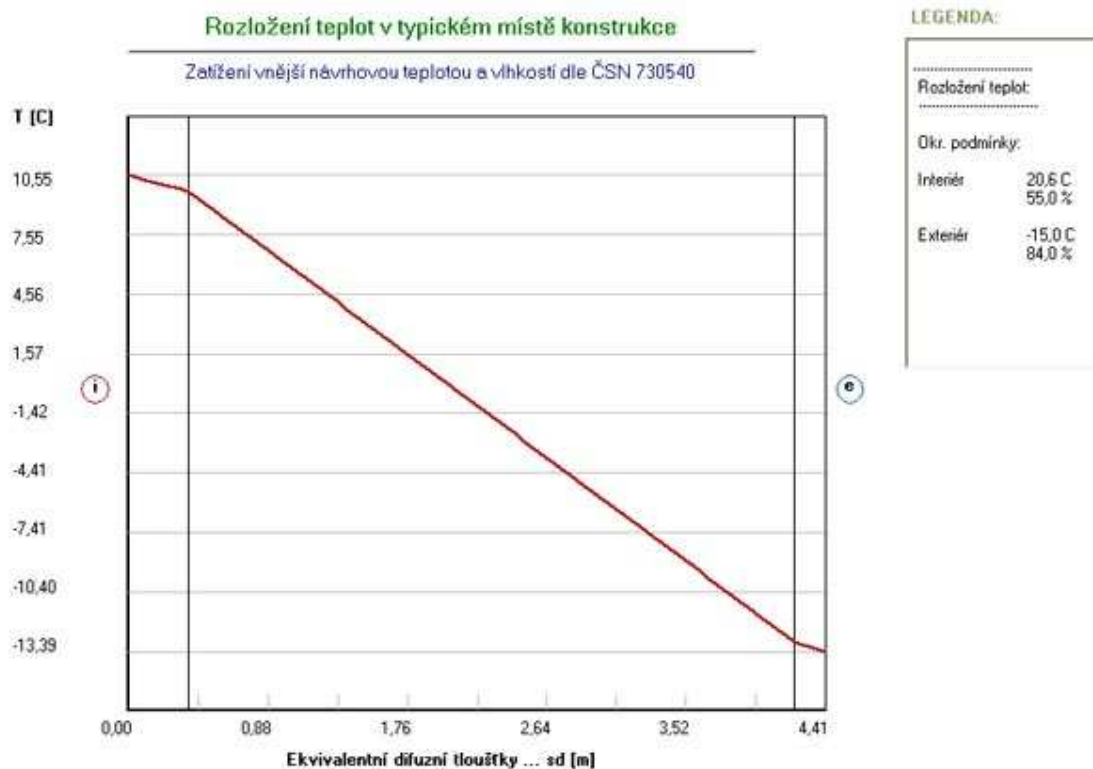
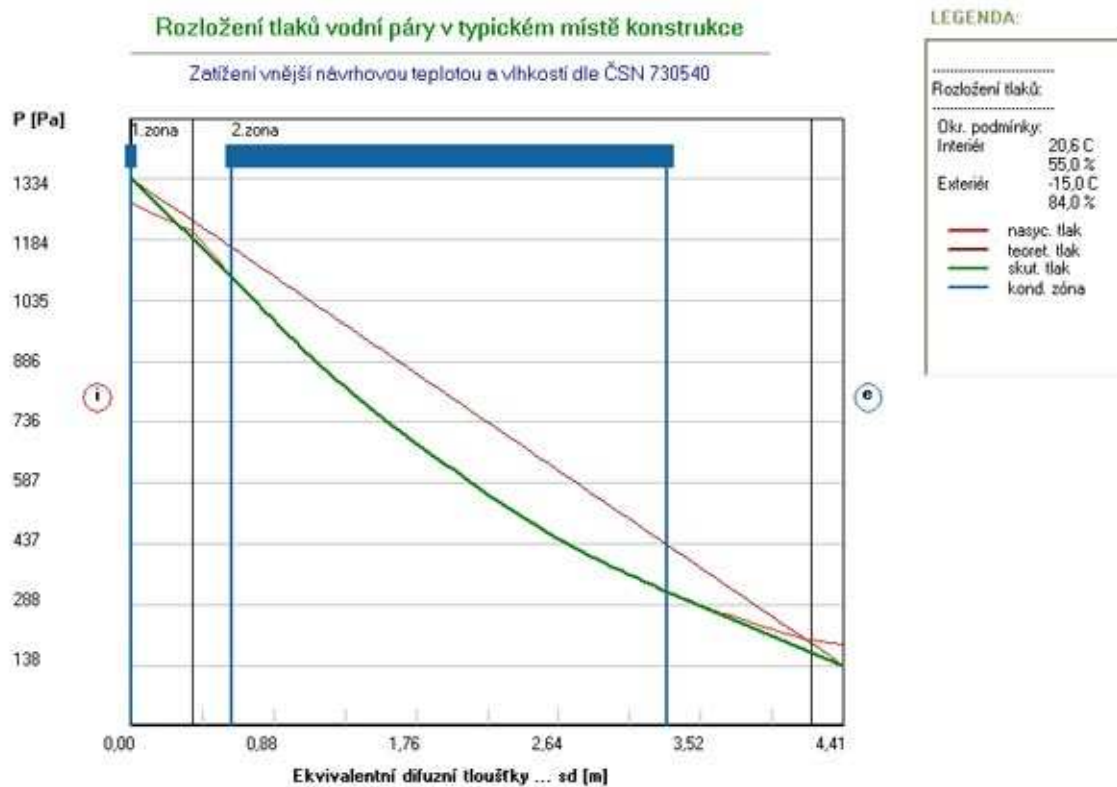
**Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:****Roční cyklus č. 1**

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

**STOP, Teplo 2008**

## Příloha 16 - Průběhy z programu Teplo 2008 pro 0,45m zdivo bez tepelné izolace



## Příloha 17 - Protokol z programu Teplo 2008 pro 0,45m zdivo s 0,15m izolací

**ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ  
POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE**podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540  
**Teplo 2008**Název úlohy : **0,45 m zdivo s 0,15 m tepelnou izolací**

Zpracovatel : Martin Novotný

Zakázka :

Datum : 29.4.2009

**KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :**

Typ hodnocené konstrukce : Stěna

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m<sup>2</sup>K**Skladba konstrukce (od interiéru) :**

| Číslo | Název          | D[m]   | L[W/mK] | C[J/kgK] | Ro[kg/m <sup>3</sup> ] | Mi[-] | Ma[kg/m <sup>2</sup> ] |
|-------|----------------|--------|---------|----------|------------------------|-------|------------------------|
| 1     | Omítka vápenoc | 0.0200 | 0.9900  | 790.0    | 2000.0                 | 19.0  | 0.0000                 |
| 2     | Zdivo CP 1     | 0.4500 | 0.8000  | 900.0    | 1700.0                 | 8.5   | 0.0000                 |
| 3     | Rockwool Fasro | 0.1500 | 0.0450  | 840.0    | 100.0                  | 2.0   | 0.0000                 |
| 4     | Omítka ETICS m | 0.0100 | 0.8000  | 840.0    | 1550.0                 | 20.0  | 0.0000                 |

**Okrajové podmínky výpočtu :**Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m<sup>2</sup>K/Wdtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi : 0.25 m<sup>2</sup>K/WTepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/Wdtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH<sub>i</sub> : 55.0 %

| Měsíc | Délka[dny] | Tai[C] | RHi[%] | Pi[Pa] | Te[C] | RHe[%] | Pe[Pa] |
|-------|------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 1     | 31         | 20.6   | 55.4   | 1343.5 | -2.2  | 81.2   | 412.9  |
| 2     | 28         | 20.6   | 57.4   | 1392.0 | -0.8  | 80.8   | 461.7  |
| 3     | 31         | 20.6   | 58.2   | 1411.4 | 2.8   | 79.4   | 592.9  |
| 4     | 30         | 20.6   | 58.9   | 1428.4 | 7.2   | 77.7   | 788.8  |
| 5     | 31         | 20.6   | 62.0   | 1503.6 | 12.3  | 74.8   | 1069.5 |
| 6     | 30         | 20.6   | 65.3   | 1583.6 | 15.7  | 72.2   | 1287.1 |
| 7     | 31         | 20.6   | 67.0   | 1624.9 | 17.3  | 70.6   | 1393.5 |
| 8     | 31         | 20.6   | 66.0   | 1600.6 | 16.4  | 71.5   | 1332.9 |
| 9     | 30         | 20.6   | 62.3   | 1510.9 | 12.7  | 74.5   | 1093.5 |
| 10    | 31         | 20.6   | 59.1   | 1433.3 | 7.7   | 77.5   | 814.1  |
| 11    | 30         | 20.6   | 58.2   | 1411.4 | 2.9   | 79.5   | 597.9  |
| 12    | 31         | 20.6   | 57.7   | 1399.3 | -0.6  | 80.7   | 468.9  |

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

**TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :****Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:**Tepelný odpor konstrukce R : 3.93 m<sup>2</sup>K/WSoučinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.24 W/m<sup>2</sup>KSoučinitel prostupu zabudované kce U<sub>k</sub> : 0.26 / 0.29 / 0.34 / 0.44 W/m<sup>2</sup>K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor konstrukce ZpT : 2.5E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny\* : 1471.7

Fázový posun teplotního kmitu Psi\* : 18.7 h

**Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:**

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách  $T_{si,p}$  : 18.49 C  
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách  $f_{Rsi,p}$  : 0.941

| Číslo<br>měsíce | Minimální požadované hodnoty při max.<br>rel. vlhkosti na vnitřním povrchu: |             |                  |             | Vypočtené<br>hodnoty |           |         |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|-------------|----------------------|-----------|---------|
|                 | ----- 80% -----                                                             |             | ----- 100% ----- |             | $T_{si}[C]$          | $f_{Rsi}$ | RHsi[%] |
|                 | $T_{si,m}[C]$                                                               | $f_{Rsi,m}$ | $T_{si,m}[C]$    | $f_{Rsi,m}$ |                      |           |         |
| 1               | 14.8                                                                        | 0.744       | 11.4             | 0.595       | 19.2                 | 0.941     | 60.2    |
| 2               | 15.3                                                                        | 0.753       | 11.9             | 0.593       | 19.3                 | 0.941     | 62.1    |
| 3               | 15.5                                                                        | 0.716       | 12.1             | 0.523       | 19.5                 | 0.941     | 62.1    |
| 4               | 15.7                                                                        | 0.636       | 12.3             | 0.380       | 19.8                 | 0.941     | 61.9    |
| 5               | 16.5                                                                        | 0.509       | 13.1             | 0.092       | 20.1                 | 0.941     | 63.9    |
| 6               | 17.3                                                                        | 0.336       | 13.9             | -----       | 20.3                 | 0.941     | 66.5    |
| 7               | 17.8                                                                        | 0.137       | 14.3             | -----       | 20.4                 | 0.941     | 67.8    |
| 8               | 17.5                                                                        | 0.265       | 14.0             | -----       | 20.4                 | 0.941     | 67.0    |
| 9               | 16.6                                                                        | 0.494       | 13.1             | 0.056       | 20.1                 | 0.941     | 64.1    |
| 10              | 15.8                                                                        | 0.626       | 12.3             | 0.359       | 19.8                 | 0.941     | 62.0    |
| 11              | 15.5                                                                        | 0.714       | 12.1             | 0.520       | 19.6                 | 0.941     | 62.1    |
| 12              | 15.4                                                                        | 0.755       | 12.0             | 0.593       | 19.3                 | 0.941     | 62.4    |

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,  
 $T_{si}$  je vnitřní povrchová teplota a  $f_{Rsi}$  je teplotní faktor.

**Dífuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540:  
 (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)**

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

| rozhraní:   | i    | 1-2  | 2-3  | 3-4   | e     |
|-------------|------|------|------|-------|-------|
| tepl.[C]:   | 18.5 | 18.3 | 13.6 | -14.6 | -14.7 |
| p [Pa]:     | 1334 | 1237 | 265  | 189   | 138   |
| p,sat [Pa]: | 2127 | 2105 | 1554 | 172   | 170   |

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

| Kond.zóna<br>číslo | Hranice kondenzační zóny<br>levá [m] | pravá [m] | Kondenzující množství<br>vodní páry [kg/m2s] |
|--------------------|--------------------------------------|-----------|----------------------------------------------|
| 1                  | 0.6200                               | 0.6200    | 1.835E-0008                                  |

**Celoroční bilance vlhkosti:**

Množství zkondenzované vodní páry  $Mc,a$ : 0.010 kg/m2,rok

Množství vypařitelné vodní páry  $Mev,a$ : 9.533 kg/m2,rok

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -10.0 C.

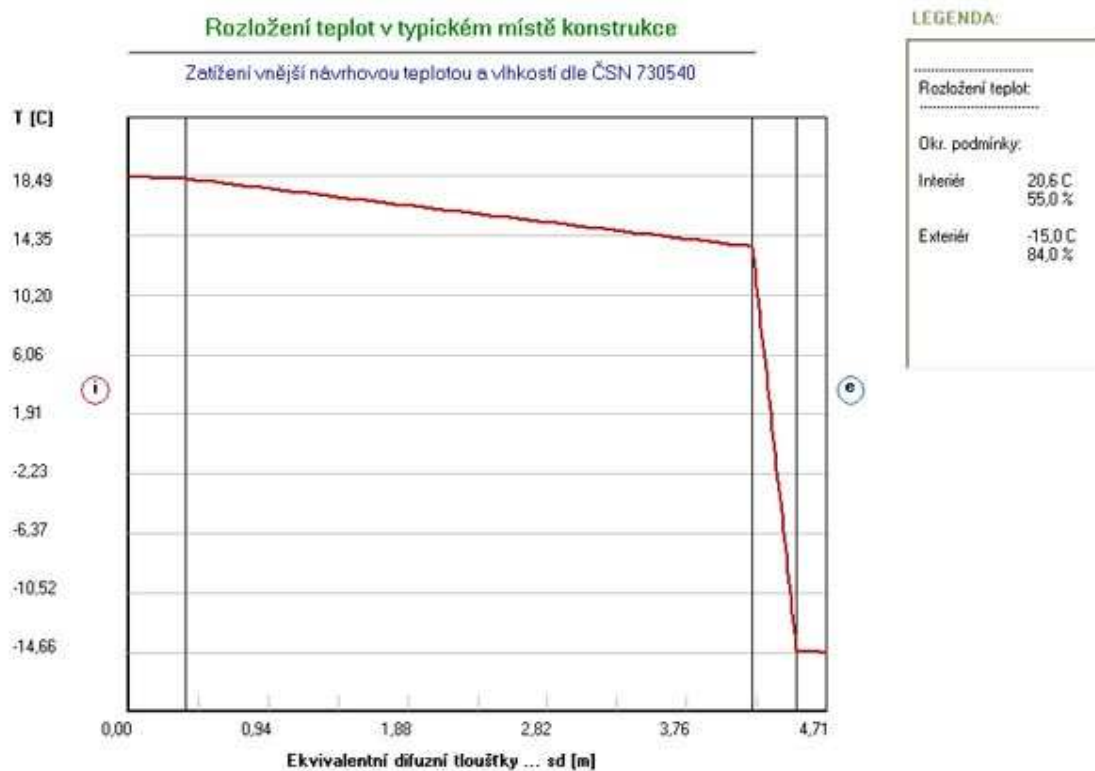
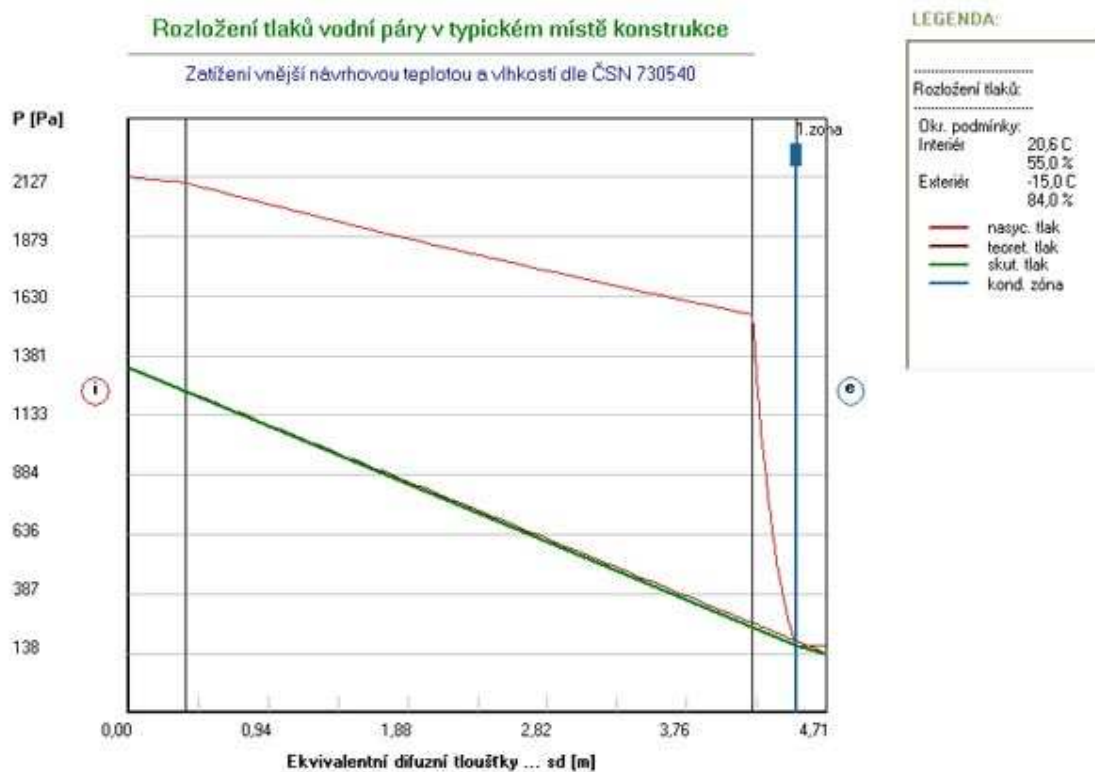
**Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:****Roční cyklus č. 1**

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

STOP, Teplo 2008

## Příloha 18 - Průběhy z programu Teplo 2008 pro 0,45m zdivo s 0,15m izolací



**Příloha 19 - Protokol z programu Teplo 2008 pro 0,6m zdivo bez tepelné izolace****ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ  
POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE**

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

**Teplo 2008**Název úlohy : **0,6 m zdivo bez tepelné izolace**

Zpracovatel : Martin Novotný

Zakázka :

Datum : 29.4.2009

**KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :**

Typ hodnocené konstrukce : Stěna

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

**Skladba konstrukce (od interiéru) :**

| Číslo | Název          | D[m]   | L[W/mK] | C[J/kgK] | Ro[kg/m3] | Mi[-] | Ma[kg/m2] |
|-------|----------------|--------|---------|----------|-----------|-------|-----------|
| 1     | Omítka vápenoc | 0.0200 | 0.9900  | 790.0    | 2000.0    | 19.0  | 0.0000    |
| 2     | Zdivo CP 1     | 0.6000 | 0.8000  | 900.0    | 1700.0    | 8.5   | 0.0000    |
| 3     | Omítka ETICS m | 0.0100 | 0.8000  | 840.0    | 1550.0    | 20.0  | 0.0000    |

**Okrajové podmínky výpočtu :**

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m2K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi : 0.25 m2K/W

Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m2K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

| Měsíc | Délka[dny] | Tai[C] | RHi[%] | Pi[Pa] | Te[C] | RHe[%] | Pe[Pa] |
|-------|------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 1     | 31         | 20.6   | 55.4   | 1343.5 | -2.2  | 81.2   | 412.9  |
| 2     | 28         | 20.6   | 57.4   | 1392.0 | -0.8  | 80.8   | 461.7  |
| 3     | 31         | 20.6   | 58.2   | 1411.4 | 2.8   | 79.4   | 592.9  |
| 4     | 30         | 20.6   | 58.9   | 1428.4 | 7.2   | 77.7   | 788.8  |
| 5     | 31         | 20.6   | 62.0   | 1503.6 | 12.3  | 74.8   | 1069.5 |
| 6     | 30         | 20.6   | 65.3   | 1583.6 | 15.7  | 72.2   | 1287.1 |
| 7     | 31         | 20.6   | 67.0   | 1624.9 | 17.3  | 70.6   | 1393.5 |
| 8     | 31         | 20.6   | 66.0   | 1600.6 | 16.4  | 71.5   | 1332.9 |
| 9     | 30         | 20.6   | 62.3   | 1510.9 | 12.7  | 74.5   | 1093.5 |
| 10    | 31         | 20.6   | 59.1   | 1433.3 | 7.7   | 77.5   | 814.1  |
| 11    | 30         | 20.6   | 58.2   | 1411.4 | 2.9   | 79.5   | 597.9  |
| 12    | 31         | 20.6   | 57.7   | 1399.3 | -0.6  | 80.7   | 468.9  |

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

**TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :****Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:**

Tepelný odpor konstrukce R : 0.78 m2K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 1.05 W/m2K

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>kc</sub> : 1.07 / 1.10 / 1.15 / 1.25 W/m2K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce ZpT : 3.0E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny\* : 204.4

Fázový posun teplotního kmitu Psi\* : 19.5 h

**Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:**

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách  $T_{si,p}$  : 12.30 C  
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách  $f_{Rsi,p}$  : 0.767

| Číslo<br>měsíce | Minimální požadované hodnoty při max.<br>rel. vlhkosti na vnitřním povrchu: |             |                  |             | Vypočtené<br>hodnoty |           |              |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|-------------|----------------------|-----------|--------------|
|                 | ----- 80% -----                                                             |             | ----- 100% ----- |             | $T_{si}[C]$          | $f_{Rsi}$ | $RH_{si}[%]$ |
|                 | $T_{si,m}[C]$                                                               | $f_{Rsi,m}$ | $T_{si,m}[C]$    | $f_{Rsi,m}$ |                      |           |              |
| 1               | 14.8                                                                        | 0.744       | 11.4             | 0.595       | 15.3                 | 0.767     | 77.4         |
| 2               | 15.3                                                                        | 0.753       | 11.9             | 0.593       | 15.6                 | 0.767     | 78.5         |
| 3               | 15.5                                                                        | 0.716       | 12.1             | 0.523       | 16.5                 | 0.767     | 75.5         |
| 4               | 15.7                                                                        | 0.636       | 12.3             | 0.380       | 17.5                 | 0.767     | 71.6         |
| 5               | 16.5                                                                        | 0.509       | 13.1             | 0.092       | 18.7                 | 0.767     | 69.9         |
| 6               | 17.3                                                                        | 0.336       | 13.9             | -----       | 19.5                 | 0.767     | 70.1         |
| 7               | 17.8                                                                        | 0.137       | 14.3             | -----       | 19.8                 | 0.767     | 70.3         |
| 8               | 17.5                                                                        | 0.265       | 14.0             | -----       | 19.6                 | 0.767     | 70.1         |
| 9               | 16.6                                                                        | 0.494       | 13.1             | 0.056       | 18.8                 | 0.767     | 69.8         |
| 10              | 15.8                                                                        | 0.626       | 12.3             | 0.359       | 17.6                 | 0.767     | 71.3         |
| 11              | 15.5                                                                        | 0.714       | 12.1             | 0.520       | 16.5                 | 0.767     | 75.4         |
| 12              | 15.4                                                                        | 0.755       | 12.0             | 0.593       | 15.7                 | 0.767     | 78.7         |

Poznámka:  $RH_{si}$  je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,  
 $T_{si}$  je vnitřní povrchová teplota a  $f_{Rsi}$  je teplotní faktor.

**Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540:  
 (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)**

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

| rozhraní:   | i    | 1-2  | 2-3   | e     |
|-------------|------|------|-------|-------|
| tepl.[C]:   | 12.3 | 11.6 | -13.3 | -13.7 |
| p [Pa]:     | 1334 | 1254 | 180   | 138   |
| p,sat [Pa]: | 1430 | 1368 | 193   | 186   |

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

| Kond.zóna<br>číslo | Hranice kondenzační zóny<br>levá [m] | pravá [m] | Kondenzující množství<br>vodní páry [kg/m2s] |
|--------------------|--------------------------------------|-----------|----------------------------------------------|
| 1                  | 0.2166                               | 0.4887    | 2.690E-0008                                  |

**Celoroční bilance vlhkosti:**

Množství zkondenzované vodní páry  $M_{c,a}$ : 0.023 kg/m2,rok

Množství vypařitelné vodní páry  $M_{ev,a}$ : 1.839 kg/m2,rok

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -5.0 C.

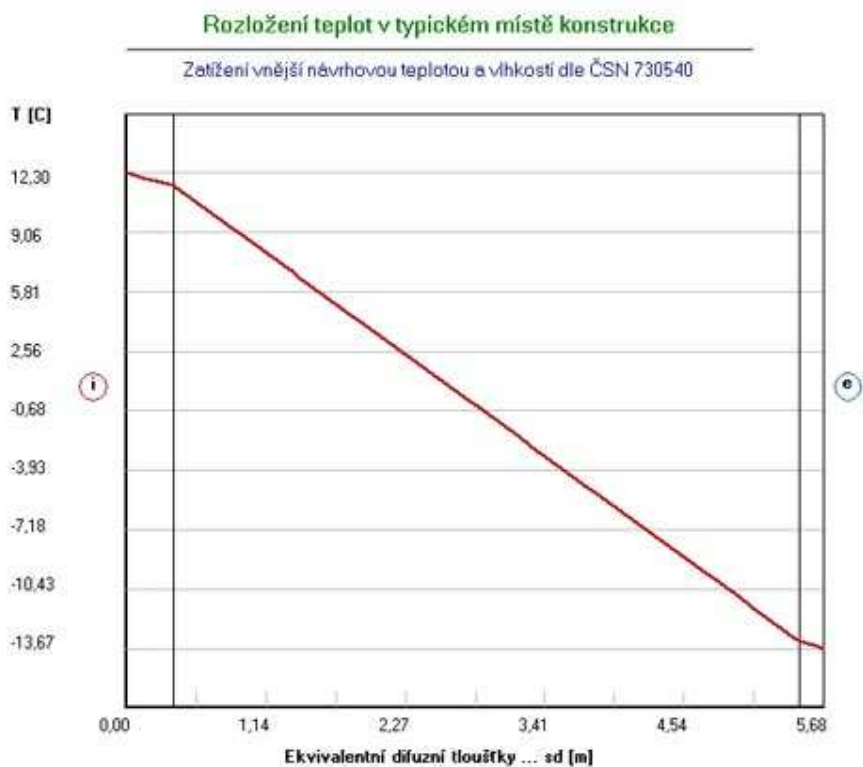
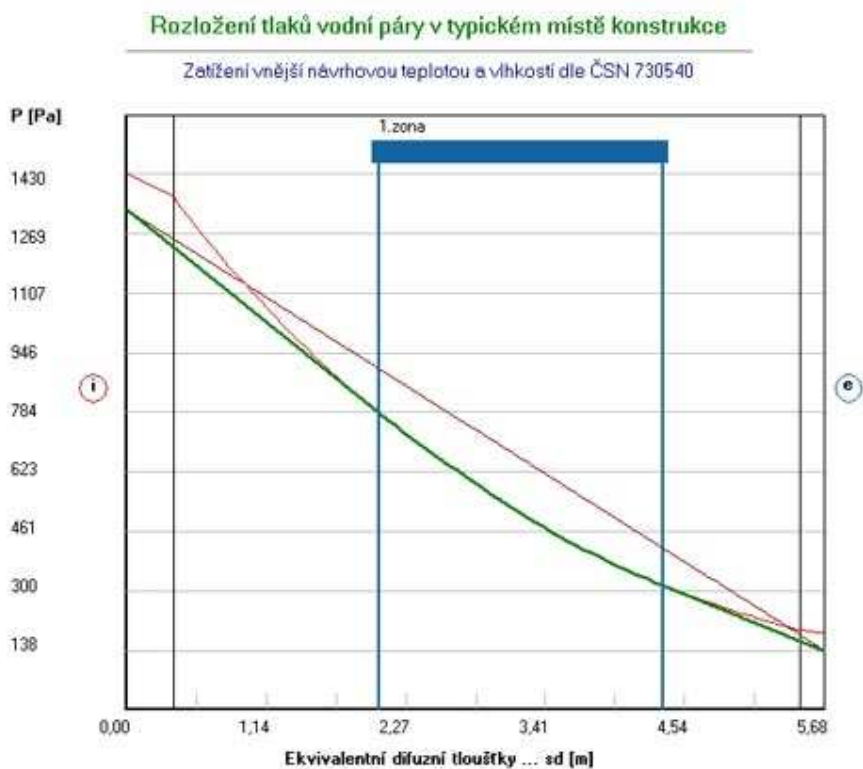
**Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:****Roční cyklus č. 1**

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

STOP, Teplo 2008

## Příloha 20 - Průběhy z programu Teplo 2008 pro 0,6m zdivo bez tepelné izolace



**Příloha 21 - Protokol z programu Teplo 2008 pro 0,6m zdivo s izolací 0,14m****ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ  
POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE**

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

**Teplo 2008**Název úlohy : **0,6 m zdivo s tepelnou izolací 0,14 m**

Zpracovatel : Martin Novotný

Zakázka :

Datum : 29.4.2009

**KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :**

Typ hodnocené konstrukce : Stěna

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

**Skladba konstrukce (od interiéru) :**

| Číslo | Název          | D[m]   | L[W/mK] | C[J/kgK] | Ro[kg/m3] | Mi[-] | Ma[kg/m2] |
|-------|----------------|--------|---------|----------|-----------|-------|-----------|
| 1     | Omítka vápenoc | 0.0200 | 0.9900  | 790.0    | 2000.0    | 19.0  | 0.0000    |
| 2     | Zdivo CP 1     | 0.6000 | 0.8000  | 900.0    | 1700.0    | 8.5   | 0.0000    |
| 3     | Rockwool Fasro | 0.1400 | 0.0450  | 840.0    | 100.0     | 2.0   | 0.0000    |
| 4     | Omítka ETICS m | 0.0100 | 0.8000  | 840.0    | 1550.0    | 20.0  | 0.0000    |

**Okrajové podmínky výpočtu :**

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m2K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi : 0.25 m2K/W

Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m2K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

| Měsíc | Délka[dny] | Tai[C] | RHi[%] | Pi[Pa] | Te[C] | RHe[%] | Pe[Pa] |
|-------|------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 1     | 31         | 20.6   | 55.4   | 1343.5 | -2.2  | 81.2   | 412.9  |
| 2     | 28         | 20.6   | 57.4   | 1392.0 | -0.8  | 80.8   | 461.7  |
| 3     | 31         | 20.6   | 58.2   | 1411.4 | 2.8   | 79.4   | 592.9  |
| 4     | 30         | 20.6   | 58.9   | 1428.4 | 7.2   | 77.7   | 788.8  |
| 5     | 31         | 20.6   | 62.0   | 1503.6 | 12.3  | 74.8   | 1069.5 |
| 6     | 30         | 20.6   | 65.3   | 1583.6 | 15.7  | 72.2   | 1287.1 |
| 7     | 31         | 20.6   | 67.0   | 1624.9 | 17.3  | 70.6   | 1393.5 |
| 8     | 31         | 20.6   | 66.0   | 1600.6 | 16.4  | 71.5   | 1332.9 |
| 9     | 30         | 20.6   | 62.3   | 1510.9 | 12.7  | 74.5   | 1093.5 |
| 10    | 31         | 20.6   | 59.1   | 1433.3 | 7.7   | 77.5   | 814.1  |
| 11    | 30         | 20.6   | 58.2   | 1411.4 | 2.9   | 79.5   | 597.9  |
| 12    | 31         | 20.6   | 57.7   | 1399.3 | -0.6  | 80.7   | 468.9  |

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

**TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :****Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:**

Tepelný odpor konstrukce R : 3.89 m2K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.25 W/m2K

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>kc</sub> : 0.27 / 0.30 / 0.35 / 0.45 W/m2K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce ZpT : 3.2E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny\* : 4746.5

Fázový posun teplotního kmitu Psi\* : 23.3 h

**Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:**

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách  $T_{si,p}$  : 18.47 C  
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách  $f_{Rsi,p}$  : 0.940

| Číslo měsíce | Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu: |             |                  |             | Vypočtené hodnoty |           |              |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|-------------|-------------------|-----------|--------------|
|              | ----- 80% -----                                                          |             | ----- 100% ----- |             |                   |           |              |
|              | $T_{si,m}[C]$                                                            | $f_{Rsi,m}$ | $T_{si,m}[C]$    | $f_{Rsi,m}$ | $T_{si}[C]$       | $f_{Rsi}$ | $RH_{si}[%]$ |
| 1            | 14.8                                                                     | 0.744       | 11.4             | 0.595       | 19.2              | 0.940     | 60.3         |
| 2            | 15.3                                                                     | 0.753       | 11.9             | 0.593       | 19.3              | 0.940     | 62.1         |
| 3            | 15.5                                                                     | 0.716       | 12.1             | 0.523       | 19.5              | 0.940     | 62.2         |
| 4            | 15.7                                                                     | 0.636       | 12.3             | 0.380       | 19.8              | 0.940     | 61.9         |
| 5            | 16.5                                                                     | 0.509       | 13.1             | 0.092       | 20.1              | 0.940     | 63.9         |
| 6            | 17.3                                                                     | 0.336       | 13.9             | -----       | 20.3              | 0.940     | 66.5         |
| 7            | 17.8                                                                     | 0.137       | 14.3             | -----       | 20.4              | 0.940     | 67.8         |
| 8            | 17.5                                                                     | 0.265       | 14.0             | -----       | 20.3              | 0.940     | 67.0         |
| 9            | 16.6                                                                     | 0.494       | 13.1             | 0.056       | 20.1              | 0.940     | 64.1         |
| 10           | 15.8                                                                     | 0.626       | 12.3             | 0.359       | 19.8              | 0.940     | 62.0         |
| 11           | 15.5                                                                     | 0.714       | 12.1             | 0.520       | 19.5              | 0.940     | 62.1         |
| 12           | 15.4                                                                     | 0.755       | 12.0             | 0.593       | 19.3              | 0.940     | 62.4         |

Poznámka:  $RH_{si}$  je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,  
 $T_{si}$  je vnitřní povrchová teplota a  $f_{Rsi}$  je teplotní faktor.

**Dífuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540:  
 (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)**

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

| rozhraní:   | i    | 1-2  | 2-3  | 3-4   | e     |
|-------------|------|------|------|-------|-------|
| tepl.[C]:   | 18.5 | 18.3 | 11.9 | -14.6 | -14.7 |
| p [Pa]:     | 1334 | 1258 | 235  | 179   | 138   |
| p,sat [Pa]: | 2125 | 2102 | 1394 | 172   | 170   |

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

| Kond.zóna číslo | Hranice kondenzační zóny levá [m] | pravá [m] | Kondenzující množství vodní páry [kg/m2s] |
|-----------------|-----------------------------------|-----------|-------------------------------------------|
| 1               | 0.7600                            | 0.7600    | 7.052E-0009                               |

**Celoroční bilance vlhkosti:**

Množství zkondenzované vodní páry  $Mc,a$ : 0.004 kg/m2,rok

Množství vypařitelné vodní páry  $Mev,a$ : 9.567 kg/m2,rok

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -10.0 C.

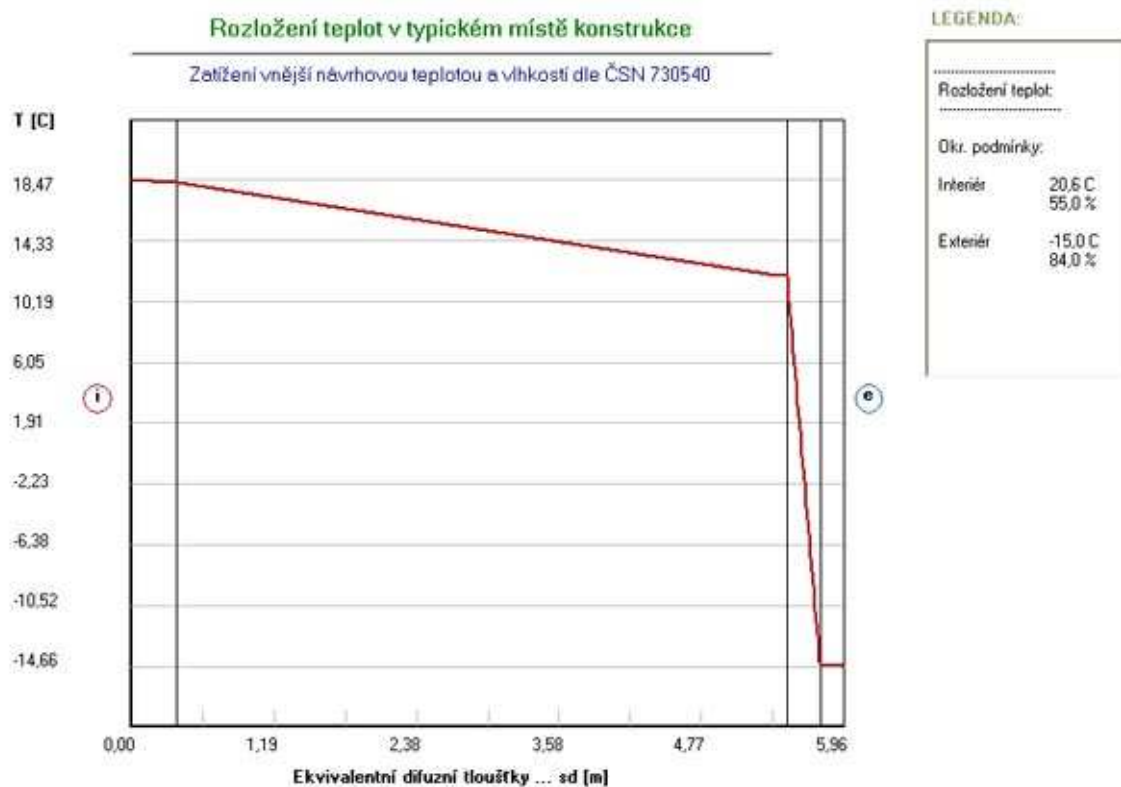
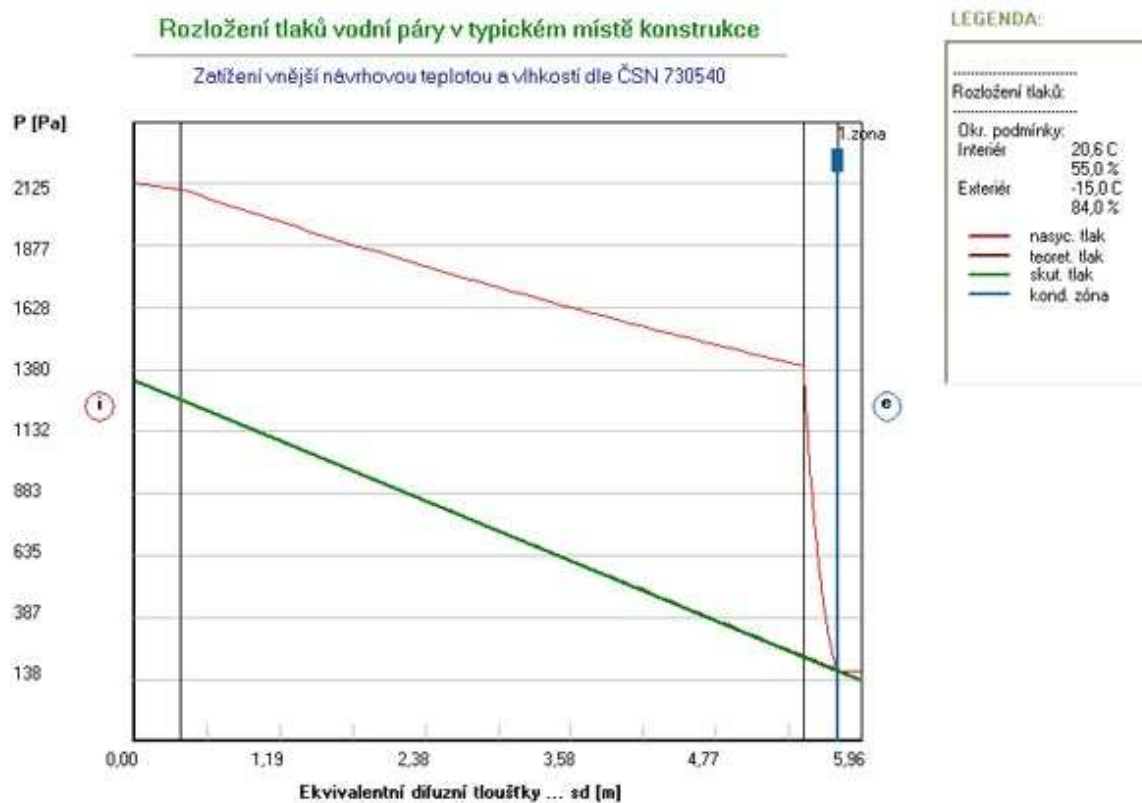
**Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:****Roční cyklus č. 1**

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

**STOP, Teplo 2008**

## Příloha 22 - Průběhy z programu Teplo 2008 pro 0,6m zdivo s izolací 0,14m



**Příloha 23 – Tabulka pro kritickou vnitřní povrchovou vlhkost 80% (riziko růstu plísní)**

Dle teploty vzduchu (výběr v levém sloupci) a vlhkosti vzduchu (výběr v horním řádku) v místnosti najdeme v tabulce odpovídající minimální povrchovou teplotu stěn, pod kterou nesmí skutečná teplota stěn klesnout, aby nedošlo k riziku růstu plísní).

| Teplota<br>vnitřního<br>vzduchu<br>°C | Relativní vlhkost vnitřního vzduchu |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                       | 30 %                                | 35 %  | 40 %  | 45 %  | 50 %  | 55 %  | 60 %  | 65 %  | 70 %  | 75 %  |
| 0                                     | -12,75                              | -10,8 | -9,16 | -7,65 | -6,29 | -5,04 | -3,89 | -2,82 | -1,82 | -0,88 |
| 1                                     | -11,86                              | -9,93 | -8,23 | -6,71 | -5,34 | -4,08 | -2,92 | -1,84 | -0,84 | 0,11  |
| 2                                     | -10,96                              | -9,02 | -7,31 | -5,78 | -4,39 | -3,12 | -1,95 | -0,87 | 0,15  | 1,1   |
| 3                                     | -10,07                              | -8,11 | -6,39 | -4,84 | -3,45 | -2,17 | -0,99 | 0,11  | 1,13  | 2,09  |
| 4                                     | -9,18                               | -7,2  | -5,46 | -3,91 | -2,5  | -1,21 | -0,02 | 1,09  | 2,12  | 3,09  |
| 5                                     | -8,28                               | -6,29 | -4,54 | -2,97 | -1,55 | -0,25 | 0,95  | 2,06  | 3,1   | 4,08  |
| 6                                     | -7,39                               | -5,38 | -3,62 | -2,04 | -0,6  | 0,71  | 1,91  | 3,04  | 4,09  | 5,07  |
| 7                                     | -6,5                                | -4,47 | -2,69 | -1,1  | 0,34  | 1,66  | 2,88  | 4,01  | 5,07  | 6,06  |
| 8                                     | -5,6                                | -3,57 | -1,77 | -0,17 | 1,29  | 2,62  | 3,85  | 4,99  | 6,05  | 7,06  |
| 9                                     | -4,71                               | -2,66 | -0,85 | 0,77  | 2,23  | 3,58  | 4,81  | 5,96  | 7,04  | 8,05  |
| 10                                    | -3,82                               | -1,75 | 0,07  | 1,7   | 3,18  | 4,53  | 5,78  | 6,94  | 8,02  | 9,04  |
| 11                                    | -2,93                               | -0,84 | 0,99  | 2,64  | 4,12  | 5,49  | 6,75  | 7,91  | 9,01  | 10,03 |
| 12                                    | -2,04                               | 0,06  | 1,91  | 3,57  | 5,07  | 6,44  | 7,71  | 8,89  | 9,99  | 11,03 |
| 13                                    | -1,15                               | 0,97  | 2,83  | 4,5   | 6,02  | 7,4   | 8,68  | 9,87  | 10,98 | 12,02 |
| 14                                    | -0,26                               | 1,88  | 3,75  | 5,44  | 6,96  | 8,36  | 9,64  | 10,84 | 11,96 | 13,01 |
| 15                                    | 0,63                                | 2,78  | 4,67  | 6,37  | 7,9   | 9,31  | 10,61 | 11,82 | 12,94 | 14    |
| 16                                    | 1,52                                | 3,69  | 5,59  | 7,3   | 8,85  | 10,27 | 11,57 | 12,79 | 13,93 | 14,99 |
| 17                                    | 2,41                                | 4,59  | 6,51  | 8,23  | 9,79  | 11,22 | 12,54 | 13,76 | 14,91 | 15,99 |
| 18                                    | 3,3                                 | 5,5   | 7,43  | 9,17  | 10,74 | 12,18 | 13,5  | 14,74 | 15,89 | 16,98 |
| 19                                    | 4,19                                | 6,4   | 8,35  | 10,1  | 11,68 | 13,13 | 14,47 | 15,71 | 16,88 | 17,97 |
| 20                                    | 5,07                                | 7,3   | 9,27  | 11,03 | 12,62 | 14,09 | 15,43 | 16,69 | 17,86 | 18,96 |
| 21                                    | 5,96                                | 8,21  | 10,19 | 11,96 | 13,57 | 15,04 | 16,4  | 17,56 | 18,84 | 19,95 |
| 22                                    | 6,85                                | 9,11  | 11,11 | 12,89 | 14,51 | 15,99 | 17,36 | 18,64 | 19,83 | 20,95 |
| 23                                    | 7,73                                | 10,01 | 12,02 | 13,82 | 15,45 | 16,95 | 18,33 | 19,61 | 20,81 | 21,94 |
| 24                                    | 8,62                                | 10,92 | 12,94 | 14,75 | 16,4  | 17,9  | 19,29 | 20,59 | 21,79 | 22,93 |
| 25                                    | 9,51                                | 11,82 | 13,86 | 15,68 | 17,34 | 18,86 | 20,26 | 21,56 | 22,78 | 23,92 |
| 26                                    | 10,39                               | 12,72 | 14,77 | 16,61 | 18,28 | 19,81 | 21,22 | 22,53 | 23,76 | 24,91 |
| 27                                    | 11,28                               | 13,62 | 15,69 | 17,54 | 19,22 | 20,76 | 22,19 | 23,51 | 24,74 | 25,9  |
| 28                                    | 12,16                               | 14,52 | 16,61 | 18,47 | 20,17 | 21,72 | 23,15 | 24,48 | 25,73 | 26,9  |
| 29                                    | 13,04                               | 15,42 | 17,52 | 19,4  | 21,11 | 22,67 | 24,11 | 25,45 | 26,71 | 27,89 |
| 30                                    | 13,93                               | 16,32 | 18,44 | 20,33 | 22,05 | 23,62 | 25,08 | 26,43 | 27,69 | 28,88 |

**Příloha 24 – Tabulka pro kritickou vnitřní povrchovou vlhkost 100% (rosný bod, vysoké riziko růstu plísní)**

Dle teploty vzduchu a vlhkosti vzduchu v místnosti najdeme v tabulce odpovídající minimální povrchovou teplotu stěn, pod kterou nesmí skutečná teplota stěn klesnout, aby nedošlo ke kondenzaci vlhkosti a vysokému riziku růstu plísní.

| Teplota vnitřního vzduchu °C | Relativní vlhkost vnitřního vzduchu |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                              | 40%                                 | 45%   | 50%   | 55%   | 60%   | 65%   | 70%   | 75%   | 80%   | 85%   | 90%   |
| 0                            | -10,6                               | -9,35 | -8,15 | -7,06 | -6,06 | -5,13 | -4,26 | -3,45 | -2,68 | -1,96 | -1,27 |
| 1                            | -9,86                               | -8,53 | -7,33 | -6,23 | -5,22 | -4,28 | -3,41 | -2,59 | -1,82 | -1,09 | -0,40 |
| 2                            | -9,05                               | -7,71 | -6,50 | -5,39 | -4,37 | -3,43 | -2,55 | -1,73 | -0,95 | -0,22 | 0,54  |
| 3                            | -8,24                               | -6,89 | -5,67 | -4,56 | -3,54 | -2,59 | -1,70 | -0,87 | -0,09 | 0,73  | 1,52  |
| 4                            | -7,43                               | -6,07 | -4,85 | -3,73 | -2,70 | -1,74 | -0,85 | -0,02 | 0,87  | 1,71  | 2,51  |
| 5                            | -6,63                               | -5,26 | -4,03 | -2,90 | -1,86 | -0,90 | 0,00  | 0,95  | 1,84  | 2,69  | 3,50  |
| 6                            | -5,82                               | -4,45 | -3,20 | -2,07 | -1,03 | -0,06 | 0,95  | 1,91  | 2,82  | 3,67  | 4,49  |
| 7                            | -5,02                               | -3,64 | -2,39 | -1,24 | -0,19 | 0,88  | 1,91  | 2,88  | 3,79  | 4,66  | 5,48  |
| 8                            | -4,22                               | -2,83 | -1,57 | -0,42 | 0,72  | 1,83  | 2,87  | 3,85  | 4,77  | 5,64  | 6,46  |
| 9                            | -3,42                               | -2,02 | -0,75 | 0,46  | 1,66  | 2,78  | 3,83  | 4,81  | 5,74  | 6,62  | 7,45  |
| 10                           | -2,62                               | -1,21 | 0,07  | 1,39  | 2,60  | 3,73  | 4,79  | 5,78  | 6,71  | 7,60  | 8,44  |
| 11                           | -1,82                               | -0,41 | 0,99  | 2,32  | 3,55  | 4,68  | 5,75  | 6,75  | 7,69  | 8,58  | 9,42  |
| 12                           | -1,03                               | 0,45  | 1,91  | 3,25  | 4,49  | 5,63  | 6,71  | 7,71  | 8,66  | 9,56  | 10,41 |
| 13                           | -0,23                               | 1,36  | 2,83  | 4,18  | 5,43  | 6,58  | 7,66  | 8,68  | 9,63  | 10,54 | 11,40 |
| 14                           | 0,63                                | 2,27  | 3,75  | 5,11  | 6,37  | 7,53  | 8,62  | 9,64  | 10,61 | 11,52 | 12,39 |
| 15                           | 1,53                                | 3,18  | 4,67  | 6,04  | 7,31  | 8,48  | 9,58  | 10,61 | 11,58 | 12,50 | 13,37 |
| 16                           | 2,42                                | 4,09  | 5,59  | 6,97  | 8,25  | 9,43  | 10,54 | 11,57 | 12,55 | 13,48 | 14,36 |
| 17                           | 3,32                                | 4,99  | 6,51  | 7,90  | 9,19  | 10,38 | 11,49 | 12,54 | 13,53 | 14,46 | 15,35 |
| 18                           | 4,21                                | 5,90  | 7,43  | 8,83  | 10,13 | 11,33 | 12,45 | 13,50 | 14,50 | 15,44 | 16,34 |
| 19                           | 5,11                                | 6,81  | 8,35  | 9,76  | 11,07 | 12,28 | 13,41 | 14,47 | 15,47 | 16,42 | 17,32 |
| 20                           | 6,00                                | 7,72  | 9,27  | 10,69 | 12,00 | 13,22 | 14,36 | 15,43 | 16,44 | 17,40 | 18,31 |
| 21                           | 6,90                                | 8,62  | 10,19 | 11,62 | 12,94 | 14,17 | 15,32 | 16,40 | 17,42 | 18,38 | 19,30 |
| 22                           | 7,79                                | 9,53  | 11,11 | 12,55 | 13,88 | 15,12 | 16,28 | 17,36 | 18,39 | 19,36 | 20,28 |
| 23                           | 8,68                                | 10,43 | 12,02 | 13,48 | 14,82 | 16,07 | 17,23 | 18,33 | 19,36 | 20,34 | 21,27 |
| 24                           | 9,58                                | 11,34 | 12,94 | 14,40 | 15,76 | 17,01 | 18,19 | 19,29 | 20,33 | 21,32 | 22,26 |
| 25                           | 10,47                               | 12,25 | 13,86 | 15,33 | 16,70 | 17,96 | 19,15 | 20,26 | 21,31 | 22,30 | 23,24 |
| 26                           | 11,36                               | 13,15 | 14,77 | 16,26 | 17,63 | 18,91 | 20,10 | 21,22 | 22,28 | 23,28 | 24,23 |
| 27                           | 12,25                               | 14,06 | 15,69 | 17,19 | 18,57 | 19,86 | 21,06 | 22,19 | 23,25 | 24,26 | 25,22 |
| 28                           | 13,14                               | 14,96 | 16,61 | 18,11 | 19,51 | 20,80 | 22,01 | 23,15 | 24,22 | 25,24 | 26,20 |
| 29                           | 14,03                               | 15,86 | 17,52 | 19,04 | 20,44 | 21,75 | 22,97 | 24,11 | 25,19 | 26,22 | 27,19 |
| 30                           | 14,93                               | 16,77 | 18,44 | 19,97 | 21,38 | 22,69 | 23,92 | 25,08 | 26,17 | 27,20 | 28,18 |