



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

DŘEVO A VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ STAVEB

TIMBER AND INTERNAL ENVIRONMENT OF BUILDINGS

TEZE DISERTAČNÍ PRÁCE
PHD THESIS

AUTOR PRÁCE

ING. STANISLAV BUCHTA

ŠKOLITEL

DOC. ING. JIŘÍ HIRŠ, CSc.

KLÍČOVÁ SLOVA

dřevostavba
vnitřní prostředí budov
tepelně vlhkostní mikroklima

KEYWORDS

wood Structural Design
internal environment of buildings
thermal-humidity microclimate

Rukopis disertační práce je uložen na Ústavu technických zařízení budov.

OBSAH

KLÍČOVÁ SLOVA	2
KEYWORDS	2
OBSAH	- 3 -
1 ÚVOD	- 5 -
2 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE	- 8 -
3 METODY ŘEŠENÍ.....	- 8 -
3.1 TEORETICKÉ ŘEŠENÍ.....	- 8 -
3.2 EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ.....	- 10 -
3.2.1 Měření teploty a vlhkosti ve vybraných dřevostavbách	- 10 -
3.2.2 Individuální hodnocení	- 11 -
4. VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE	- 12 -
4.1 Teoretické řešení – RD.....	- 12 -
4.1.1 Výsledky modelování.....	- 13 -
4.2 experimentální řešení – referenční RD.....	- 16 -
4.2.1 Porovnání simulovaných a naměřených hodnot.....	- 16 -
4.2.2 Měření koncentrace CO ₂	- 17 -
4.2.3 Vyhodnocení simulace vybraných parametrů vnitřního prostředí v RD1.	- 18 -
4.2.3 Hodnocení bydlení uživateli RD	- 21 -
5 ZÁVĚR DISERTAČNÍ PRÁCE.....	- 22 -
5.1 Vytvoření modelu dřevostavby	- 22 -
5.2 Využití modelu k řešení kvality vnitřního prostředí dřevostaveb	- 22 -
5.3 Experimentální ověření modelového řešení	- 23 -
5.4 Stanovení kritérií pro tvorbu optimálního TVM v dřevostavbách	- 24 -
6 VÝZNAM PRÁCE PRO PRAXI.....	- 25 -
7 MOŽNOSTI DALŠÍHO VÝZKUMU	- 26 -
ŽIVOTOPIS	- 29 -
ABSTRAKT.....	- 30 -

1 ÚVOD

Dřevo je přírodní stavební materiál, který nabízí celou řadu vynikajících stavebně-technických vlastností a je současně jedinečnou obnovitelnou surovinou. Dřevo je také velmi ekologický materiál, protože při jeho zpracování nevzniká žádný nevyužitelný odpad, a lze ho zpracovávat s minimálními nároky na energii. Je tedy skutečně mnoho objektivních důvodů pro to, aby dřevo začalo být více využíváno ve stavebnictví. Jsou to zejména tyto důvody:

- pro výrobu dřeva a materiálů na bázi dřeva je všeobecně zapotřebí málo energie,
- používání dřeva napomůže zachovat pro budoucnost zbývající zdroje vyčerpatelných surovin.
- dřevo je recyklovatelné, nebo může být použito jako zdroj energie, který působí minimální znečištění ovzduší,
- jsou vyvíjeny stále progresivnější technologie třídění a zpracování dřeva, provádění spojů prvků ze dřeva a materiálů na bázi dřeva a nové postupy pro navrhování dřevěných konstrukcí,
- dřevo může spolupůsobit jak s ocelí, tak i s betonem a spoluvytvářet tak hospodárné smíšené konstrukce,
- ačkoliv dřevo je zápalné a hořlavé, jeho chování při požáru je předvídatelné. Větší dřevěné průřezy mají vysokou požární odolnost.

Dřevo na člověka působí pozitivně, a jako jediný stavební materiál, uvolňuje záporné ionty, což přispívá ke zdravému mikroklimatu v prostorách obytných budov. Záporně nabité kyslíkové ionty působí příznivě na naše zdraví. Podporují tvorbu enzymů ovlivňujících pružnost dýchacích cest (snižují tendenci k astmatickým záchvatům), příznivě působí na neurotiky a lidi trpící poruchami spánku, v neposlední řadě působí příznivě na dýchací ústrojí a urychlují samočištění plic. Bohužel většina moderních prostředí, budovy, kanceláře i byty, záporně nabitě ionty rychle ničí a to má celou řadu negativních dopadů na naše zdraví. Vdechováním se kladné ionty dostanou do krve a do organismu, kde mohou vyvolávat nepříznivé reakce, jako snížení kapacity plic a schopnost těla absorbovat kyslík. Dalšími projevy negativního působení kladných iontů je stahování hladkého svalstva, což může vyvolat migrénu, alergické reakce, vznětlivost, nespavost, bolesti v krku, průduškový kašel, nevolnost či břišní křeče. U nekomplexně řešených staveb bez dostatečné výměny vzduchu dochází k nadměrnému hromadění oxidů uhlíku a dalších škodlivých plynů v obytném prostředí. Dochází také k nadměrnému hromadění vodní páry v interiéru. Takto navržené a realizované stavby jsou potom vystaveny zvýšenému riziku napadení plísními (mikromycetami) a houbami. Nevhodné mikrobionální mikroklima v obytných objektech je typickým znakem syndromu nemocných budov SBS. I když většina plísní zdravým lidem neublíží, tak určité druhy plísní mohou produkovat toxiny nazývané mykotoxiny. Cílovými orgány mykotoxinů jsou především buňky jater, ledvin, plic a nervů, endokrinních

žláz a buňky imunitního systému. Obyvatelé takto nevhodně navržených staveb trpí nepříliš specifickými symptomy, jakými jsou například dýchací potíže, bolesti hlavy, pálení a slzení očí, pálení v nose, krku, kašel, horečky a projevy akutního respiračního onemocnění, únava, úzkost a poruchou koncentrace.

Vývoj ve stavebnictví se orientuje na zvyšování tepelného odporu konstrukcí obvodového pláště, respektive snižování jeho součinitele prostupu tepla a to především zvyšováním tloušťky tepelně izolační vrstvy. Dochází také k maximálnímu omezování tepelných ztrát průvzdušností konstrukcí a jejich spojů. Zatímco u silikátových materiálových bází prakticky zůstává část masivní tepelně akumulací a nosné vrstvy obvodových stěn nezměněna a zvyšuje se pouze tloušťka dodatečné tepelně izolační vrstvy, může být snižování součinitele prostupu tepla u obvodových stěn s nosnou dřevěnou rámovou konstrukcí řešeno různými způsoby a na dosažení požadovaných parametrů se podílí obvykle více funkčních vrstev této konstrukce. Je snaha dosáhnout u staveb ze dřeva co nejnižších tepelných ztrát snižováním součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí a snižováním či eliminací jejich průvzdušnosti.

Tyto stavby jsou samozřejmě náročné jak na komplexní detailní zpracování ve fázi projektové přípravy, tak je stejně důležitá kvalita provedení. Nesmí být dotčeny základní stavebně-technické požadavky kladené na tyto stavby, a především musí být zajištěna hygiena a ochrana zdraví uživatelů těchto staveb. Nesmí docházet k nadměrnému hromadění vodní páry a škodlivých plynů v interiéru. Odborníci na hygienu upozorňují na syndrom nemoci z budov (SBS), o kterém se v odborných stavebních a zdravotnických kruzích již delší dobu diskutuje. Jde o problém, který se vyskytuje především v objektech realizovaných v posledním období, zejména s obytnou a administrativní funkcí. Po několikaletém systematickém studiu tohoto problému se došlo k řadě příčinných souvislostí. Mezi jinými byly shledány jako zásadně důležité u "nemocných" budov dvě příčiny. Hermetické oddělení vnitřního a vnějšího prostředí budovy a dále, byť v menší míře, i použití "nezdravých" materiálů. Efekt vzduchově zatěsněného pláště se někdy objevuje i u staveb, kdy se jejich tvůrci snaží vytvořit objekty mimořádně energeticky úsporné. I v těchto případech vede extrémní tloušťka tepelných izolací z nevhodně zvolených materiálů k syndromu SBS. Pozitivní reakcí na výše uvedený syndrom je v západní Evropě prosazovaná koncepce tzv. difúzně otevřených fasád. Difúzně otevřená fasáda vlastně znamená takovou konstrukci obvodového pláště, která především umožňuje šíření vodních par mechanismem difúze. Jde tedy o tvorbu obvodových plášťů, které neobsahují žádné parotěsné zábrany. Volný pohyb páry konstrukcí obvodového pláště potom umožňuje ono "dýchání" budovy. V současnosti při instalaci velmi těsných oken, která jsou při řešení nízkoenergetických staveb ze dřeva používána, dochází ke značnému snížení infiltrace vzduchu. Při provozování těchto prostor dochází při různých činnostech "k nadprodukci" vodní páry, čímž se zvyšuje vlhkost a následně relativní vlhkost vnitřního vzduchu v prostředí. Například člověk produkuje při různých tělesných aktivitách od 30-300 g.h⁻¹ vodní páry, při

provádění hygieny v koupelně od 700-2600g.h-1 vodní páry, při vaření, příp. sušení prádla od 100-500g.h-1 vodní páry. Zvyšováním vlhkosti dřeva a tepelně izolačních materiálů pak především v zimním období klesá jejich tepelně izolační schopnost. Další důležitou podmínkou pro bezpečnou a spolehlivou funkci prakticky všech styků konstrukcí je nutné zabezpečit, aby povrchové teploty v místě příslušného styku či koutu byly vyšší, než je hodnota rosného bodu. Ale zejména u dřevostaveb je potřeba dbát na to, aby minimální povrchová teplota byla bezpečně mimo riziko vzniku plísní. Pro zajištění tepelné pohody uživatelů těchto staveb je nutné, aby se teplota a vlhkost vnitřního vzduchu, parametry, které patří k nejdůležitějším složkám zajišťujícím kvalitní vnitřní prostředí z hlediska zdraví a spokojenosti lidí, pohybovaly v dovolených mezích.

Teplota a vlhkost patří k nejdůležitějším složkám pro zajištění kvalitního vnitřního prostředí z hlediska zdraví a spokojenosti lidí, ale i ve vztahu k životnosti stavebních materiálů, budov, technologií, atd. Pro dosažení pocitu teplotního komfortu pro vytápění obecně platí, že $\theta_i + \theta_s > 38^\circ\text{C}$, kde θ_i je teplota vzduchu v interiéru a θ_s je průměrná teplota stěn v místnosti.

Zajistit optimální teplotu budov nebývá složité. O mnoho větší problémy se však vyskytují při dosahování vyhovující relativní vlhkosti. Hygienicky doporučovaná vyšší relativní vlhkost vzduchu v rozsahu 40 až 60 %, zabráňující vysychání sliznic, totiž může, pokud je tato vlhkost v prostředí s malou intenzitou výměny vzduchu, vést až ke vzniku plísní s nebezpečnými zárodky patogenních spor. Důsledkem je pak zvýšená nemocnost obyvatel, časté nevolnosti, alergie, záněty průdušek, dýchací potíže, bolesti kloubů a nervové potíže. Současně se, při vyšších relativních vlhkostech vzduchu nad 60 %, zvyšuje až na dvojnásobek procento přežívajících mikroorganismů (např. Staphylococcus, Streptococcus) ve srovnání s jejich výskytem při $rh_i = 30$ až 40 %. Při poklesu relativní vlhkosti pod 50% se naopak výrazně snižuje počet roztočů v textiliích a následných alergií a astmatických potíží. Výrazně suchý vzduch, s relativní vlhkostí nižší než 30%, zase způsobuje nepříjemné vysychání sliznic dýchacích cest, což je spojeno také se zvýšeným rizikem nemocí z nachlazení. Optimální hodnoty relativní vlhkosti vzduchu mezi 35 - 60%, přispívají k nezávadnému vnitřnímu prostředí a pocitu pohody u uživatelů. Mezi nejdůležitější faktory ovlivňující relativní vlhkost vzduchu tedy patří vnitřní produkce vodních par a výměna vzduchu – intenzita větrání. Kromě vlhkosti vyprodukované vnitřními zdroji se může vlhkost do interiéru dostat vztlínáním z podloží stavby nebo zatékáním srážkové vody. Pro zajištění trvanlivosti, životnosti a funkční spolehlivosti nových konstrukcí staveb na bázi dřeva, je proto bezpodmínečně nutno posoudit všechny navrhované konstrukce nejdříve z hlediska stavební tepelné techniky, a zejména pak z hlediska možné difúze a kondenzace vodní páry, respektive teplotně vlhkostních poměrů a odpovídající rovnovážné vlhkosti dřeva v nově navrhovaných konstrukcích.

2 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Cíle mé disertační práce byly následující:

- 1) Vytvoření výpočtového modelu dřevostavby pro zkoumání tepelně vlhkostních parametrů v prostoru a toků v konstrukcích.
- 2) Využití modelu k řešení kvality vnitřního prostředí dřevostaveb se zaměřením na možnosti ovlivnění tepelně vlhkostního mikroklima (TVM).
- 3) Experimentální ověření modelového řešení a subjektivní hodnocení kvality vnitřního prostředí dřevostaveb.
- 4) Stanovení kritérií pro tvorbu optimálního TVM v dřevostavbách s aktivními dřevěnými plochami umístěnými ve stavbě.

3 METODY ŘEŠENÍ

Metody, které jsem použil při svém zkoumání vedoucím k naplnění cílů mé disertační práce, jsou tyto:

- 1) Teoretické řešení
 - návrh výpočtového modelu dřevostavby pro zkoumání energetické bilance, tepelně-vlhkostních toků a jejich vlivů na TVM,
 - stanovení okrajových podmínek pro simulaci.
- 2) Experimentální část ověřování
 - měření teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu, rosného bodu a koncentrace CO₂ v interiéru pomocí automatické měřicí ústředny speciálních čidel,
 - individuální hodnocení TVM u uživatelů pomocí dotazníku.

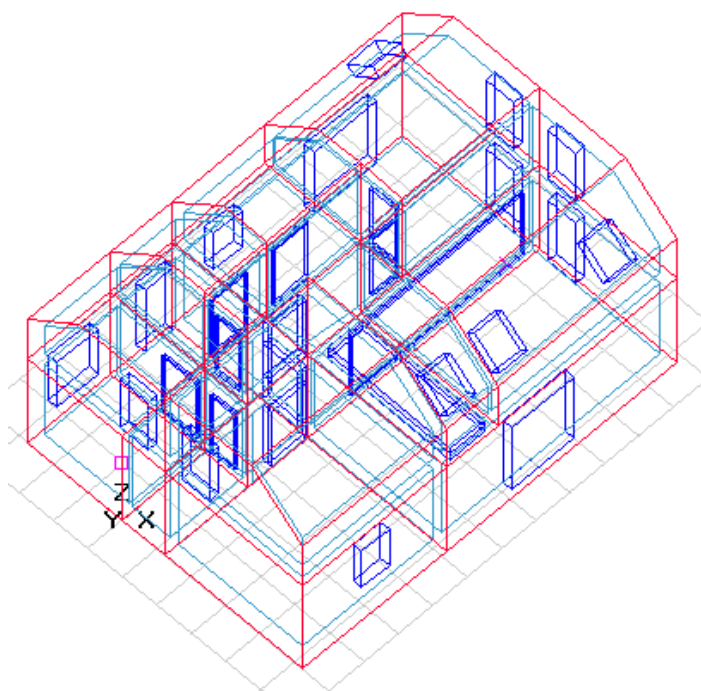
3.1 TEORETICKÉ ŘEŠENÍ

Výchozím řešením bylo vytvoření matematicko-fyzikálního modelu dřevostavby pro řešení typového objektu ve vztahu ke zkoumání energetické bilance objektu, tepelně-vlhkostních toků a jejich vlivů na TVM. Bylo přikročeno k výběru vhodného objektu pro vytvoření modelu a výběru vhodného nástroje pro simulaci z dostupných programů (BSim, Design Builder, ENSI Tool).

Před vytvořením matematicko-fyzikálního modelu dřevostavby jsem analyzoval okrajové podmínky vnější (klimatická data) a vnitřní (hygienické požadavky na vnitřní prostředí obytných budov), se zaměřením na možnosti

ovlivnění tepelně vlhkostního mikroklimatu vnitřního prostředí dřevostaveb. Při analýze okrajových podmínek vnějších bylo využito databáze klimatických dat z příslušné hydrometeorologické stanice v posuzované lokalitě z důvodu přesnějšího zasazení modelu do konkrétního vnějšího prostředí.

V rámci práce na DP byl pro simulaci vybrán program BSim, ve kterém byl vytvořen matematicko-fyzikální model dřevostavby typového objektu RD. Byly nastaveny různé okrajové podmínky a simulovány stacionární i nestacionární fyzikální děje. Pro sledování těchto vlivů byl v programu sestaven zjednodušený referenční model dřevostavby. Zjednodušení se týkalo geometrického modelu, nikoli materiálově konstrukčního řešení, model viz Obr. 1. Software programu BSim byl využit pro komplexní analýzu vnitřního mikroklimatu a simulaci energetické bilance v budovách. Při simulaci byly zohledněny změny teplot v jednotlivých místnostech za pomoci tzv. Kappa modelu, se kterým program pracuje. Dalším využitím aplikace BSim bylo rozdělení analyzovaného objektu do zón a tím byla dána možnost řešení každé místnosti nebo části budovy samostatně. Díky tomuto dělení bylo tedy možné rozdílné modelování systémů v různých místnostech. V modelu byly vyčleněny čtyři zóny, odpovídající jednotlivým místnostem, ve kterých byly umístěny měřiče při sledování reálného chování mikroklimatu v referenčním RD. Pátou zónou potom byly zbývající místnosti a vnitřní prostory objektu. Účelem modelování bylo zjištění vlivu různých okrajových podmínek na vnitřní klimatické prostředí v dřevostavbách. Hlavními sledovanými parametry byly vnitřní teplota a vlhkost vzduchu v objektu.



Obr. 1 Axonometrie komplexního referenčního modelu

Model byl využit pro simulaci konkrétních mikroklimatických podmínek ve vytípané místnosti, která je charakteristická pro posouzení všech vlivů, které významně působí na TVM. Systémy byly jednou z důležitých částí výpočetního modelu počítačového programu BSim z hlediska modelování co nejreálnějších hodnot vnitřního mikroklimatu. Volbou a nastavením systémů (např. vytápění, větrání, přítomnost osob, zařízení - spotřebiče, atd.) bylo možné simulovat mimo jiné teplotní a vlhkostní parametry vnitřního prostředí objektu.

3.2 EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ

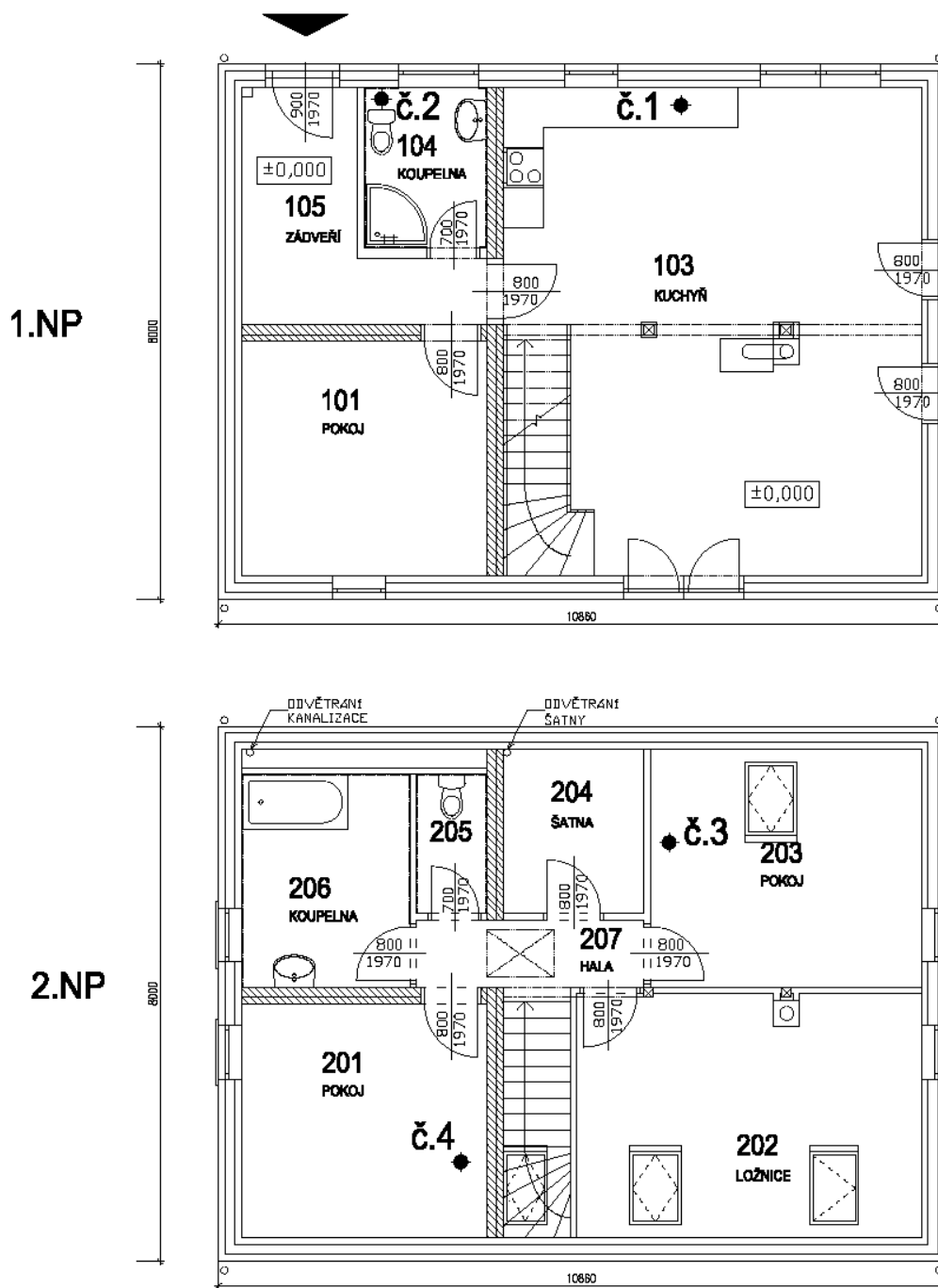
Pro posuzování jsem zvolil 4 rodinné domy-dřevostavby, střední velikosti. Jednalo se o obydlí novostavby v různých lokalitách. Označení jednotlivých domů v disertační práci je RD1 – RD4. V jednotlivých RD probíhalo v termínech od 25.2. 2010 do 23.3. 2011 měření vlhkosti a teploty, v RD1 a RD2 byly také měřeny hodnoty CO₂. Vnitřní prostředí v objektech dřevostaveb RD bylo prováděno za pomoci dataloggerů S 3120, které byly umístěny v jednotlivých místnostech. Měřicí přístroje byly označeny čísly č.1 – č. 4, byla provedena jejich fotodokumentace a zakreslení do půdorysných schémat jednotlivých objektů. V rámci experimentálního řešení bylo provedeno:

- a) analyzování měřených parametrů ve zvolených objektech,
- b) analyzování umístění čidel v objektu a stanovení období a časového kroku měření (10 min.),
- c) vyhodnocení naměřených dat dataloggerové ústředny a převedení dat do excelu a upravení do grafů.

3.2.2 Měření teploty a vlhkosti ve vybraných dřevostavbách

Základní parametry – RD1

Místo stavby	Drásov, okraj obce
Rok kolaudace	2009
Typ stavby	RD, samostatně stojící
Počet osob v domě:	2 dospělí, 3 děti
Měření v období:	25.2.–16.4.2010, 26.7.–15.10.2010, 19.1.–24.1. 2011



Obr.2 Půdorys objektu dřevostavby - RD1.

3.2.3 Individuální hodnocení

Pro individuální hodnocení TVM, subjektivních pocitů a zjištění podrobností pro stanovení okrajových podmínek pro simulace byly pro uživatele RD vytvořeny dotazníky s názvem „Jak hodnotí bydlení uživatelé“, které jsou uvedeny v příloze disertační práce. Bylo využito dotazníků pro zkoumání chování uživatelů při výzkumu revitalizovaných panelových domů v Novém Lískovci, které byly upraveny pro potřeby disertační práce. V rámci hodnocení TVM však nebylo

přikročeno ke stanovení předpokládaného procentního podílu nespokojených, které je vyjádřeno činitelem PPD. S ohledem na vzorek respondentů (uživatelů) RD, který nebyl v tomto případě reprezentativní skupinou (jednalo se o rodiny se 4, respektive 5 členy), by výsledek neměl pro uživatele statistickou výpovědní hodnotu.

4. VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE

4.1 TEORETICKÉ ŘEŠENÍ – RD

Pro zjištění chování objektů RD z hlediska celoročního provozu byly provedeny simulace během celého referenčního roku. Pro kalibraci modelu a hodnocení TVM byly vytipovány kritické a typické časové úseky a typické místnosti v RD1, které souvisí s dobou experimentálního měření. Tyto místnosti byly vybrány na základě vyhodnocení teoretických simulací všech sledovaných objektů a lze je považovat za referenční místnosti při stanovení kritérií pro návrh TVM dřevostaveb.

Změny byly sledovány ve dvou zónách odpovídajících hlavním místnostem objektu. V přízemí se jednalo o hlavní obytný prostor (obývací pokoj s kuchyní), v patře objektu bylo sledováno chování klimatu v ložnici.

Hlavními sledovanými parametry byly vnitřní teplota a vlhkost vzduchu v objektu.

Pro účely hodnocení vlivů okrajových podmínek na tyto sledované parametry byly, kromě výchozího modelu, provedeny celkem 4 simulace. Okrajovými podmínkami měněnými v původním modelu byly:

- systém SolarShading - deregulace propustnosti okenních výplní (Simulace 2),
- přirozené větrání objektu otevíráním oken – jeho eliminace (Simulace 3),
- akumulční vlastnosti podlahy v přízemí objektu – zvětšení mocnosti podkladního betonu podlahy o 100 mm (Simulace 4),
- změna vnitřního povrchu stěn a stropu objektu – nahrazení cemento-vápenné omítky obkladem z dřevěných desek z jehličnatého dřeva o tloušťce 20mm (Simulace 5).

Přehled variant simulací, včetně charakteristiky měněných okrajových podmínek, je v Tab. 1.

Tab. 1 Charakteristika modelovaných simulací.

Název	Výchozí model	Změny výchozího modelu
Simulace 2	Simulace 1	Změna parametru prostupnosti okenních výplní (systém SolarShading) – parametr Shading Coefficient změněn z původní hodnoty 0,21 na 1,0.
Simulace 3	Simulace 1	Deaktivace systému Venting (přirozené větrání otevřenými okny) ve všech místnostech objektu.
Simulace 4	Simulace 1	Změna skladeb podlah v přízemí objektu – zvětšení mocnosti podkladního betonu o 100 mm (z původních 150 mm na 250 mm).
Simulace 5	Simulace 1	Změna vnitřního povrchu stěn a stropu objektu – nahrazení cemento-vápenné omítky obkladem z dřevěných desek z jehličnatého dřeva o tl. 20 mm.

Pro simulaci byly vybrány dva reprezentativní týdny:

- 23. až 29. srpna 2010 – reprezentující letní období a
- 8. až 14. března 2010 – reprezentující zimní období, tedy tzv. otopnou sezónu.

Pro podrobnější vyhodnocení vlivů změn okrajových podmínek pak byly detailně vykresleny průběhy sledovaných parametrů v hlavním obytném prostoru (obývací pokoj s kuchyní), a to v dvoudenních intervalech, kdy pro letní období byly určeny dny:

- 22. až 23. srpna 2010 – reprezentující pracovní dny,
- 27. až 28. srpna 2010 – reprezentující víkendy,

a pro zimní období, tedy tzv. otopnou sezónu, byla určena data:

- 7. až 8. března 2010 – reprezentující pracovní dny,
- 12. až 13. března 2010 – reprezentující víkendy.

4.1.1 Výsledky modelování

SIMULACE 1 – VÝCHOZÍ MODEL

Výchozí model založený na výše popsané konfiguraci určuje srovnávací průběh teplot a vlhkostí v objektu pro znázornění odchylek v jednotlivých simulacích.

Teplotní změny v tomto modelu byly markantnější v letním období, kdy bylo zaznamenáno kolísání teplot o více než 5°C. V zimním období se jedná o kolísání v rozmezí cca 2 až 3°C.

Rapidnějších výkyvů bylo dosaženo u vlhkosti v objektu. Běžně byly vykazovány změny vlhkostí až v desítkách procent, a to ve velmi krátkém časovém úseku.

V zásadě bylo kolísání hodnot sledovaných parametrů výraznější v pracovních dnech.

SIMULACE 2 – SYSTÉM SOLARSHADING

K této simulaci bylo přistoupeno z důvodu zkoumání vlivu redukce solárních zisků jak v letním období, tak i posouzení negativního vlivu na teplotu v interiéru v zimním a přechodném období. Vliv propustnosti sluneční radiace prosklenými plochami se projevil zejména v letním období. Změny v období zimním jsou zanedbatelné.

V letním období byly výraznější změny zaznamenány v částech dní, kdy v domě nebyli přítomni členové domácnosti. Teploty v těchto fázích dne dosahují zvýšení až o 5°C, u vlhkostí se jedná o snížení do 15 %.

SIMULACE 3 – PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ OBJEKTU OTEVÍRÁNÍM OKEN

K této simulaci bylo přistoupeno z důvodu ověření vlivu přirozeného větrání na TVM v objektu. Protože jak z dotazníků, tak z výsledků měření, vyplivalo, že bylo využíváno přirozené větrání v objektu a ovlivňovalo stav vnitřního prostředí. Nejvýraznějšího ovlivnění vnitřního mikroklimatu bylo zaznamenáno při zahájení a ukončení neřízeného přirozeného větrání objektu.

Bez větrání vnitřní prostoru bylo dosaženo oproti výchozímu modelu celkově výrazně vyšších teplot, extrémních hodnot nabývaly rovněž hodnoty vlhkosti – především v zimním období, místy až 100%. Tento trend se výrazněji projevil v horním patře objektu. Z průběhů sledovaných parametrů bylo možno také odvodit, že extrémnějších změn bylo dosaženo o víkendech a v pracovní dny v období, kdy jsou členové domácnosti doma.

SIMULACE 4 – AKUMULAČNÍ VLASTNOSTI PODLAHY

Dřevostavby se vyznačují nízkou tepelnou stabilitou, a z toho důvodu byl zkoumán vliv akumulace hmoty zejména na tepelné mikroklima v objektu. Zvětšení mocnosti podkladního betonu podlahy mělo na hodnoty teplot i vlhkostí jen nepatrný vliv.

V letním období se tato změna neprojevila prakticky vůbec. Bylo zaznamenáno pouze nepatrné zvýšení teplot vnitřního prostředí – v řádech desetin

°C, naopak vlhkosti byly v řádech desetin % sníženy. Obdobné změny byly zaznamenány i v horní místnosti objektu zimního období.

Úprava této okrajové podmínky tedy významně ovlivnila vnitřní prostředí pouze v zimním období, a to ve spodní místnosti objektu. V této konfiguraci bylo dosaženo obecně konstantnějších průběhů sledovaných parametrů než v případě výchozího modelu. U teplot se jednalo celkově o zvýšení v rozsahu do cca 2°C, vlhkosti byly naopak redukovány až o 20 % v pracovní dny, resp. 30 % o víkendech.

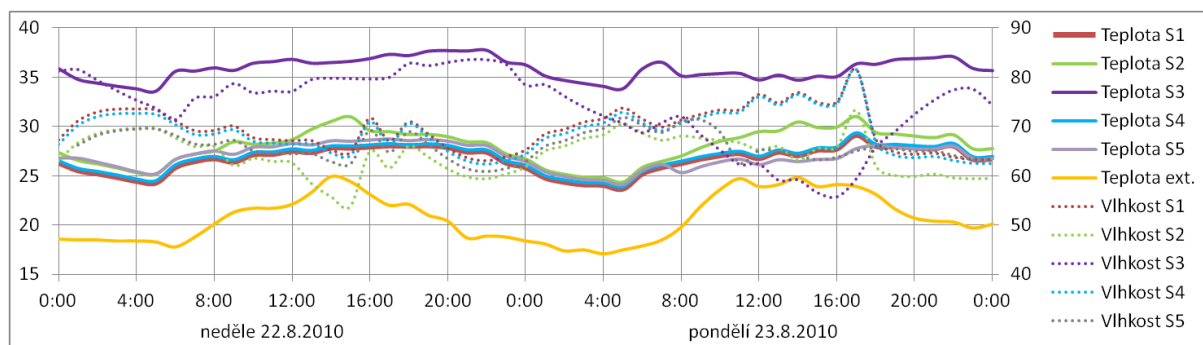
SIMULACE 5 – ZMĚNA VLASTNOSTÍ VNITŘNÍHO POVRCHU STĚN A STROPU

K simulaci změny vnitřních povrchů stěn a stropu za dřevo bylo přistoupeno z důvodu ověření vlivu aktivních dřevěných konstrukcí na TVM. V subjektivním hodnocení uživatelů jsou aktivní (viditelné) dřevěné plochy hodnoceny pozitivně.

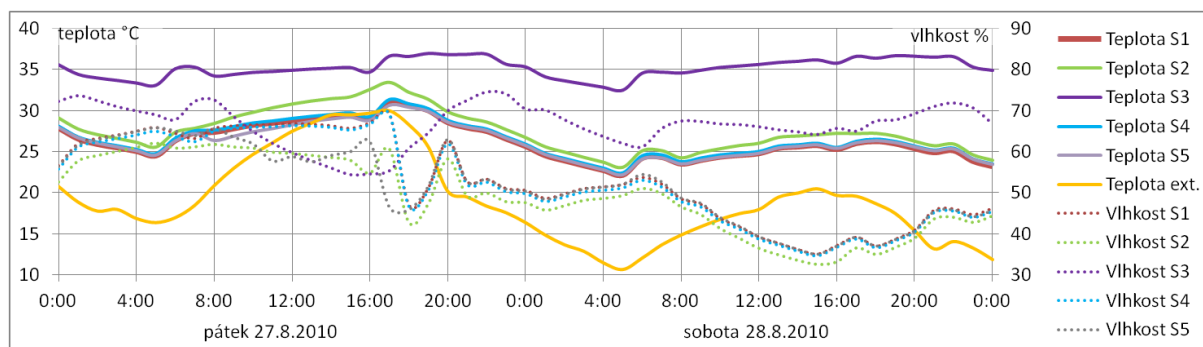
Změna vlastností vnitřního povrchu stěn a stropu měla na hodnoty teplot a vlhkostí ze všech simulací nejmenší vliv.

Ve všech sledovaných obdobích bylo ve vztahu k hodnotám z výchozí simulace dosaženo obdobných výsledků. Teploty se oproti výchozímu stavu lišily v řádu desetin °C, u vlhkostí se jednalo řádově o jednotky %. Dále jsou pro názornost uvedeny některé vybrané grafy simulovaných hodnot v letním období.

LÉTO 2010



Obr. 3 Začátek pracovních dnů (letní období) – simulované hodnoty v obývacím pokoji



Obr. 4 Začátek víkendových dnů (letní období) – simulované hodnoty v obývacím pokoji

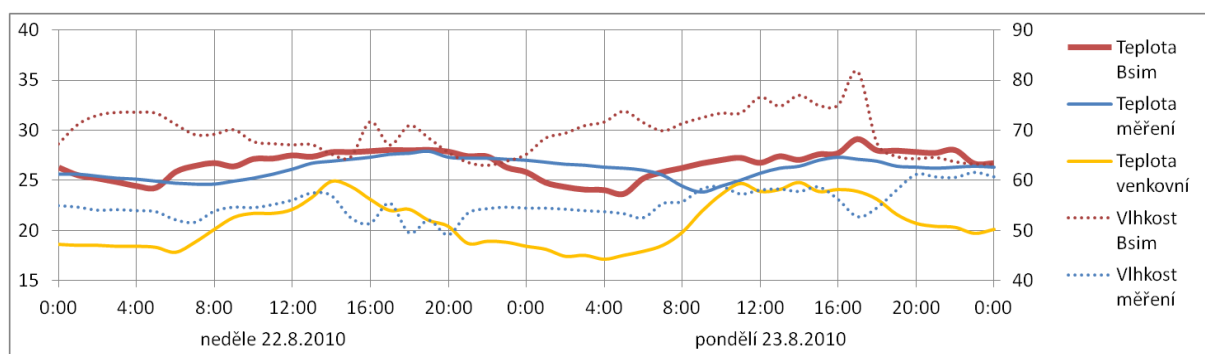
4.2 EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ – REFERENČNÍ RD

Pro experimentální měření byl vybrán jako vhodný referenční objekt dřevostavba RD1 v obci Drásov. Měření společně s údaji o způsobu používání stavby a chování uživatelů sloužilo k ověření a kalibraci výpočetního modelu pro simulaci.

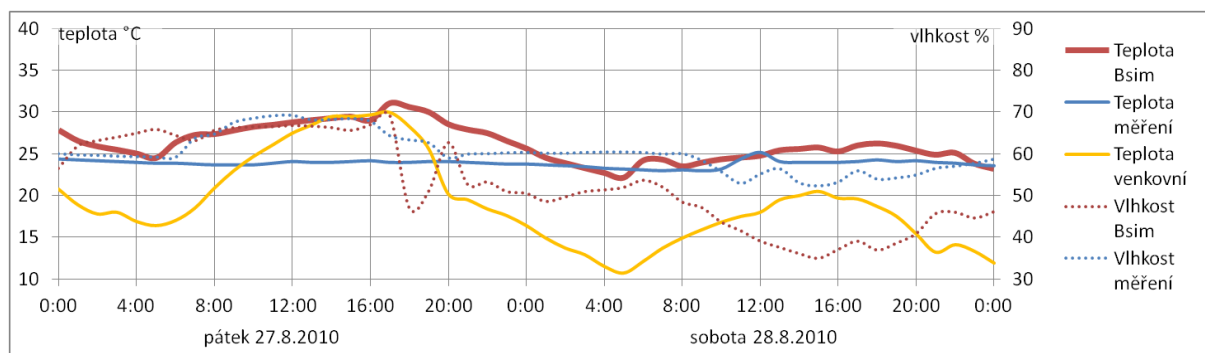
4.2.1 Porovnání simulovaných a naměřených hodnot

Dále jsou pro názornost uvedeny některé vybrané simulované a měřené hodnoty v letním období.

LÉTO 2010



Obr.5 Začátek pracovních dnů (letní období) – měřené a simulované hodnoty v obývacím pokoji



Obr.6 Začátek víkendových dnů (letní období) – měřené a simulované hodnoty v obývacím pokoji

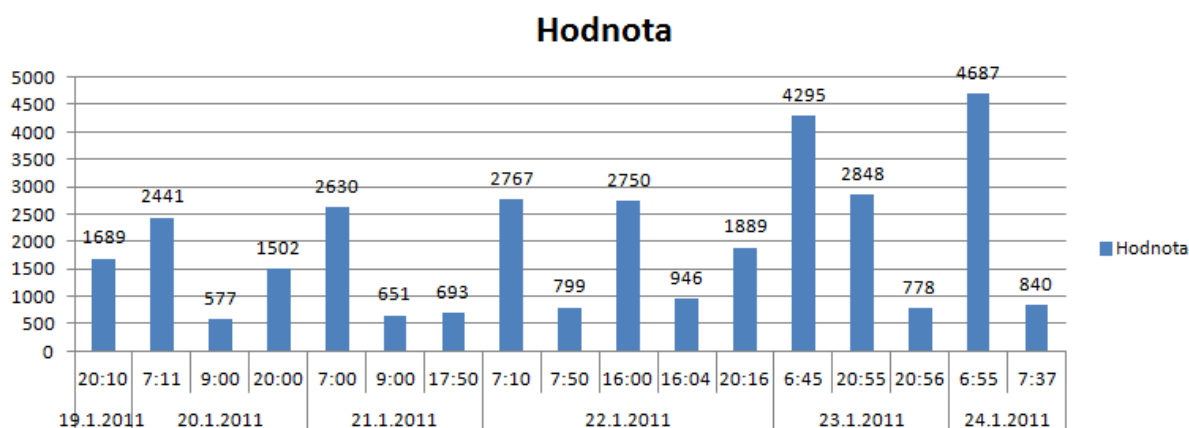
V grafech na obr. 5 a 6 je znázorněn průběh simulovaných a naměřených hodnot teploty a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu a pro možnost porovnání také průběh teploty venkovního vzduchu, který byl použit pro simulaci. Z obr. 5, kde jsou zachyceny průběhy hodnot v neděli a v první pracovní den, je patrné, že z hlediska teploty vzduchu v interiéru bylo dosaženo mezi vypočtenými a naměřenými hodnotami dostatečné shody, ale u relativní vlhkosti je patrný rozdíl přes 10%.

Z obr. 6, kde je zachyceno období konce pracovního týdne a první víkendový den, je patrné, že naměřená teplota vzduchu v interiéru je po oba dny poměrně stabilní, avšak vypočtené hodnoty, zejména v pátek, jsou během dne až o 5 K vyšší.

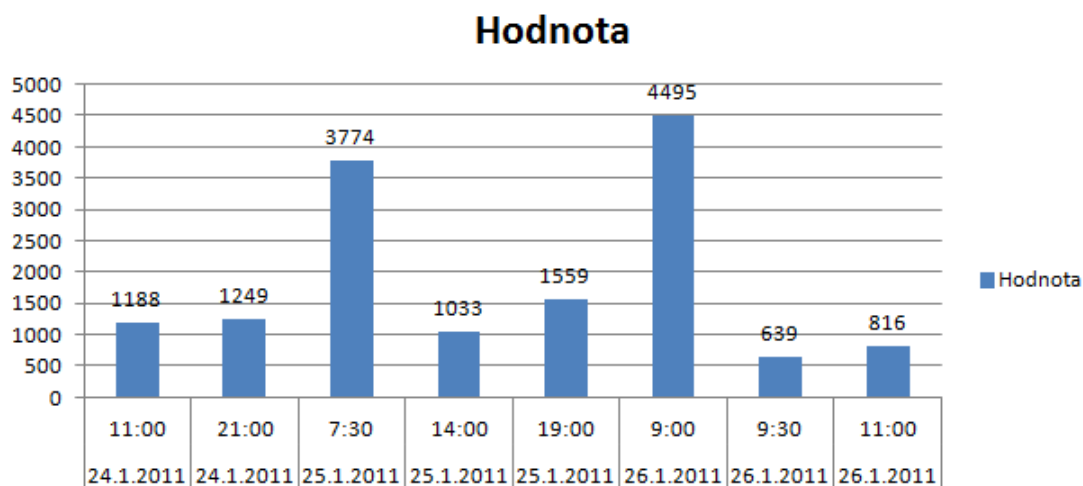
Po prověření nastavení provozního stavu a dalších okrajových podmínek pro simulaci byl proveden rozbor možných příčin odlišných průběhů vypočtených a naměřených hodnot. Z hlediska vlhkosti byl rozbor zaměřen na průběh měrné vlhkosti, která lépe vypovídá o reálných vlhkostních poměrech ve vzduchu, a byly také prověřeny výsledky zkoumání obdobných simulací v zahraničí. Z hlediska okrajových podmínek bylo na základě rozboru konstatováno, že simulace budovy nezahrnuje možnost zadání okolního venkovního prostředí s vegetací, terénem a budovami a tak naměřená teplota vzduchu v interiéru je ovlivněna reálným okolním prostředím, které především zastiňuje zkoumaný objekt a reguluje vliv solární radiace působící na objekt. Simulace byla chápána jako zobecnění teoretického zkoumání objektu bez konkrétního umístění.

4.2.2 Měření koncentrace CO₂

V objektu RD1 a RD2 bylo provedeno měření hodnoty koncentrace CO₂ při plném provozu a obsazenosti uživateli. V obou případech se jednalo o ložnici rodičů. V RD1 bylo měření provedeno v termínu od 19.1. 2011 do 24.1. 2011. Měření bylo zahájeno ve 20:00 hodin a byly zaznamenávány ranní (dopolední) a večerní hodnoty, viz obr 7. V RD2 bylo měření provedeno v termínu od 24.1. 2011 do 26.1. 2011. Měření bylo zahájeno v 11:00 hodin a byly zaznamenávány dopolední a večerní hodnoty, viz obr. 8.



Obr. 7 Měřené hodnoty koncentrace CO₂ v RD1



Obr.8 Měřené hodnoty koncentrace CO₂ v RD2

V RD1 proběhlo větrání oknem v čase 9:00-9:08 (20.1. 2011), v čase 9:00-9:06 a 17:50-17:53 (21.1. 2011), v čase 7:50-7:54 a 16:04-16:08 (22.1. 2011), v čase 20:56-21:00 (23.1. 2011) a v čase 7:37-7:43 (24.1. 2011).

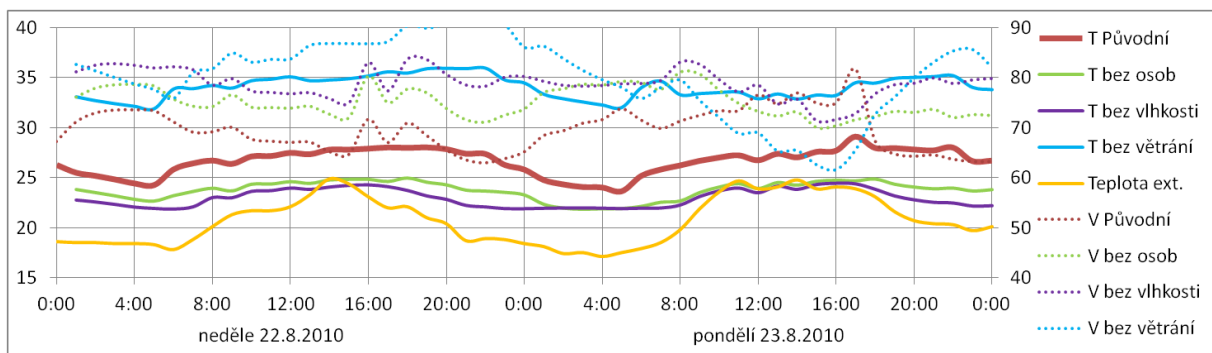
V RD1 proběhlo větrání oknem v čase 14:00-14:12 (25.1. 2011), v čase 9:30-9:38 a v čase 11:00-11:04 (26.1. 2011).

Z porovnání hodnot koncentrace CO₂ v obou RD je patrné jaký význam má i krátké větrání, výměna vzduchu v místnosti, pro snížení koncentrace CO₂, kdy především po nočních hodinách se koncentrace CO₂ v místnosti pohybovala v hodnotách koncentrace nad maximálně přípustnou hodnotou 1500 ppm pro pobytové prostředí dle Vyhlášky č. 20/2012 ze dne 9.1. 2012.

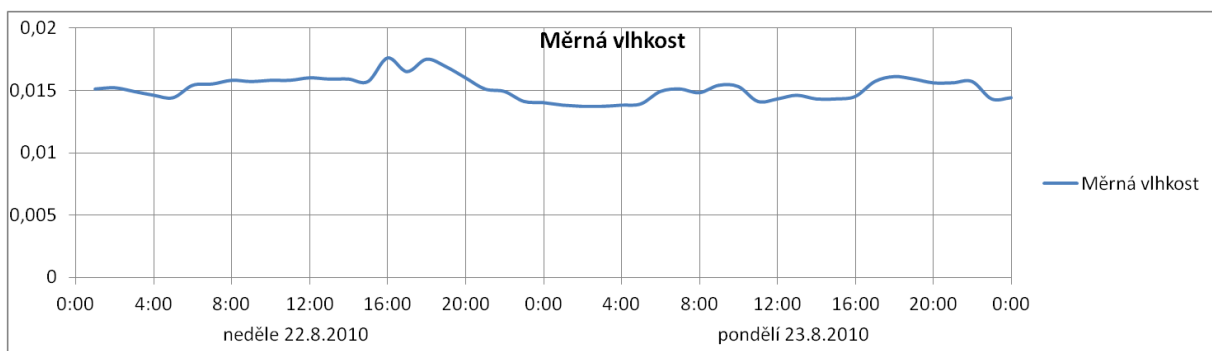
4.2.3 Vyhodnocení simulace vybraných parametrů vnitřního prostředí

v RD1.

Pro vyhodnocení vlivu různých okrajových podmínek na TVM byla provedena teoretická simulace jejíž výstupy jsou uvedeny na obrázcích, viz. Obr. 9 a Obr. 10. Simulace s označením „T Původní“ je simulací původní, s označením Simulace 1. Simulace s označením „T bez osob“ je simulací, při které není předpokládán výskyt osob v uvažovaném prostoru. Simulace s označením „T bez vlhkosti“ je simulace, kdy jsou vypnuté spotřebiče, produkující vlhkost v prostoru, je vypnuto osvětlení a v prostoru není uvažováno s osobami. V simulaci „T bez větrání“ bylo uvažováno, že prostor není okny větrán. Dále jsou na ukázkou uvedeny některé vybrané simulované a měřené hodnoty v letním období.



Obr. 9 Začátek pracovních dnů – průběhy teploty vzduchu a relativní vlhkosti při různých okrajových podmínkách v obývacím pokoji ve dnech 22.8.-23.8. 2010



Obr. 10 Začátek pracovních dnů - průběh měrné vlhkosti vzduchu při různých okrajových podmínkách v obývacím pokoji ve dnech 22.8.-23.8. 2010 (pro Simulaci 1).

Ze zákonitostí chování vlhkého vzduchu ve vnitřním prostředí budov vyplývá, že při stoupající teplotě vzduchu v interiéru úměrně klesá relativní vlhkost v téže části objektu, a naopak. O časových úsecích v grafech nevyhovujících tomuto předpokladu lze hovořit jako o anomáliích, které jsou způsobeny produkcí vlhkosti v interiéru a přívodem čerstvého vzduchu z exteriéru, případně přenosem vlhkosti mezi konstrukcemi a vzduchem.

Jak je ze simulovaných hodnot výše patrné, jedna z takových anomálií nastává v letním období v neděli mezi 13. a 19. hodinou. V tomto časovém úseku dochází k výkyvům vlhkosti při prakticky konstantní teplotě. To je způsobeno mísením s venkovním vzduchem v té době s patrnou změnou venkovní teploty při současné přítomnosti osob v této místnosti.

Další anomálií je náhlý nárůst vlhkosti, doprovázený nárůstem teploty, kolem 17. hodiny v pracovní den letního období. Tento trend nastává v okamžiku, kdy je v BSimu modelován příchod obyvatel domácnosti. Tento extrém, u teploty i vlhkosti, ihned klesá do standardních podmínek zahájením větrání otevřením oken.

Simulovaný stav při stabilizovaných podmínkách ovlivňuje pobyt osob produkcí vlhkosti a tepla a také větrání. Teplota vzduchu v interiéru v případě, že v místnosti nebudou přítomny osoby, se logicky sníží o 2 až 3°C. Změna relativní vlhkosti je ovlivněna jednak snížením teploty vzduchu v závislosti na tepelných

ziscích v místnosti a také vlhkostní zisky. V důsledku toho může relativní vlhkost mírně stoupnout nebo se snížit. V případě eliminace větrání místnosti relativní vlhkost i teplota vzduchu dosáhnou hodnot, které nevyhovují pro vnitřní prostředí obytných budov.

Nejmenší rozptyl hodnot je kolem 12. hodiny, největší výkyvy kolem 20. hodiny a největší rozptyl hodnot kolem 16. hodiny v pracovní dny.

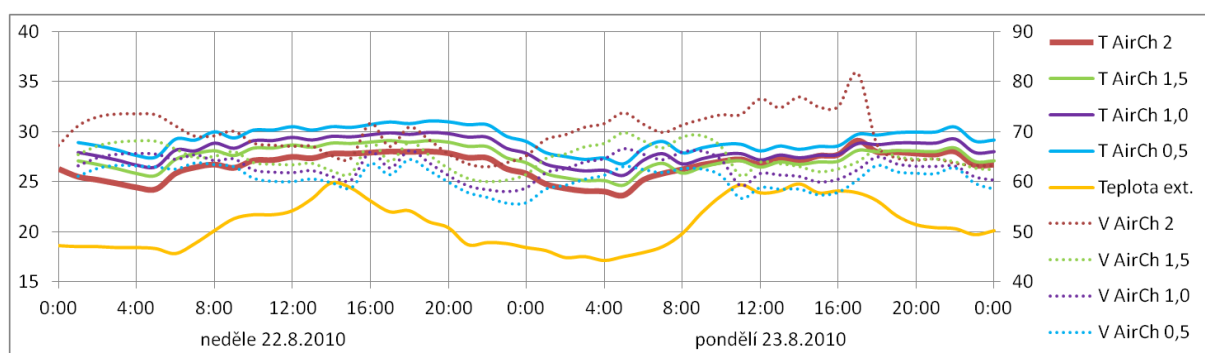
Stav vnitřního prostředí výrazně závisí na chování uživatelů a způsobu provozu. Potvrzují to výsledky obdobných zahraničních výzkumů pro běžné obytné budovy (např. Energy Flex House. Danish Technological Institute).

Pro vyhodnocení vlivu větrání na TVM byla provedena další teoretická simulace.

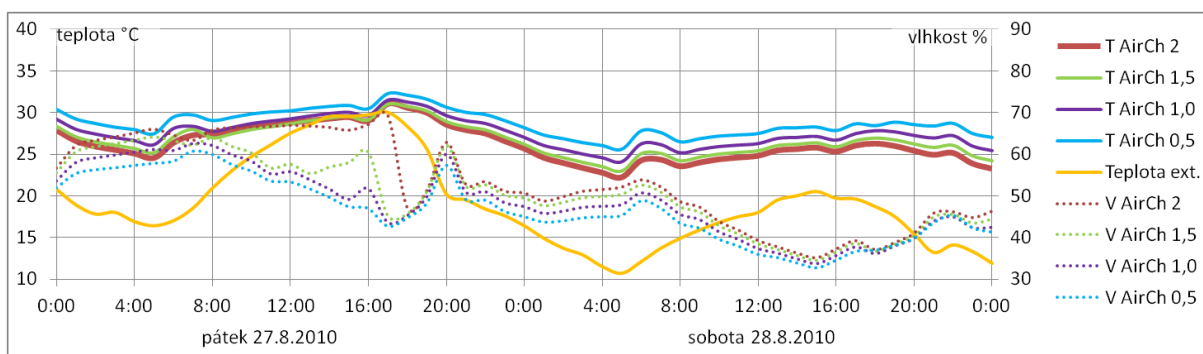
Výsledky simulace jsou uvedeny na obrázcích, viz Obr. 11 a Obr. 12. V grafech na Obr. 11 a Obr. 12 jsou provedeny simulace výměny vzduchu v místnosti.

Simulace s označením „T AirCh 2“ je původní simulací (s označením Simulace 1), kdy bylo simulováno přirozené větrání otevřenými okny systémem Venting, a to s faktorem výměny vzduchu 2 (h-1). Simulace s označením „T AirCh 1,5“ je simulací, při které bylo simulováno přirozené větrání otevřenými okny systémem Venting, a to s faktorem výměny vzduchu 1,5 (h-1), při simulaci „T AirCh 1,0“, resp. „T AirCh 0,5“, byl faktor výměny vzduchu 1,0, resp. 0,5(h-1).

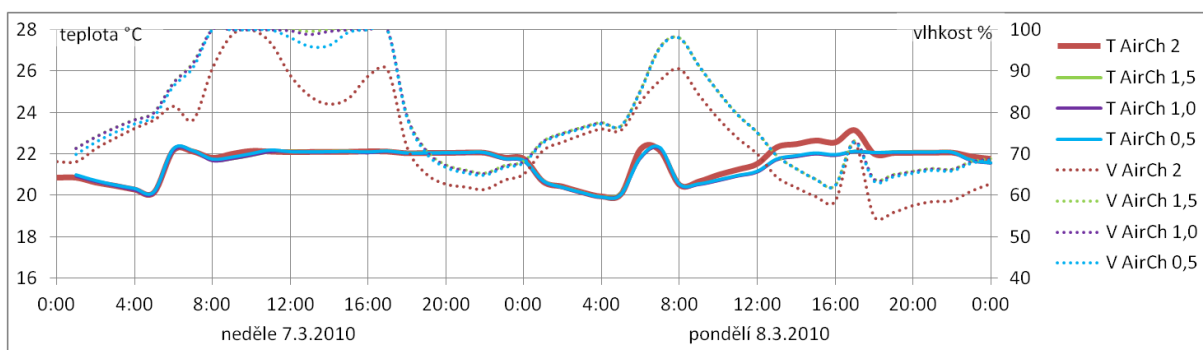
Dále jsou na ukázkou uvedeny některé vybrané simulované a měřené hodnoty v letním období.



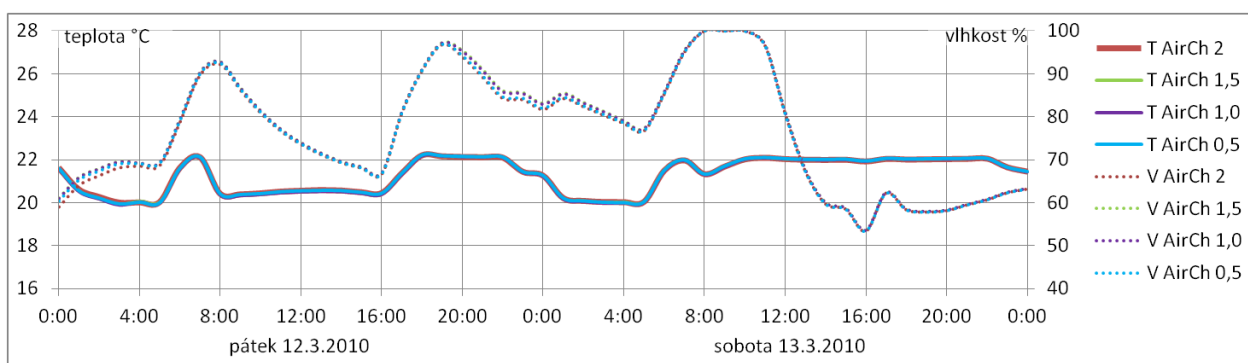
Obr. 11 Začátek pracovních dnů – průběhy teploty vzduchu a relativní vlhkosti při různých okrajových podmínkách (různé intenzitě větrání) v obývacím pokoji ve dnech 22.-23.8. 2010.



Obr.12 Začátek víkendových dnů - průběhy teploty vzduchu a relativní vlhkosti při různých okrajových podmínkách (různé intenzitě větrání) v obývacím pokoji ve dnech 27.-28.8. 2010.



Obr.13 Začátek pracovních dnů - průběhy teploty vzduchu a relativní vlhkosti při různých okrajových podmínkách (různé intenzitě větrání) v obývacím pokoji ve dnech 7.-8.3. 2010.



Obr. 14 Začátek víkendových dnů - průběhy teploty vzduchu a relativní vlhkosti při různých okrajových podmínkách (různé intenzitě větrání) v obývacím pokoji ve dnech 12.-13.3. 2010.

4.2.3 Hodnocení bydlení uživateli RD

V rámci hodnocení TVM v jednotlivých RD byli uživatelé formou dotazníku s názvem „Jak hodnotí bydlení uživatelé“ dotazováni na jejich subjektivní pocit z bydlení. Dotazníky pro RD1-RD4 jsou součástí přílohy B disertační práce.

5 ZÁVĚR DISERTAČNÍ PRÁCE

5.1 VYTVOŘENÍ MODELU DŘEVOSTAVBY

V rámci DP byl vytvořen matematicko-fyzikální model dřevostavby typového objektu RD v počítačovém programu BSim pro teoretické řešení simulace chování dřevostavby a TVM. V rámci aplikace BSim bylo provedeno vhodné rozdělení analyzovaného objektu do zón a tím byla dána možnost řešení každé místnosti nebo části budovy samostatně, avšak při vzájemném ovlivňování prostředím v okolních zónách. Pomocí systémů jsem simuloval teplotní a vlhkostní a další parametry vnitřního prostředí objektu v interakci různých systémů – např. vytápění, větrání, přítomnost osob, zařízení - spotřebiče, atd. Systémy byly nastaveny pro každou ze zón (resp. pro každý z prvků) na základě analýzy vybraných reálných budov a individuálního chování uživatelů. Výstupy ze simulací obsahují řadu dalších parametrů vnitřního prostředí, ale pro porovnání s experimenty byly použity výstupy teploty a relativní vlhkosti interiéru. Jednotlivé systémy uvažované v modelu, které byly v provozu v jednotlivých zónách, jsou popsány v kapitole 4.

Na základě dat z příslušné hydrometeorologické stanice proběhla aktualizace databáze klimatických dat v posuzované lokalitě z důvodu přesnějšího zasazení modelu do konkrétního vnějšího prostředí. Databáze pracovala s hodinovými daty po dobu jednoho referenčního roku.

Při vyhodnocování výsledků simulací a porovnání reálného chování zkoumaných staveb bylo prokázáno, že pro řešení vlhkostních toků (zejména mezi konstrukcemi a vzduchem) je vytvořený model nedokonalý. Pro přesnější výsledky simulace by bylo vhodné použít dokonalejší model (HAM – heat and moisture transfer), který lépe řeší vlhkostní parametry konstrukcí v dřevostavbě. V době řešení práce nebyl k dispozici software, který by tento problém řešil lépe.

5.2 VYUŽITÍ MODELU K ŘEŠENÍ KVALITY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ DŘEVOSTAVEB

Vytvořený výpočtový model k řešení kvality vnitřního prostředí dřevostaveb se zaměřením na možnosti ovlivnění tepelně vlhkostního mikroklima (TVM) byl po analýzách a kalibraci využit pro řešení plánovaného cíle.

Po vytvoření matematicko-fyzikálního modelu dřevostavby byly nastaveny vybrané okrajové podmínky a simulovány stacionární i nestacionární fyzikální děje se zaměřením na možnosti ovlivnění tepelně vlhkostního mikroklimatu vnitřního prostředí dřevostaveb. V modelu byly vyčleněny čtyři zóny, odpovídající

jednotlivým místnostem, ve kterých byly umístěny měřiče při sledování reálného chování mikroklimatu v referenčním RD. Pátou zónou potom byly zbývající místnosti a vnitřní prostory objektu. Zóny byly charakterizovány stejnou teplotou interiéru a provozním schématem. Účelem modelování bylo zjištění vlivu různých okrajových podmínek na vnitřní klimatická prostředí v dřevostavbách. Hlavními sledovanými parametry byly vnitřní teplota a vlhkost vzduchu v objektu. Dílčí závěry byly shrnuty v kapitole 5.2.3. a projevíly se při stanovení kritérií pro návrh optimálního TVM ve dřevostavbách.

5.3 EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ MODELOVÉHO ŘEŠENÍ

Experimentální ověření modelového řešení a subjektivní hodnocení kvality vnitřního prostředí dřevostaveb je popsáno v kapitole 4.2. V rámci experimentálního ověření byly vybrány 4 typové RD-dřevostavby střední velikosti. Jednalo se o obydlé novostavby v různých lokalitách. V jednotlivých RD proběhlo v letních a zimních měsících roků 2010-2011 měření vlhkosti a teploty, v RD1 a RD2 také měření hodnoty CO₂. Měření byla zahájena 25. 2. 2010 a byla ukončena 23. 3. 2011. Vnitřní prostředí v objektech dřevostaveb RD bylo prováděno za pomoci dataloggerů COMET S 3120, které byly umístěné v jednotlivých místnostech. Měřicí přístroje byly označeny čísly č. 1 – č. 4, byla provedena jejich fotodokumentace a zakreslení do půdorysných schémat jednotlivých objektů. V rámci hodnocení TVM v jednotlivých RD byli uživatelé formou dotazníku s názvem „Jak hodnotí bydlení uživatelé“ dotazováni na jejich subjektivní pocit z bydlení.

V rámci hodnocení TVM však nebylo přikročeno ke stanovení předpokládaného procentního podílu nespokojených, které je vyjádřeno činitelem PPD. S ohledem na vzorek respondentů (uživatelů) RD, který nebyl v tomto případě reprezentativní skupinou (jednalo se o rodiny se 4, respektive 5 členy), by výsledek neměl pro uživatele statistickou výpovědní hodnotu.

Sledování reálných teplot a vlhkostí vzduchu v interiéru prokázalo dosažení lepších podmínek TVM než vykazovaly simulace. Toto bylo způsobeno jednak osazením reálných budov v terénu a okolí, které v použitém simulačním programu nebylo možné realizovat a také individuálním chováním uživatelů, v mírných rozdílech oproti jimi uvedenému způsobu používání budov a zařízení v dotaznících.

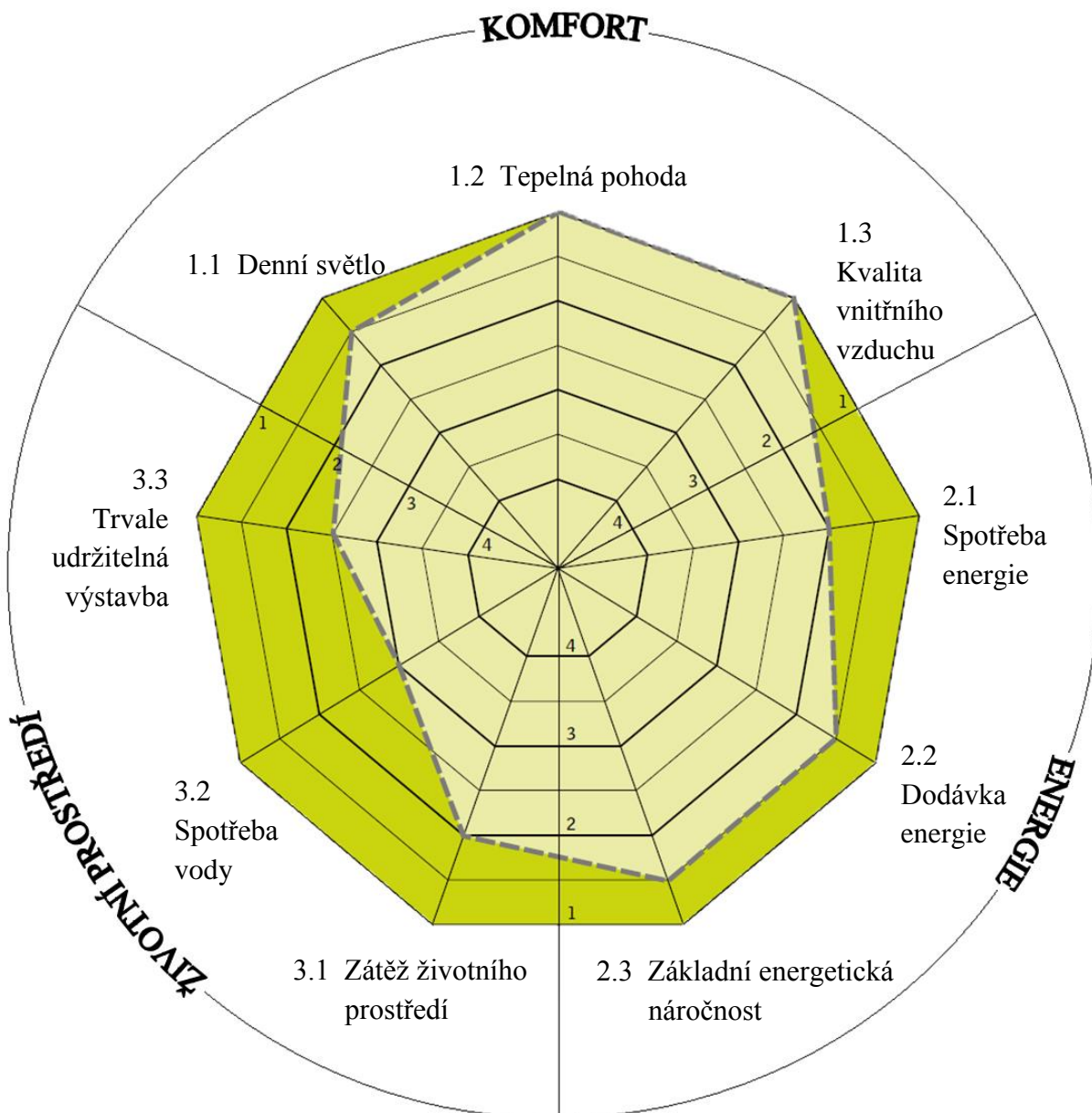
5.4 STANOVENÍ KRITÉRIÍ PRO TVORBU OPTIMÁLNÍHO TVM V DŘEVOSTAVBÁCH

Stanovení kritérií pro tvorbu optimálního TVM v dřevostavbách s aktivními dřevěnými plochami umístěnými ve stavbě bylo provedeno na základě teoretické simulace a také měření vlastností vzduchu v interiéru.

V návaznosti na úroveň tepelné ochrany a těsnosti budov se stanovují požadavky na vytápění a větrání dřevostaveb. Systém vytápění musí být navržen tak, aby během otopného období zajišťoval tepelnou pohodu vnitřního prostředí stavby a zdroje energie byly optimálně využívány. Požadavky na teploty v interiéru v otopném období, účinnost zdroje tepla, měrnou spotřebu tepla a další parametry jsou definovány ve vyhláškách k zákonu o hospodaření energií. Tyto požadavky jsou obecně závazné i pro malé stavby typu rodinných domů a je vhodné je i u těchto staveb dodržovat. Pro efektivitu provozu otopných systémů je nutné zvažovat využití obnovitelných zdrojů energie aktivním i pasivním způsobem. Významným faktorem je snižování ekologické zátěže a vytváření kvalitního a zdravého vnitřního prostředí.

Také systém větrání dřevostaveb musí splňovat požadavky na ochranu zdraví, bezpečnost a provozní spolehlivost. Většina staveb může při vhodných podmínkách využívat přirozené větrání. V ostatních případech se navrhuje mechanické větrání, které může být doplněno o systém zpětného získávání tepla z odpadního vzduchu. Zdrojem tepla pro ohřev větracího vzduchu v chladném ročním období jsou obdobné zdroje energie jako pro vytápění. Mechanické větrání vyžaduje také elektrickou energii pro pohon ventilátorů. Požadavky na množství větracího vzduchu a kvalitu vnitřního vzduchu jsou uvedeny v právních předpisech k zákonu o ochraně veřejného zdraví a závisí na mnoha faktorech.

Navržená kritéria jsou obsažena v kapitole 3.4 disertační práce. Kritéria a jejich váhy je možno zobrazit v radarovém grafu.



Obr. 1 Radarový graf hodnocení kvality dřevostaveb

6 VÝZNAM PRÁCE PRO PRAXI

Disertační práce řeší základní problematiku koncepce návrhu a zajištění TVM v budovách pro bydlení s konstrukcemi na bázi dřeva.

Výsledky formované do kritérií jsou použitelné v projekční praxi při návrhu koncepce budov s nízkou a téměř nulovou spotřebou energie a to jak pro dřevostavby, tak pro další konstrukční systémy. Posílí tak, pro nejrozšířenější

budovy pro individuální – rodinné domy a pro trend používání dřeva k výstavbě těchto budov, kvalitu projektování staveb s kvalitním TVM a kvalitním bydlením.

7 MOŽNOSTI DALŠÍHO VÝZKUMU

Teoretické řešení tvorby TVM ve dřevostavbách v této práci ukázalo, že je potřeba zaměřit na vývoj dokonalejšího simulačního nástroje, který bude lépe respektovat přenos zejména vlhkosti mezi vzduchem a konstrukcemi (dřevem).

Vytvořený model a provedené simulace umožňují využití k dalším zkoumání dřevostaveb (energetika, chování systémů, apod.).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Zákon č. 258/2000 sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících předpisů, účinnost od 1.1. 2001.
- [2] Nařízení vlády č. 68/2010 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci ze dne 22.2. 2010.
- [3] Nařízení vlády č. 93/2012 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb., ze dne 29.2. 2012.
- [4] Nařízení vlády č. 9/2013 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb., č. 93/2012 Sb., ze dne 20.12. 2012.
- [5] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. Účinnost od 1.7. 2003.
- [6] Vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, účinnost od 16.11. 2005
- [7] Vyhláška č. 268/2009, o technických požadavcích na stavby, ze dne 12.8. 2009.
- [8] Vyhláška č. 20/2012, kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ze dne 9.1. 2012.
- [9] ČSN EN ISO 7730 Ergonomie tepelného prostředí – Analitické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu
- [10] ČSN EN ISO 7730 Ergonomie tepelného prostředí – Přístroje pro měření fyzikálních veličin
- [11] ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov. Část 1: Terminologie

- [12] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky
- [13] ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov. Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- [14] ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov. Část 4: Výpočtové metody
- [15] ČSN 73 4301 Obytné budovy
- [16] ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu
- [17] ČSN EN 12 792 Větrání budov – Značky, terminologie a grafické značky
- [18] ČSN EN 13 053 Větrání budov – Vzduchotechnické manipulační jednotky – Hodnocení jednotek, prvků a částí.
- [19] ČSN EN 13 142 Větrání budov – Součásti/výrobky pro větrání bytů – Požadované volitelné výkonové veličiny.
- [20] ČSN EN ISO 15 929 Tepelně vlhkostní chování budov – výpočet a uvádění klimatických dat.
- [21] ČSN EN 15251 Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky, účinnost od 1.3. 2011.
- [22] ČSN EN 15 665 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov, vydáno 1.11. 2009.
- [23] Jokl, M. Teorie vnitřního prostředí budov, Praha 2011.
- [24] VALCHÁŘ J. a kol.. Základy sušení. Praha: SNTL, 1967.
- [25] VAVERKA J. a kol.. Stavební tepelná technika a energetika budov. Brno: nakladatelství VUTIUM 2006.
- [26] VAVERKA J., CHYBÍK J., MRLÍK F.. Stavební fyzika 2 - Stavební tepelná technika, 1. vydání, nakladatelství VUTIUM 2000.
- [27] VAVERKA J. a kol.. Dřevostavby pro bydlení. Nakladatelství GRADA 2008.

ŽIVOTOPIS

Osobní údaje

Příjmení, jméno, titul Buchta Stanislav Ing.
Bydliště Štefanikova 550, 664 34 Kuřim
Datum narození 23.4.1957

Vzdělání

doktorské 2007- dosud
postgraduální 1997-1999 (Technické znalectví v oboru
stavebnictví a ekonomiky na ústavu soudního
inženýrství VUT Brno)
vysokoškolské 1976-1981 (Fakulta stavební VUT Brno)
středoškolské 1972-1976 (Gymnázium Tišnov)

Odborná praxe

2001- dosud znalec jmenovaný rozhodnutím Ministerstva
spravedlnosti České republiky
1989-dosud Fakulta stavební, VUT Brno, odborný asistent
1982-1989 Královopolská Brno, Křižíkova 68, Brno,
samostatný projektant

Znalosti a dovednosti

Počítačové znalosti a dovednosti MS Office
Jazykové schopnosti anglický jazyk

ABSTRAKT

Disertační práce se zabývá vnitřním prostředím ve stavbách na konstrukční bázi dřeva. V současné době dochází při navrhování a provádění dřevostaveb ke snaze navrhovat a provádět tyto stavby jako stavby s nízkou potřebou energií na jejich provoz. Je snaha dosáhnout u těchto staveb co nejnižších tepelných ztrát snížením součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí, a snižování či eliminaci jejich průvzdušnosti. Ne vždy jsou však zajištěny základní stavebně-technické požadavky kladené na tyto stavby, a ne vždy je také zabezpečena hygiena a ochrana zdraví uživatelů těchto staveb. Zvyšující se relativní vlhkost vzduchu vnitřního prostředí má negativní vliv na zvýšení vlhkosti dřeva a tepelných izolací v konstrukcích a takto navržené a realizované stavby jsou potom vystaveny zvýšenému riziku napadení plísněmi. Ty mohou být příčinou různých zdravotních obtíží od bolesti hlavy, projevy akutního respiračního onemocnění po celkovou únavu a poruchy koncentrace. V rámci disertační práce byly pro experimentální ověřování vnitřního mikroklimatu vybrány 4 typové RD-dřevostavby střední velikosti, ve kterých bylo v letech 2010 a 2011 prováděno měření teploty a vlhkosti, včetně subjektivního hodnocení kvality vnitřního prostředí dřevostaveb uživateli staveb. Byl vytvořen matematicko-fyzikální model dřevostavby referenčního objektu RD-dřevostavby v počítačovém programu BSim se zaměřením na možnosti ovlivnění tepelně vlhkostního mikroklimatu vnitřního prostředí dřevostaveb a také byly nastaveny různé okrajové podmínky a simulovány stacionární i nestacionární fyzikální děje. V rámci disertační práce bylo také sestaveno doporučení kritérií pro návrh a zabezpečení optimální pohody, při návrhu dřevostavby, pro uživatele.