

MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLMOUC

Ústav managementu a marketingu

Robert Hejtmánek

Využití obnovitelných zdrojů energie v panelovém domě

Use of reusable resources of energy in block of flats

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Ing. Miroslav Rössler, CSc., MBA

Olomouc 2016

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené informační zdroje.

Olomouc 30.3.2016

.....

Děkuji RNDr. Miroslavu Rösslerovi za vstřícné vedení mé práci a cenné rady.

Moravská vysoká škola Olomouc
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Robert Hejtmánek**
Osobní číslo: **M12137**
Studijní program: **B6208 Ekonomika a management**
Studijní obor: **Podnikové informační systémy**
Název tématu: **Využití obnovitelných zdrojů energie v panelovém domě**
Téma anglicky: **Use of Reusable Resources of Energy in Block of Flats**
Zadávající katedra: **Ústav managementu a marketingu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Obecné zásady pro vypracování:

Příkaz prorektora pro studijní a pedagogické záležitosti k bakalářským pracím.
Práce bude zpracována podle zásad platných na Moravské vysoké škole Olomouc pro akademický rok 2015/16.

Osnova:

Úvod, stanovení cílů práce
Teoretická část - přehled poznatků z literatury
Metodika - metody a techniky zpracování
Praktická část - aplikace, dosažené výsledky a jejich zhodnocení
Závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

CHYBÍK, J. Energeticky úsporná výstavba. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012, 149 s. ISBN 978-80-7204-813-7.


POČINKOVÁ, M. Úsporný dům. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2012, 184 s. ISBN 978-80-264-0014-1.

VYSKOČIL, V. K., KUDA, F. a kol. Management podpůrných procesů. Facility Management. 2. dopl. vyd. Praha: Professional Publishing, 2011, 492 s. ISBN 978-80-7431-046-1.

Vedoucí bakalářské práce: **RNDr. Ing. Miroslav RÖSSLER, CSc. MBA**
Ústav managementu a marketingu

Datum zadání bakalářské práce: **10. dubna 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. března 2016**

Podpis studenta:  Datum: *20.4.2015*

Podpis vedoucího práce:  Datum: *10.04.15*


Mgr. Irena KOVAČIČINOVÁ
prorektorka




RNDr. Ing. Miroslav RÖSSLER, CSc. MBA
manažer ústavu

V Olomouci dne 20. dubna 2015

Obsah

Úvod.....	7
1 Teoretická část	9
1.1 Obnovitelné zdroje	9
1.2 Faktory vnitřního prostředí budov.....	9
1.2.1 CO ₂	10
1.2.1.1 Pettenkoferovo kritérium	11
1.2.2 Tepelně-vlhkostní mikroklima	13
1.2.2.1 Vlhkost vzduchu	14
1.3 Tepelné čerpadlo	16
1.4 EHPA.....	17
1.5 Solární vzdušný panel	18
2 Metodika	20
2.1 Měření.....	20
3 Praktická část	22
3.1 Představení objektu	22
3.2 Výběr panelů	23
3.3 Instalace panelů	26
3.4 Měření vypnutého systému.....	31
3.5 Měření zapnutého systému.....	34
3.6 Měření v bytě	36
3.7 Náklady a úspora	39
Závěr	42
Anotace	44
Literatura a prameny	46
Seznam obrázků	48
Seznam tabulek.....	49

Úvod

Energie, potraviny a voda jsou vyčerpateľný zdroj, který bude do budoucna potřeba intenzivně řešit. Trendem posledních let je řešení a minimalizování tepelných ztrát v bytových a panelových domech. Využití obnovitelných a alternativních zdrojů i pro bytové domy je téma Evropské unie na rok 2015 a 2016. V bytových ale hlavně panelových domech je k dispozici centrální vytápění. Principiálně funguje tak, že teplo je vyráběno a transportováno do lokality ve formě přehřáté páry, která je v daném místě zchlazena na teplou vodu pomocí výměňkových stanic nebo horkovodních objektových předávacích stanic, a dále rozvedena do jednotlivých domů a jejich systémů radiátorů. V Olomouci činí cena tepelné energie z centrálního zdroje pro ústřední topení pro rok 2016, 602 Kč/GJ, což je relativně vysoká částka a každoročně vzrůstá. Tentokrát meziročně vzrostla o 0,76%¹. „Aktuální průměrná cena elektřiny je 3,71 Kč/kWh“².

K dispozici jsou další možnosti. Plynové topení, elektrické topení a alternativní, fungující na principu tepelných čerpadel. Příroda je plná energie, kterou dnes umíme využít. Dnes vyráběná tepelná čerpadla dokáží využít teplotu vzduchu i při -20 °C a získat tak dostatek energie na topení i ohřev teplé vody. Tyto možnosti jsou ale z hlediska náročnosti aplikace v panelových domech takřka neaplikovatelné.

Současné snahy o maximální úsporu energií na vytápění a provoz rodinných domů se realizují nejčastěji zateplováním fasád a výměnou oken. Zateplením polystyrenem a plastovými okny s pěti a více komorami se zasklením dvojsklem eventuálně trojsklem. Zateplení celkově, ale hlavně kvalitní plastová okna, jsou již tak dokonalým izolantem, že vyvolávají v bytech problém zvýšení vlhkosti a koncentrace CO₂, která by se měla řešit pravidelným větráním, které však s sebou nese za důsledek snížení efektu úspor. Nedostatečné větrání vytváří v domech klima pro vznik plísní. Vlhkost, která se kumuluje v bytech vlivem dýchání, pěstováním květin a dalšími vlivy dosahuje vysokých hodnot. V neposlední řadě nedostatečně větrané prostory vlivem výše uvedeného pak vytvářejí pro lidi prostředí, v kterém jsou rychle unaveni a trpí různými potížemi. Rozebírání těchto vlivů není však předmětem práce. V době výstavby takový problém nebyl. Těsnění oken tmelem bylo nedostatečné. Stejně tak únik tepla přes dvě skleněné tabule byl velký.

¹ Srov. Ceny tepelné energie 2016: Cenová lokalita Olomouc. OLTERM&TD, <http://www.olterm.cz/teplo/ceny>

² Aktuální (průměrná) cena 1 kWh elektřiny. Energie123, <http://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>

Panely samotné jsou relativně prodyšný materiál, kterému přispívaly i průduchy kolem oken a pod dveřmi. Problém proto vyvstal až se zateplením a otevírá tak prostor k řešení.

Cílem této práce je popsat využití obnovitelných zdrojů k řešení pro bytové domy a to jak větrání, odvlhčování, tak vytápění a jejich společné řešení. Vzhledem k tomu, že takový systém zatím nikde nainstalovaný nebyl, je cílem celý systém zprovoznit na panelovém domě pomocí patentu vzdušných solárních panelů, a změřit jeho reálné hodnoty. Ty poté porovnat s hodnotami během vypnutého systému a vyhodnotit, zda se takovéto řešení v bytových domech vyplatí a jaké jsou jeho další výhody.

1 Teoretická část

1.1 Obnovitelné zdroje

Za obnovitelné zdroje dnes považujeme takové zdroje, které jsou prakticky lidstvem nevyčerpatelné. Především jsou to paliva nefosilního typu, které lze čerpat, dokud budou probíhat termojaderné aktivity na Slunci. Jsou to zejména:

- sluneční záření / solární,
- větrná energie,
- vodní energie,
- energie přílivu a oceánu,
- hydrotermální,
- geotermální energie a biomasa,
- bioplyny³.

Každý provozovaný objekt vykazuje nemalé náklady na zajištění provozu bez ohledu na charakter využití, a to především z pohledu zabezpečení energetických potřeb. Problém energetické náročnosti budov se stává s růstem cen energií i dopady výroby energie na životní prostředí stále aktuálnější. Téměř polovina světové spotřeby energie se spotřebuje právě na zajištění provozu budov, a čím větší je spotřeba energie, tím existuje víc důvodů soustředit se na možnosti snižování této spotřeby.⁴

1.2 Faktory vnitřního prostředí budov

Lidé dnes tráví v budovách většinu svého času a prostředí v budovách se stává jejich životním prostředím, utváří jejich zdravotní stav, psychickou pohodu, je prostředím pro pracovní činnost i odpočinek. Prostedí v budovách je tedy jejich hlavním funkčním parametrem a je ze strany uživatelů spojeno s určitým očekáváním komfortu. Toto očekávání není vždy uspokojeno, čímž zůstává funkce budovy z menší či větší části nenaplněná. Proto je účelné se parametry mikroklimatu budov zabývat.⁵

Subjektivně lidé nejvíce vnímají složku tepelně vlhkostní, s ohledem na lidské zdraví, je podstatná kvalita vzduchu, která zahrnuje složku mikrobiální aerosolovou,

³ Srov. CHYBÍK, J. *Energeticky úsporná výstavba*, s. 16

⁴ Srov. VYSKOČIL, K., KUDA, F. *Management podpůrných procesů: facility management*, s. 235

⁵ Srov. POČINKOVÁ, M., ČUPROVÁ, D., RUBINOVÁ, O. *Úsporný dům*, s. 17

odérovou a toxickou. Od úsporného domů jistě očekáváme, že bude mimo jiné šetřit zdraví, proto je oblast vnitřního prostředí významným kvalitativním parametrem domu.⁶

„Odéry jsou plynné složky, v ovzduší člověkem jsou vnímány jako vůně nebo zápachy, jejich zdrojem je sám člověk a jeho činnost – kouření, vaření, úklid a čištění nebo odpary z nátěru a stavebních prvků. Odéry mohou být zdravotně nezávadné nebo i toxické, samotná vůně nebo zápach nejsou z hlediska zdravotního, podstatné ale ovlivňují uživatelský komfort“⁷. Jako kritérium odérového mikroklimatu, kde hlavním zdrojem škodlivin je člověk, slouží zejména koncentrace oxidu uhličitého. Přestože on sám je bez zápachu, je však produkován v závislosti na fyzické zátěži člověkem, zvířaty nebo květinami a jeho měření je technicky snadné, proto slouží jako indikátor kvality vzduchu.

1.2.1 CO₂

Oxid uhličitý je bezbarvý plyn, bez chuti a zápachu. Při vyšších koncentracích může mít v ústech slabě nakyslou chuť. Je těžší než vzduch. V pevném skupenství je znám také jako suchý led. Vzniká dokonalým spalováním uhlíku, při dýchání, kvašení, tlení, hoření. Je konečným produktem spalování každé organické látky. Jedná se o nejběžnější kontaminant vnitřního prostředí. V interiéru jsou vždy vyšší koncentrace než v exteriéru.

Zdrojů oxidu uhličitého v interiéru může být několik v závislosti na tom, o jaký objekt se jedná a jaký je v něm provoz. Všechny objekty bez rozdílu provozu mají jeden velký zdroj oxidu uhličitého, kterým je člověk. Nelze opomenout ale domácí mazlíčky, například větší pes, Labrador nebo Bernský salašnický se v produkci CO₂ plně vyrovnají dospělému člověku. Dalšími zdroji mohou být jiné živé organizmy, plynové spotřebiče či jiná zařízení, v nichž se děje spalování.⁸

Člověk, stejně jako jiné živé organizmy vylučuje oxid uhličitý při dýchání. Dospělý člověk za normálních okolností přijímá cca 250 ml kyslíku a vydává cca 200 ml oxidu uhličitého za 1 minutu (v klidu). Při dýchání dochází k výměně kyslíku a oxidu. Produkce oxidu uhličitého je přímo úměrná tělesné aktivitě.⁹

Protože při nízkých tlacích, jaké panují i v zemské atmosféře, zaujímají plynné částice bez ohledu na svou hmotnost stejný objem, používá se u plynů často jednotky ppm

⁶ Srov. Tamtéž, s. 18

⁷ Srov. POČINKOVÁ, M., ČUPROVÁ, D., RUBINOVÁ, O. *Úsporný dům*, s. 19

⁸ Srov. MCMANUS, Neil. *Safety and health in confined spaces*. s. 100

⁹ Srov. ŠUBRT, R. *Mikroklima ve veřejných budovách jako důvod instalace rekuperace*, s. 10

(part per milion parts). Koncentrace vyjádřena v ppm tedy vyjadřuje počet molekul sledované látky na milion molekul ostatních látek.¹⁰

„Vlivem činnosti lidstva a jeho potřebou pokrýt vzrůstající energetické nároky stoupá koncentrace oxidu uhličitého v exteriéru. Tento vzestup je však zcela zanedbatelný ve srovnání s tím, jak v posledních, řekněme 20 letech stoupá koncentrace oxidu uhličitého v interiérech. S vývojem bydlení, změnou užívání objektů a používáním nových materiálů a výrobků se totiž neustále snižuje intenzita větrání místností.

V době, kdy se užívalo lokální vytápění pevnými palivy, ať již dřevem či uhlím, byla intenzita větrání podstatně větší, až 10 násobná výměna vzduchu v místnosti za hodinu. Později přechodem na ústřední vytápění případně etážové či akumulární se intenzita větrání snížila na 2 až 4 násobek vzduchu v místnosti za hodinu. Pokud jsou v objektu vyměněna okna za nová, ať již plastová či dřevěná a objekt nemá spáry mezi konstrukcemi, klesá násobnost výměny vzduchu pod hodnoty 0,5 násobku vzduchu v místnosti za hodinu (uvedené násobnosti výměny vzduchu jsou při běžném přetlaku vzduchu, nejedná se o hodnoty při přetlaku 50 Pa)¹¹. Přitom ani 0,5 násobná výměna vzduchu není obvykle schopná zabezpečit dostatečný přívod čerstvého vzduchu tak, aby byly dodrženy hygienické a stavební předpisy, které stanovují, že koncentrace oxidu uhličitého ve vnitřním prostředí má být nižší než 1000 ppm¹². Přitom vyšší koncentrace CO₂ způsobuje nižší psychický výkon, klesá schopnost soustředění, při vyšších koncentracích může docházet až k fyzickým projevům, jako je např. malátnost, bolest hlavy apod. Z těchto důvodů je důležité věnovat se koncentraci CO₂ v ovzduší, zejména tam, kde je nutnost soustředění, jako např. ve školách. Vyšší koncentrací CO₂ ve vzduchu prokazatelně dochází k horšímu soustředění se a tím i k pomalejšímu vnímání.

1.2.1.1 Pettenkoferovo kritérium

Základem pro stanovení množství větracího vzduchu je takzvané Pettenkoferovo kritérium, což je podmínka maximální koncentrace CO₂ v prostoru, kde pobývají lidé 1000 ppm. Uvedená koncentrace zohledňuje kromě CO₂ i produkci dalších metabolitů, jako tepla, vlhkosti a oděrů od osob. Pro osoby s mírnou aktivitou fyzické činnosti je tok vdechovaného a vydechovaného vzduchu 0,42 m³/h na osobu, ve spánku pak 0,25m³/h

¹⁰ Srov. Carbon Dioxide (CO₂). The International Volcanic Health Hazard Network, http://www.ivhnn.org/index.php?option=com_content&view=article&id=84

¹¹ ŠUBRT, R. *Mikroklima ve veřejných budovách jako důvod instalace rekuperace*, s. 3

¹² Srov. ZMRHAL, V. *Větrání rodinných a bytových domů*, s. 25

na osobu. Koncentrace CO₂ ve vydechovaném vzduchu je 4% což je cca 50 000 ppm. V přiváděném venkovním vzduchu je koncentrace zhruba 350 ppm¹³.

Protože koncentraci CO₂ nejsme našimi smysly schopni posoudit, je osobní hodnocení kvality vzduchu velice nespolehlivé. Lidský nos je orgán vyvinutý k rozpoznávání nebezpečí. Lidský organismus přestává koncentraci pachů po určité chvíli vnímat a naše čichové orgány se přizpůsobují prostředí, v němž se vyskytujeme. Při příchodu z venkovního prostředí pocítíme těžký vydýchaný vzduch, ale po chvíli to přestáváme vnímat jako nepříjemnost. Naše čichové orgány se přizpůsobují, přestáváme vnímat koncentraci pachů, avšak při určité koncentraci se vliv oxidu uhličitého projeví bolestí hlavy¹⁴.

Následující tabulka ukazuje hraniční hodnoty koncentrace CO₂:

Tabulka 1 - Hodnoty koncentrace CO₂¹⁵

Cca 350 ppm	Venkovní prostředí
Do 1000 ppm	Doporučená úroveň v interiéru
1200 – 1500 ppm	Doporučená max. úroveň v interiéru
1000 – 2000 ppm	Začínající příznaky únavy
2000 – 5000 ppm	Možné bolesti hlavy
5000 ppm	Hranice bezpečné koncentrace
>5000 ppm	Nevolnost zvýšený tep
>15 000 ppm	Dýchací potíže
>40 000 ppm	Ztráta vědomí, poškození mozku

Literatura se zde velmi různí. Je zde Pettenkoferovo kritérium, které uvádí 1 000 ppm. Zároveň máme k dispozici zahraniční zdroje, normy a nařízení, které uvádí podstatně vyšší hodnoty koncentrace. Zejména evropskou a americkou normu.

Například McManus¹⁶ uvádí, že podle americké normy je bezpečná koncentrace pod 28 000 ppm a bolesti hlavy přichází až na hranici 39 000 ppm což je obrovský rozdíl.

¹³ Srov. ZMRHAL, V. *Větrání rodinných a bytových domů*, s. 25

¹⁴ Srov. ZIKÁN, Zdeněk. *Oxid uhličitý - utajený nepřítel*, <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitni-prostredi/7132-oxid-uhlicity-utajeny-nepritel>

¹⁵ Tamtéž

¹⁶ Srov. MCMANUS, Neil. *Safety and health in confined spaces*. s. 103

Dále uvádí, že zhoršené dýchací potíže, které evropské normy odkazují do hranic 10 000 ppm, se vyskytují až na hranici 52 000 ppm.

Pro eliminaci důsledků koncentrací CO₂ je třeba větrat s intenzitou cca 25 m³/hod na osobu, což platí pro budovy s výskytem osob jako rodinné domy, bytové a panelové domy, kanceláře apod.

Pokud chceme mít větrání a kvalitu vnitřního prostředí pod kontrolou a nechceme jej ponechat náhodným vlivům (síla větru, rozdíl venkovní a vnitřní teploty) nebo našim nespolehlivým smyslům, musíme použít řízené nucené větrání, které obstará klimatizace nebo jiný ventilační systém. Při použití nuceného větrání budeme mít pod kontrolou jak množství větraného vzduchu, tak dobu větrání. Otázkou pouze zůstane, zda použijeme nebo nepoužijeme zpětné získávání tepla, takzvanou rekuperaci, díky níž můžeme šetřit i tepelnou energii, kterou bychom vypouštěli větráním pryč. Nabízí se přímo rekuperační jednotky nebo jiné systémy, které přivedou do interiéru již více či méně ohřátý vzduch.

1.2.2 Tepelně-vlhkostní mikroklima

Základní tepelně vlhkostní klima uvnitř objektu je ovlivněno vnějším klimatem, jehož působení upravují vlastnosti stavebních konstrukcí, vnitřními zdroji tepla a vodní páry. Toto základní vnitřní mikroklima je pak optimalizováno systémy vytápění, větrání či klimatizace. Cílem je vytvořit takové mikroklima, při kterém se člověk při vykonávané činnosti cítí nejlépe, nachází se ve stavu tepelné pohody. Podmínkou tepelné pohody je dosažení tepelné rovnováhy člověka při takzvané suchém ochlazení těla. Tak aby nedocházelo k pocení ani pocitu zimy. Okolí odebírá lidskému tělu tolik tepla, kolik právě produkuje, a to vedením, prouděním, sáláním, dýcháním a vypařováním potu při suché pokožce. Při suchém ochlazení je větší část produkovaného tepla odváděna konvekcí a sáláním a nedochází k zvýšené vylučování potu. Sedící člověk s lehkou činností odevzdává při klidném vzduchu v mírném tepelném prostředí 120 W tepelného výkonu, který je přirozeným produktem jeho metabolických procesů. Jakmile začne teplota okolního prostředí stoupat k 30 °C, nestačí k odvodu tepla z těla jen konvekce a sálání a musí být ve větší míře aktivováno pocení, pokud se nestačí z tělesného povrchu odpařovat a pokožka tak zůstává lokálně, později celá mokrá. Tento stav se nazývá mokré ochlazení těla¹⁷.

¹⁷ Srov. POČINKOVÁ, M., ČUPROVÁ, D., RUBINOVÁ, O. *Úsporný dům*, s. 21

1.2.2.1 Vlhkost vzduchu

Relativní vlhkost vzduchu udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení. Udává se v procentech. Relativní vlhkost se také někdy označuje jako poměrná vlhkost.

Vlhkost vzduchu v průběhu roku kolísá ve venkovním, tudíž i vnitřním prostředí staveb. Dříve se doporučovalo rozpětí relativní vlhkosti vzduchu v interiérech mezi 40% až 60%. Dnes se doporučované hodnoty snižují. Je to pro to, že důsledky nižší vzdušné vlhkosti kolem 30%, které mohou u citlivých jedinců vyvolat pocit suchých očí nebo sliznic, nejsou tak závažné jako důsledky vlhkosti vysoké, která způsobuje vlhkost stavebních konstrukcí, která je následována růstem plísní a to i dříve než se dosáhne viditelné kondenzace. Ty potom způsobují dýchací a jiné zdravotní obtíže společně s alergiemi. Vysoká vlhkost vzduchu je příznivá také pro roztoče, na které je významná část populace dnes alergická¹⁸.

Následující tabulka zachycuje množství a původ vzniku vlhkosti v místnosti:

Tabulka 2 - Údaje o vlhkosti v bytech¹⁹

Člověk	Mírná aktivita	30 - 60 g/h
	Středně těžká práce	120 - 200 g/h
	Těžká práce	200 - 300 g/h
Koupelna	Vanová lázeň	cca 700 g/h
	Sprchování	cca 2 500 g/h
Kuchyně	Vaření a mytí	600 - 1 500 g/h
	Denní průměr	100 g/h
Pokojové květiny – fialka		8 - 10 g/h
Středně velký gumovník		10 - 20 g/h
Vodní rostliny		8 - 10 g/h
Volná vodní plocha (v umělých zavlažovačích)		cca 40 g/m ² /h
Malé stromky		2 000 g/h
Prádlo odstředěné – sušení		55 - 200 g/h

¹⁸ Srov. POČINKOVÁ, M., ČUPROVÁ, D., RUBINOVÁ, O. *Úsporný dům*, s. 24

¹⁹ *Zátěž vlhkostí. Plastokno*, <http://www.plastova-okna-plastokno.cz/chytra-okna-prikklad>

Proto jsou stanoveny požadavky na povrchovou teplotu konstrukcí tak, aby ke kondenzaci nedocházelo. Pokud povrchová teplota konstrukce klesne pod teplotu rosného bodu, dojde na ní k vysrážení vodní páry ze vzduchu.

Požadavky na vnitřní prostředí nízkoenergetických domů jsou stejné jako u budov ostatních, s požadavkem na nižší spotřebu energie potřebné pro jeho zajištění u některých realizovaných nízkoenergetických staveb se podle současných skutečností z provozu vyskytují především tyto problémy. Nízkoenergetické domy se vyznačují vzduchotěsností obvodového pláště, infiltrace oken jsou minimální. Bez řízeného větrání není zajištěna dostatečná výměna vzduchu. To může vést ke zvýšenému místnímu radonovému zatížení.

Nedostatečné větrání spolu se dalšími faktory, jako je vysoká vlhkost vzduchu a teplota povrchu konstrukcí, vede k vytváření plísní především v rozích místností, koupelnách, kuchyních, ale i ložnicích vytápěných na nižší teplotu.

Plísně lze očekávat všude tam kde je vysoká vlhkost vzduchu. Ta totiž způsobuje vlhkost stavebních konstrukcí, které jsou pak pro plísně živnou půdou. Vzhledem k masové výměně oken v minulých letech, která nebyla spojena se změnou její užívání (nová okna nevětrají infiltrací, je nutno je otevírat) došlo v mnoha bytech k nárůstu vlhkosti a tím rozvoj plísní. Dalším zdrojem vlhkosti, jak ukázalo šetření Státního zdravotního ústavu, je také zatékání střechou nebo vzlínání spodní vody. Tyto závady nejsou pouze estetické, neboť většina těchto plísní je pro člověka alergizující a škodlivá.

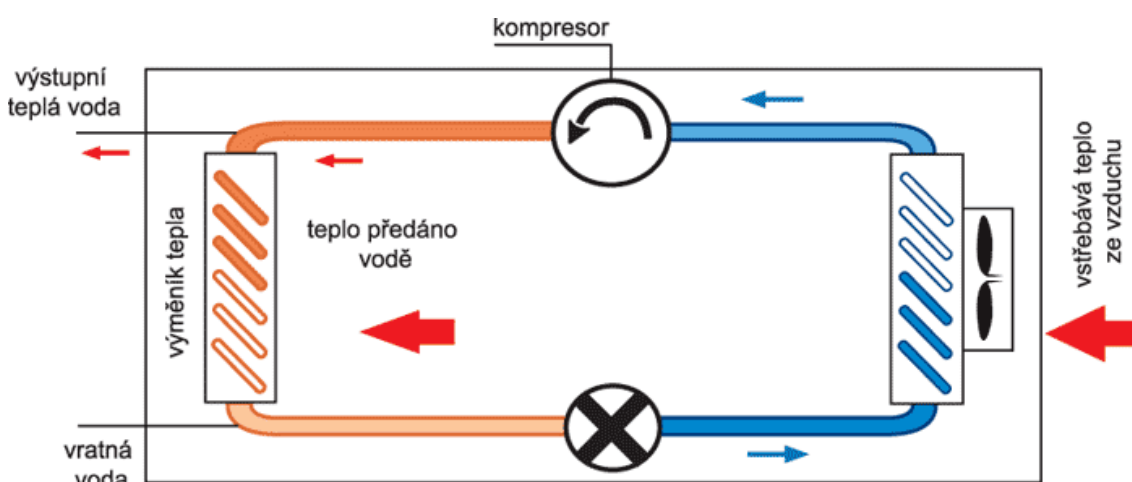
Rosný bod je závislý na teplotě a vlhkosti vzduchu. Je to teplota, kdy je vzduch právě nasycen vodní párou. Pokud teplota klesne pod tento bod, nastává kondenzace. Teplota rosného bodu je různá pro různé absolutní vlhkosti vzduchu. Čím více je vodní páry ve vzduchu, tím vyšší je teplota rosného bodu. Naopak pokud je ve vzduchu vodní páry jen velmi málo, může být vzduch chladnější, aniž pára zkondenzuje. Povrchová teplota konstrukce je mimo vnitřních a vnějších tepelných a vlhkostních podmínek závislá na tepelně-technických vlastnostech stavební konstrukce

Dnes se setkáváme s převážně nedostatečně vlhkým vzduchem pro dýchání v obytných prostorách. Proto se může zdát zamíření práce paradoxní. Cílem ale není řešení vlhkosti v obytných prostorách, ale naopak odvětrání vlhkosti ze společných prostor kde vznikají plísně a vlhkost je tak nežádoucí.

1.3 Tepelné čerpadlo

Tepelná čerpadla se řadí mezi alternativní zdroje energie, protože umožňují odnímat teplo z okolního prostředí (vody, vzduchu nebo země) a následně účelně využít pro vytápění nebo přípravu teplé vody.

Základní princip tepelného čerpadla jako první vymyslel a popsal anglický fyzik lord William Thomson Kelvin, již v polovině 19. století, tedy přesněji v roce 1852. Hlavní myšlenkou bylo to, že tepelné čerpadlo funguje obráceně jako tepelný motor, který může sloužit nejen k chlazení, ale i ohřívání, a musí u něj platit druhý zákon termodynamiky, tedy že teplo se šíří vždy ve směru od teplejší ke studenější části. V okolním prostředí (vzduch, voda, země) je obsaženo velké množství tepla. Toto teplo ale nelze vzhledem k nízké teplotní hladině přímo využít pro vytápění nebo ohřev vody. Pokud chceme teplo z okolního prostředí využít, musíme ho převést na vyšší teplotu. K tomu nám poslouží tepelné čerpadlo, a to za použití chladiva – látky, jejíž nejdůležitější vlastností je nízký bod varu. Ten musí být nižší než teplota okolního prostředí, ze kterého je teplo čerpáno. Chladivo se vlivem nízké teploty při styku s okolním prostředím vypařuje. Když se dostane do plynného stavu, je stlačeno kompresorem, čímž se jeho teplota zvýší na úroveň použitelnou k vytápění nebo ohřevu vody. Ohřáté chladivo je vpuštěno do kondenzátoru, kde předá své teplo topnému médiu. Tím se jeho teplota sníží a chladivo opět přejde do kapalného stavu. Poté opět pokračuje do kompresoru a celý cyklus se opakuje²⁰.



Obrázek 1 - Schéma tepelného čerpadla

(Zdroj: <http://www.revel-pex.com/tepelna-čerpadla-vzduch-voda/princip-tepelneho-čerpadla/>)

²⁰ Princip tepelného čerpadla. Abeceda tepelných čerpadel, <http://www.abeceda-čerpadel.cz/cz/princip-tepelneho-čerpadla>

Přibližně 70% energie z okolí a pouze cca 30% energie spotřebují na přeměnu nízko potencionálního tepla na teplo přímo využitelné. Zjednodušeně tedy platí, aby tepelné čerpadlo vyrobilo 100% tepelné energie, spotřebuje pouze 30% elektrické energie. Tento efekt vytváří logiku úspory nákladů na teplo. Šetříme tak nejen na topení a teplé vodě, ale i každý ve svém bytě.

Tento trend buď uchopíme, nebo počkáme na další léta. Tepelná čerpadla jsou účinný nástroj ke snižování energetické náročnosti staveb a účinná obrana proti růstu nákladů na vytápění. Technický vývoj v tomto oboru jde velmi rychle kupředu. Před deseti lety se uvádělo, že tepelná čerpadla mají topný faktor 3 (nesprávně účinnost 300%), dnes je běžně 4 a více (tedy přes 400 %)

Minulý rok se instalovalo cca 50 000 kusů tepelných čerpadel. Převážně však do rodinných domů, do bytových domů minimum.

1.4 EHPA



Obrázek 2 - Logo ehpa
(Zdroj
: <http://www.avtc.cz/?page=znacka-kvality-q>)

Trh s tepelnými čerpadly v České republice nabízí desítky čerpadel od různých výrobců. Není tedy snadné se orientovat. Jedním ze základních kritérií je značka kvality EHPA (European Quality Label For Heat Pumps) - štítek kvality pro tepelná čerpadla, má historický základ v činnosti sdružení tepelných čerpadel zemí Německa, Rakouska a Švýcarska, kdy vznikla potřeba vytvořit společný soubor požadavků na zajištění kvality výrobků a služeb pro tepelná čerpadla (označení kvality D-A-CH pro německy mluvící země). Myšlenka byla dále rozvíjena v Evropské asociaci tepelných čerpadel - EHPA, která v současné době sdružuje 21 zemí a neustále se rozšiřuje. Za účelem zohlednění tohoto vývoje, bylo pro společenství EHPA označení kvality D-A-CH postupně nahrazeno značkou kvality EHPA. Kromě zakládajících zemí je již v současné době značka kvality přidělována v dalších zemích, ve Švédsku, Dánsku, Finsku, Francii, Irsku a také na Slovensku a v České republice. Značka kvality může být přiznána tepelným čerpadlům pro vytápění s elektrickým pohonem, s ohřevem nebo bez ohřevu vody, s tepelným výkonem do 100 kW, kde tepelná energie je odebírána ze vzduchu, země nebo vody²¹.

²¹ Srov. Značka kvality Q. Asociace pro využití tepelných čerpadel, <http://www.avtc.cz/?page=znacka-kvality-q>

„Značka kvality“, založená na požadovaných kritériích, může úspěšně napomoci dalšímu rozvoji rostoucího trhu tepelných čerpadel a to zejména tím, že:

- poskytuje spotřebiteli jistotu, že označený výrobek má garantované kvalitativní parametry
- potvrzuje, že dovozce nebo výrobce poskytuje dostatečnou technickou podporu a má vybudovanou servisní síť
- u těchto výrobků je také zaručeno, že ještě 10 let po ukončení jejich výroby, budou na ně k dispozici náhradní díly
- je podkladem pro přidělování dotací a podpor na tepelná čerpadla.
- odděluje na trhu prověřené značky tepelných čerpadel a značky, u kterých nejsou udávané parametry nezávisle kontrolovány.²²

Pro přidělení značky kvality EHPA musí tepelné čerpadlo splňovat kritéria testu EHPA a distributor musí splňovat tyto klíčové požadavky.

1.5 Solární vzdušný panel

Vzdušné panely jsou typem tepelného čerpadla, kde médiem je vzduch. Zajišťují proudění ohřátého čerstvého vzduchu do budovy a tím zlepšují vnitřní mikroklima. Zajímavé jsou tím, že svou funkci plní i při nízkém slunečním svitu.

Důležité je však jejich umístění a orientace. Solární panely se dají umísťovat buďto na svislé plochy nebo na střechy šikmé a vodorovné. Při osazování je nutno sledovat okolní zástavbu, výšku zeleně a dalších prvků, které mohou vytvářet stín a snižovat tak energetickou účinnost v důsledku slunečního záření. Optimální orientaci zajistíme natočením panelů s azimutem 0°. Jedině tak využijeme sluneční záření na 100%. Azimut 22,5° ještě využije 92% z účinku sluneční radiace. Je to však hranice za jakou by panely neměly být umísťovány. Azimut 45° využije účinnost jen ze 70% což je například pro bilanci pasivního domu málo²³.

Vzdušný solární panel, při slunečním svitu se solární buňkou spustí ventilátor, čerstvý vzduch z venku se nasaje do panelu, uvnitř panelu se pak zahřeje a následně je pak přetlakem ventilátoru vháněn do domu (chodby ev. bytu). Tento ohřátý vzduch tak

²² Srov. Značka kvality Q. Asociace pro využití tepelných čerpadel, <http://www.avtc.cz/?page=znacka-kvality-q>

²³ Srov. CHYBÍK, J. *Energeticky úsporná výstavba*, s. 29

zajistí cirkulaci uvnitř domu, zamezí se tak usazování vlhkosti a vytlačí se vlhký a použitý vzduch ven.

Vzdušné solární panely řeší problém s vlhkostí a vnitřním klimatem bez dalších výdajů. Naopak v mrazivém zimním období, je-li slunečního svitu dostatek, je výhodou velmi nízká relativní vlhkost, která má pozitivní vliv na dům. Dobře se umisťují na ploché střechy (např. panelových domů). Vzhledem na šikmou ev. svislou montáž se na panelech neudrží sníh, voda nebo nečistoty.

Hlavní benefity jsou:

- žádná pravidelná údržba,
- minimální provozní náklady,
- vhánění čerstvého přehřátého vzduchu dovnitř,
- snadná montáž,
- odstraňuje vlhkost a plíseň,
- ekologie,
- životnost 20-25 let

2 Metodika

2.1 Měření

Lze předpokládat, že do budoucna bude vyšší poptávka po kvalitě ovzduší, zejména po zjišťování koncentrace oxidu uhličitého. K tomuto existuje široká škála testerů, ať již pevně umístěných či ručních.

Ke všem měřením byl použit přístroj firmy Wöhler. Záznamník Wöhler CDL 210 slouží pro sběr dat CO₂, teploty, relativní vlhkosti vzduchu a rosného bodu. Používá se pro monitoring klimatu v obytné místnosti či na pracovišti. Přístroj lze připojit prostřednictvím USB k počítači, kde lze naměřená data dále graficky zpracovávat v přiloženém softwaru. Při překročení nastavené hodnoty CO₂ upozorní přístroj CDL 210 uživatele akustickým signálem.

Přístroj nemá samostatné napájení, takže po dobu provozu musí být připojen do elektrické sítě. Na chodbě je teoreticky možnost zapojení jen do okruhu světel tudíž do volného prostranství. Z důvodu předejití odcizení ale také oficiální nemožnosti takovéto montáže byl měřič vždy umístěn do mezipodlažní uzamykatelné komory. Komory jsou větrané jen na chodbu, takže teoreticky nemělo umístění na měření žádný vliv.

Software umožňuje v přístroji nastavit libovolnou frekvenci sběru dat. Automaticky se potom sbírají všechna data. Pro tuto práci ale nebyl brán v potaz rosný bod, který není relevantní měřenou hodnotou, proto chybí v grafech. Frekvence sběru dat byla nastavena pro první testovací měření na hodinové intervaly. Maximální hodnoty jsou s tímto nastavením viditelné, ale detaily se ztrácí (nebyly zaznamenány), proto pro všechna další měření byl nastaven interval sběru dat 30 minut, který dostatečně ukazuje i detaily změn.

Po vyčtení hodnot z paměti přístroje je výstupem ze softwaru graf zapsaných hodnot a databáze hodnot, kterou je možno exportovat do excelové tabulky. Graf má pro každou hodnotu samostatnou osu a plocha (pozadí křivek) je barevně rozdělena. Pro názornost jsem rozdělení nastavil dle Pettenkofera, plocha je tedy dle hladiny CO₂ až do hodnoty 1 000 ppm zelená, pokračuje žlutou a oranžovou až do červených hodnot, které jsou nad hodnotou 2 000 ppm.

První sada měření byla provedena mezi 6. a 7. patrem, což je na měřeném domě poslední podlaží. Teoreticky tak teplota v tomto prostoru bude lehce vyšší než ve zbytku domu, stejně jako CO₂. Je to ale nejdále od vchodů čili hodnota CO₂ by neměla být ovlivněna přírodním průvanem. Druhá sada byla provedena mezi 2. a 3. patrem.

Hodnoty byly měřeny až s nainstalovaným ventilačním systémem. Chodba má z důvodů zateplení velkou teplotní setrvačnost i co se týče hodnot CO₂ čili měření bylo lehce ovlivněno tímto faktorem. První měření bylo provedeno se zapnutým systémem, následně byl systém vypnut a nastavilo se měření další. Z důvodů časové náročnosti nebyly mezi měřeními žádné časové rozestupy pro ustálení chodby do přirozeného stavu (viz Tabulka 7). Jednotlivá měření tedy obsahují lehké nepřesnosti kdy se chodba navrácí do ustáleného stavu. Po skončení měření byl systém opět zapnut a opakováním byly naměřeny všechny hodnoty.

Měření byly provedeny v týdenním intervalu vždy od neděle večer do dalšího nedělního večera.

Z měření vyšlo najevo, že měření v komorách je objektivní z hlediska vlhkosti ale už ne tolik co se týče CO₂ a teploty kvůli nízkému proudění vzduchu. Byly proto provedeny dodatečná jednodenní měření přímo v prostorách schodiště.

Ke každému měření se zaznamenávaly i další hodnoty ovlivňující venkovní panely. Hodnoty byly odečítány vždy ráno v 8 hodin (počasí, venkovní teplota, teplota v panelu, relativní vlhkost a přepočítaný údaj na gram vody v m³ vzduchu). Tyto údaje byly sledovány a zaznamenávány ručně na regulátoru teploty a vlhkosti. Pro úplnost a detail byly zaznamenávány i hodnoty relativní a absolutní vlhkosti vzduchu v kolektorech.

Aby byla zaručena komplexnost měření a celé práce, byly po skončení měření na schodišti, měřeny i hodnoty mikroklimatu v obytných prostorách domu. V bytech byly měřeny prostory na předsíních, obývacím pokoji a ložnici. Měření je zde více objektivní. Záznamník není ničím zastíněn a je tak kolem něj ideální proudění vzduchu.

První zapsaná hodnota přístrojem je vždy nepřesná, protože si ji přístroj pamatuje z jiného prostředí, kde byl naposledy zapnutý (kde se z něj exportovaly data). Proto křivky v některých grafech začínají na podivných hodnotách a ihned se prudce mění.

3 Praktická část

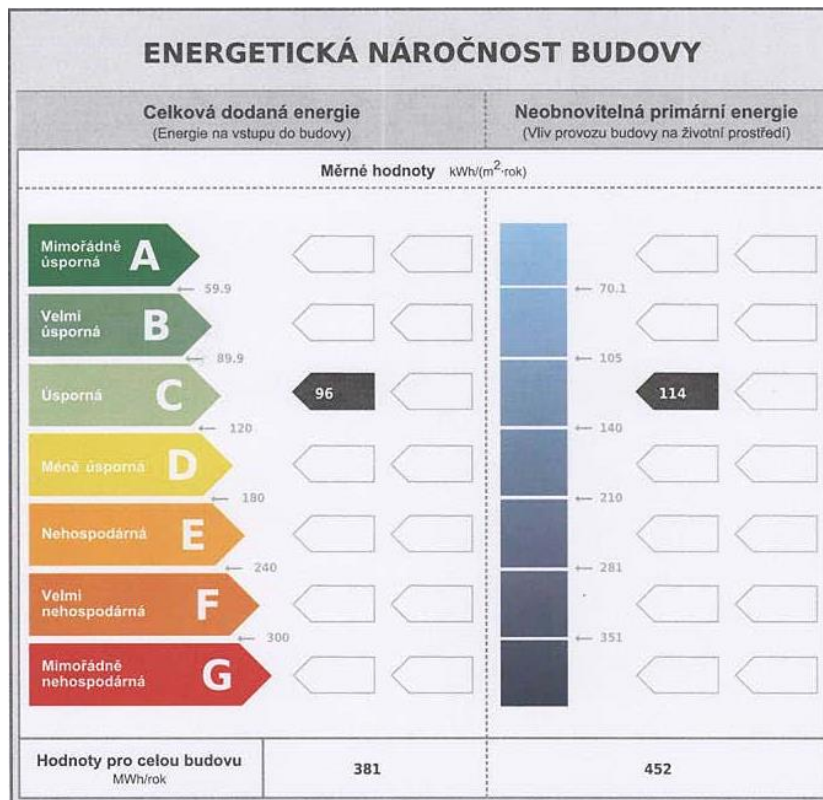
3.1 Představení objektu

Objekt, na který byl systém instalován je obytný panelový dům typu T06-B-OL o osmi nadzemních obytných podlažích a šestnácti jednotkách s dvěma byty o dispozici 3+1 a 2+1 na každém patře, postavený v roce 1972. Jde o celopanelovou technologii se soustavou podélných a příčných železobetonových stěn. Obvodové stěny jsou z expandibetonu tloušťky 290 mm s dodatečným zateplením EPS 60 mm. Vchody do komunikačních prostor budovy jsou dva. Dům se nachází na okrajovém sídlišti v Olomouci, Nové Ulici. Směřovaný je v ose severozápad, jihovýchod a není ničím zastíněný.

V mezipatrech jsou úložné prostory pro každý byt zvlášť. Schodiště je otevřené, uprostřed s prosklenou, uzavřenou výtahovou šachtou. V roce 2000 byl zateplen. Všechna okna na objektu jsou vyměněna za nová plastová okna. Nová plastová okna má i chodba, dům má i nové hliníkové vchodové dveře instalované v roce 2012. V roce 2015 bylo řešeno i zateplení střešního pláště s novou hydroizolací, krytou vrstvou šterku. Celkově je zateplena tloušťkou 50 mm. Lze tak konstatovat, že tepelná ztráta domu je snížena a tak optimalizována.

V roce 2013 byla provedena rekonstrukce chodníku domu ze severozápadní strany, realizovaná Magistrátem města Olomouce. Dům stojí v mírném svahu. Do chodníku podél domu byl položen svod dešťové vody s dešťovými vpustěmi. Dešťová voda, která způsobovala vlhkost v domě, protože neměla kam odtéct, byla takto odvedena do kanalizace. Při této příležitosti byla provedena nová svislá izolace domu, až na základy tj. do hloubky cca 200 cm. Na izolaci pak byla přiložena nopová folie, která vytváří vzduchovou mezeru mezi základem domu a zemínou. Tato vzduchová mezera pak zajišťuje pro dům drenážní a ventilační funkci. Těmito opatřeními bylo tak zamezeno pronikání vlhkosti do domu.

Dům má samozřejmě opatřen průkaz energetické náročnosti budovy, jehož štítek je přiložen.



Obrázek 3 - Energetický štítek budovy
(Zdroj: vlastní)

3.2 Výběr panelů

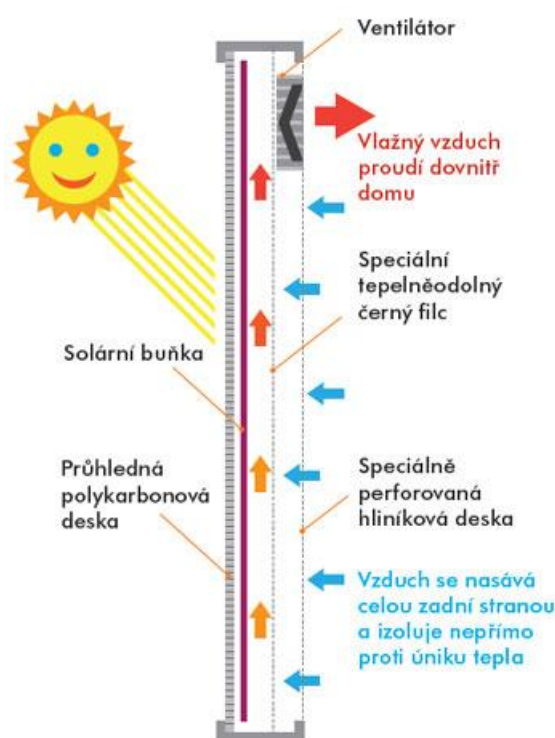
K tomuto projektu připadaly v úvahu dva typy panelů s různým principem fungování i místem instalace.

- Svislé panely na zábradlí lodžii jednotlivých bytů.

Panely takto montované mají vlastní ventilátor zabudovaný v kolektoru, poháněný fotovoltaickým panelem také uvnitř kolektoru. Kladem takovéto instalace je vysoká účinnost větrání dané místnosti, potažmo celého bytu. Ventilátor má kapacitu 15-150 m³ za hodinu a oproti venkovní teplotě se vzduch zahřívá o 10 - 40 °C. Kapacita a teplotní zvýšení jsou závislé na velikosti panelu. Ventilátor i solární buňka jsou zabudovány uvnitř panelu, který tak nabízí jednoduchý, efektivní a bezplatný provoz. Zápory však převažují, především nákladnost celého projektu, pokud by se zapojily všechny byty, nutnost vrtat ventilační otvor v každém bytě, a v neposlední řadě je větraná v tomto případě hlavně jedna místnost. Na společné prostory by mělo toto řešení jen minimální vliv.

Principiálně fungují takto:

Čerstvý vzduch do objektu přichází z kolektoru se speciálně perforovanou zadní stěnou. Účinné přehřátí vzduchu zajišťuje absorbér z černé technické textilie, přes který vzduch prochází. Vzduchová mezera mezi zadní perforovanou stěnou kolektoru a absorbérem vytváří dostatečný tepelný odpor potřebný k aktivaci přenosu solární energie. Tento princip nevyžaduje další izolaci, což umožňuje výrobu velmi tenkého, výrazně lehkého a kompaktního solárního vzdušného kolektoru. Další nespornou výhodou ojedinělé konstrukce je částečné vyrovnání proudění vzduchu pomocí technické textilie, která se chová jako filtr. Na zadní stěně a na rámu kolektoru proto není opět třeba žádná izolace.



Obrázek 4 – Schéma vzdušného panelu

(Zdroj: <http://www.solarventi.cz/clanek/33-princip-teplovzdušnych-panelu-solarventi.html>)

- Šikmé kolektory na střeše domu.

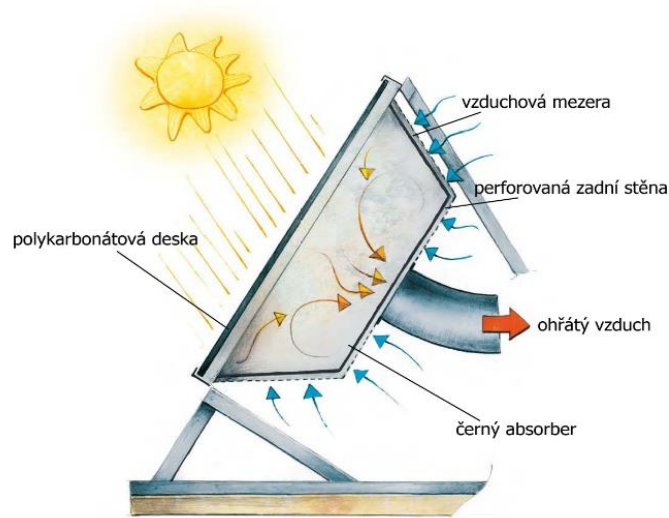
Druhou možností jsou větší kolektory se sešikmenou plochou jednokomorového nárazuvzdorného polykarbonátu a velkým obsahem.

Tato možnost umožňuje větrat schodiště domu a temperovat v zimě teplým vzduchem během slunečného dne v panelech ohřátého na 20 až 40 °C, v létě opačným režimem spínání ventilátoru přirozeně ochlazeným vzduchem v noci (kdy v horkých letních dnech klesá teplota) naopak chodby větrat a ochlazovat. Solární vzdušné panely

tak plní dvojí funkci. Zlepšují tepelnou pohodu v domě, větrají a tak zlepšují zdravotní podmínky v domě, přirozeným snižováním hodnoty CO₂ (oxidu uhličitého) a nemalou mírou zabraňují tvorbě plísní a řas na stěnách chodby, strojovně výtahu a i v bytech samotných.

Ventilátory vytváří na chodbě mírný přetlak, který jednak uniká netěsnostmi okem na chodbě, ale také se tlačí netěsnostmi bytových dveří do bytů a přes odsávání z kuchyní, koupelen a WC je odváděn, až na střechu domu. Tuto cestu podporují ventilátory lomanka, které se bez nároku na energii vlivem již mírného větríku na střechu domu otáčí a tak vytváří v bytech mírný, ale stálý podtlak.

Funkce je podobná jako u předešlého typu panelu, vzhledem k velikosti ale potřebuje dodatečný a větší ventilátor napájený ze sítě.



Obrázek 5 – Schéma panelu professional
(Zdroj: Katalog solarventi, vlastní zdroj)

Na schůzi vlastníků bytů byla po prezentaci obou možností zvolena varianta patentovaných střešních kolektorů firmy SolarVenti, stavebnicový systém SolarVenti Professional.



Obrázek 6 – Vzdušný panel professional
(Zdroj: <http://www.solarventi.cz/produkt/solarventi-industrial-14.html>)

Tento systém se skládá ze samostatně stojících vzdušných solárních kolektorů - určených k montáži na nové nebo stávající ploché či šikmé střechy. Tyto panely lze zapojit do série až 10 panelů za sebou. Tímto poskytují ohromný celkový výkon, jelikož pouze jeden metr čtvereční solárního kolektoru ohřívá vzduch s energií odpovídající až 650 Wattům. Jeden SolarVenti Professional panel má celkovou plochu 2 m² (V x Š = 1 x 2 m) a jsou řazeny po čtyřech.

Panely mají na zadní straně malé otvory, kterými se vzduch do panelu nasává a fungují jako primární filtr. Sekundárně se vzduch filtruje přes černou filcovou podložku. Tato zadní stěna zamezuje i úniku tepla, když je vzduch v pohybu. Její výhodou je i jisté samo ochlazování, kdy je ventilátor vypnutý a ohřátý vzduch tak může proudit opět ven.

Rám je vyroben z eloxovaného hliníku, krycí vrstvou je jednokomorový nárázuvzdorný polykarbonát. Odolnost vůči nárazu je u moderního polykarbonátu 250 násobně vyšší než u skla. Navíc má o 40% vyšší tepelnou účinnost než sklo.

Konstrukce SolarVenti je patentována od roku 2000 v Evropě, Číně, Japonsku, Austrálii a mnoha dalších zemí. Vzdušný solární systém SolarVenti Professional podstatně snižuje provozní náklady v objektech, soustava je vysoce účinná a snadno se instaluje.

3.3 Instalace panelů

Solární vzdušné panely jsou do střešního pláště panelového domu s rovnou střechou přichyceny sloupky Ø 50 mm s hladkým povrchem, posazenými na patce, která je

podložena dubovými špalky s korkovou mezivrstvou a přichycena čtyřmi šrouby do střešního panelu.



*Obrázek 7 – Příprava pro panely
(Zdroj: Vlastní)*

Na tyto sloupky je uchycena hliníková konstrukce se čtyřmi solárními vzdušnými panely pro jeden vchod panelového domu.

Rozměr solárních panelů je 100 x 200 cm, které jsou vždy čtyři a jsou mezi sebou vzájemně propojeny.



*Obrázek 8 – Výsledná podoba střechy
(Zdroj: vlastní)*

Ze solárních vzdušných panelů je vzduch veden pomocí vodorovného spiro potrubí \varnothing 160 mm po střeše do strojovny výtahu. Na střeše a ve strojovně výtahu je toto potrubí izolováno minerální vatou s hliníkovým povrchem za účelem snížení tepelných ztrát v tomto prostoru.



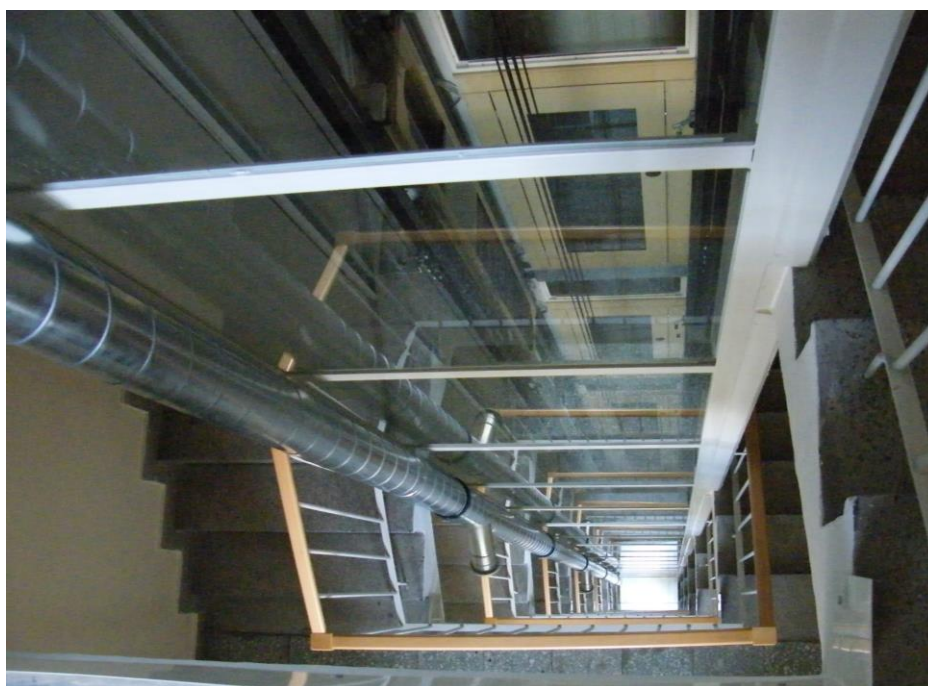
Obrázek 9 - Strojovna výtahu
(Zdroj: vlastní)

Dále je veden k ventilátoru a přes tlumič hluku (tlumič je zde pro tlumení hluku, který vzniká v důsledku turbulencí způsobených ventilátorem. Konstrukčně je řešen dvěma soustřednými válci s výplní a protihlukovou izolací. Vnitřní plášť je perforovaný, na konci opatřen nástavci pro montáž do kruhového potrubí) dál, podél výtahu celou výškou schodiště domu. Ve strojovně byly použity následující komponenty:

Ventilátor:	\varnothing 200 mm (230 V)
Příkon:	110 W
Objemový průtok:	80 Pa, 720 m ³ /h
Hluk:	38 dB
Proud:	0,51 A
Hmotnost:	4.4 kg
Tlumič:	SPT-GLX
Rozměry:	900 x 355 x 160 mm (délka x vnější \varnothing x vnitřní \varnothing)

Třída hořlavosti: A1²⁴

V domě je nový výtah s prosklenou výtahovou šachtou. Potrubí je uchyceno do ramen schodiště v každém patře, není nijak perforováno, vzhledem k délce vedení by se veškerý tlak ztrácel v prvních patrech pod střechou a ve spodních patrech by měla ventilace nulový efekt. Má tedy jen tři vývody s možností regulace průtoku vzduchu, umístěné v přízemí, 3. a 5. patře domu. Použité byly regulátory průchodu s ručním ovládáním (vnitřní závit). Stejně regulátory je možné instalovat i s pohonem servo motoru, v tomto případě ale není regulací třeba pohybovat, proto byla vybrána levnější forma.



Obrázek 10 – Schodiště
(Zdroj: vlastní)

K ovládání slouží regulátor teploty a vlhkosti H3061 COMET SYSTEM s externí sondou, umístěnou v jednom z panelů, kterým je systém ventilace řízen a spínán. Je umístěn v posledním patře ihned pod střechou tak aby nebyl dostupný všem obyvatelům. Tento regulátor v reálném čase monitoruje teplotu v °C a relativní vlhkost. Měřená teplota a vlhkost je pak přepočítávána na absolutní vlhkost.

²⁴ Zdroj: technická dokumentace stavby

Hodnota teploty a absolutní vlhkosti jsou rozhodující pro sepnutí ventilátoru, u kterého je možné přes regulátor MULTIVAC R10 AQS ovládat otáčky. Ovládání je možné ručně nebo přes PC prostřednictvím regulátoru H3061 nebo bezdrátově přes spínač RSLR2 Conrad prostřednictvím dálkového ovladače s LC.



Obrázek 11 – H3061



Obrázek 12 – Regulátory Multivac



Obrázek 13 – Dálkové ovládání
(Zdroj: vlastní)

System v mé práci popisovaný byl takto na větrání, odvlhčování a temperování na střeše panelového domu použit poprvé v České republice a jedná se tak o originální řešení.

System byl uveden do provozu s ručním nastavením spuštění větrání šestkrát denně a to v době 8, 10, 12, 14, 16 a 18 hodin po dobu 5 minut.

Dále pak vždy pokud dosáhne teplota uvnitř solárního vzdušného panelu 22 °C a neklesne pod 18 °C. Tento režim byl zvolen pro zimní období. Pro letní období dojde ke změně nastavení těchto hodnot tak, aby větrání bylo zachováno v intervalu šestkrát denně. Další spuštění bude nastaveno tak, aby systém chodbu v noci ochlazoval, to znamená, že se bude zapínat při poklesu teploty pod 22 °C a větrat pokud teplota nepřesáhne hodnotu 22 °C. Režim tak bude fungovat jako částečná klimatizace domu a zpříjemnění podmínek v horkých letních dnech v domě.

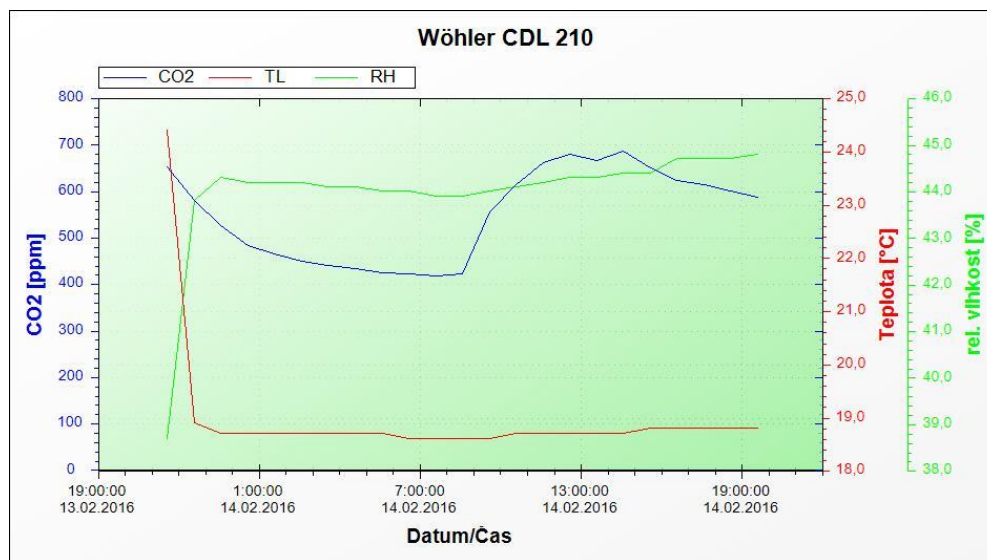
Dovozce a prodejce panelů byl i dodavatelem montážních prací.

3.4 Měření vypnutého systému

Po kompletním spuštění systému a otestování bylo první měření provedeno se zapnutou ventilací. System před měřením běžel dva měsíce, takže pořadí měření bylo irelevantní. První měření bylo na schodišti v 7. patře.

Pro přehlednost je ale první rozebrán graf druhého měření, kdy byl system vypnutý, ostatní podmínky byly stejné.

Následující graf ukazuje jednodenní, naměřené hodnoty vypnuté ventilace:



Obrázek 14 – Graf 14.2.
(Zdroj: vlastní)

Hodnoty v kolektoru a počasí zachycuje následující tabulka:

Tabulka 3 - Počasí 14.2. (Zdroj: vlastní)

Datum	Počasí	Teplota [°C]	Teplota v kolektoru [°C]	Relativní vlhkost [%]
14.02.2016	Polojasno	4,0	3,3	96

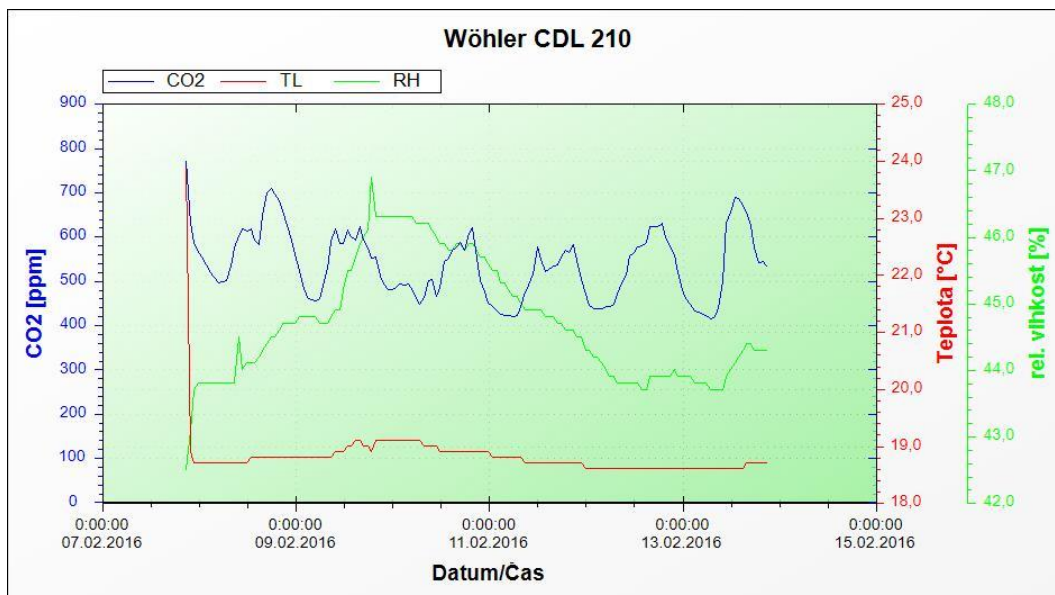
Na první pohled je z grafu jasné, že mikroklíma na chodbách je, co se týče koncentrace CO₂, dobrá a nikdy nepřekračuje Pettenkoferovo kritérium. Můžeme zde pozorovat již zmíněnou teplotní setrvačnost chodby, přístroj nezaznamenal ani půlstupňovou změnu teploty během dne.

Vlhkost vzduchu na chodbě se během dne téměř nezměnila. Během dne poklesla o 1%, k večeru se zase vrátila na původní hodnotu 44%. Na chodbě je tedy konstantní vlhkost i teplota. Vlhkost v kolektoru 96% je ovlivněna deštěm a poprcháním, které v těchto dnech trvalo 6 dní, viz souhrnná tabulka počasí na straně 36.

Hodnoty koncentrace CO₂ vykazují velkou změnu. Přes noc klesají z hodnoty 652 ppm až na hodnotu 417 ppm. Tento pokles trvá do cca 7:30, kdy je vystřídán náhlým vzrůstem. Tento trend ovlivňuje následující jev. Vzhledem k vypnutému systému, na chodbách není přetlak. V momentu, kdy obyvatelé bytů otevřou vchodové dveře do bytu, dojde ke smísení, ale tady hlavně úniku, použitého vzduchu z jejich bytů (kde je koncentrace CO₂ vysoká jak bude ukázáno dále v práci) na chodbu, kde ovlivní koncentraci CO₂, jak pozorujeme v grafu. Nárůst je tak velký protože se jedná o hodinu, kdy jdou lidé do práce, děti do školy, jednoduše je na chodbách nejvíce rušno.

Tento růst trvá zhruba do druhé hodiny odpolední, kdy se chodba opět začne vracet do své přirozené hodnoty ±600 ppm. Jev se opakuje.

Stejný trend můžeme pozorovat i na grafu týdenního kontinuálního měření mezi dny 8.2.-14.2.



Obrázek 15 - Graf 8.2.-13.2.
(Zdroj: vlastní)

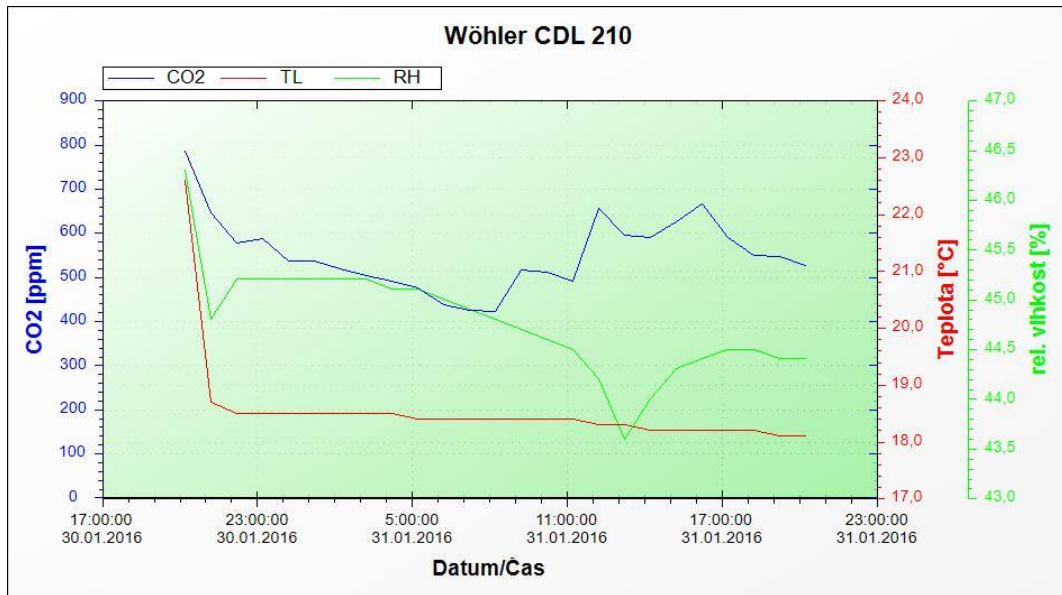
Zvýšení vlhkosti vzduchu je zde zapříčiněno deštěm 10.2., který trval celý den. Proto je růst tak masivní.

Počasí pro tyto dny můžeme nalézt v tabulce:

Tabulka 4 - Počasí 8.2.-14.2. (Zdroj: vlastní)

Datum	Počasí	Teplota [°C]	Teplota v kolektoru [°C]	Relativní vlhkost [%]
08.02.2016	Zataženo	6,0	6,4	82
09.02.2016	Jasno	7,0	27,0	22
10.02.2016	Děšť	8,0	4,6	97
11.02.2016	Polojasno	4,0	3,0	98
12.02.2016	Polojasno	3,0	2,2	90
13.02.2016	Oblačno	5,0	3,1	96
14.02.2016	Polojasno	4,0	3,3	96

3.5 Měření zapnutého systému



Obrázek 16 – Graf 31.1.
(Zdroj: vlastní)

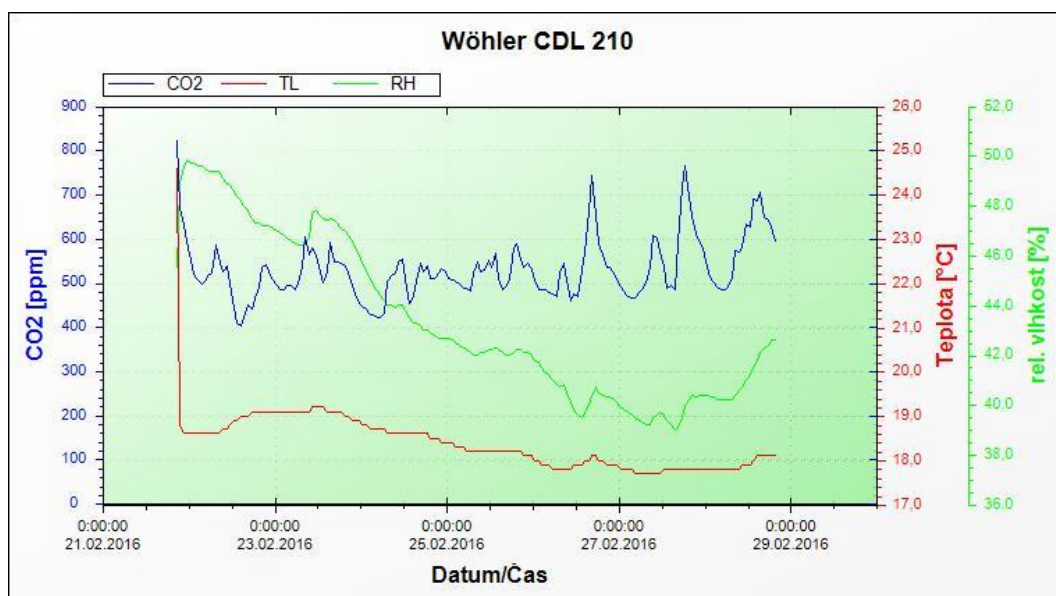
Hodnoty v kolektoru a počasí zachycuje následující tabulka:

Tabulka 5 - Počasí 30.1-31.1. (Zdroj: vlastní)

Datum	Počasí	Teplota [°C]	Teplota v kolektoru [°C]	Relativní vlhkost [%]
30.01.2016	Jasno	5,0	12,5	62
31.01.2016	Polojasno	5,0	7,6	73

Pokud tento graf porovnáme s výstupem, kdy byl systém ventilace vypnutý, zjistíme, že křivka teploty má stejný tvar, stejně tak průběh křivky CO₂ je velmi podobný. Můžeme tady velmi dobře pozorovat, kdy do mikroklimatu chodby zasáhl ventilační systém. I když teplota v kolektorech byla jen o necelé 3 °C vyšší oproti venkovní teplotě, se systém spustil a výrazně napomohl snížit vlhkost vzduchu na schodišti. Zároveň se tak snížila i koncentrace CO₂. Ne tak skokově, protože je ovlivněna přírůstkem použitého vzduchu z bytů, který se na chodbu dostává nelineárně.

Opět stejný trend potvrzuje i výstup z týdenního měření ve 3. patře:



Obrázek 17 - Graf 21.2.-28.2.
(Zdroj: vlastní)

Změny v koncentraci CO₂ jsou výraznější než na hodnoty s vypnutého systému, tak jako si můžeme všimnout na předcházejících grafech. Mikroklima je však v tomto ohledu na chodbách dobré, splňuje Pettenkoferovo kritérium, co je na tomto grafu důležité je snížení relativní vlhkosti vzduchu na schodišti. Můžeme pozorovat, že instalovaný systém SolarVenti plní svou funkci výborně. Během týdenního měření klesla relativní vlhkost z 50% na 39%, což je během krátké doby výrazný rozdíl 11% na tak velkém prostoru. K doplnění opět tabulka s počasím:

Tabulka 6 - Počasí 22.2.-29.2. (Zdroj: vlastní)

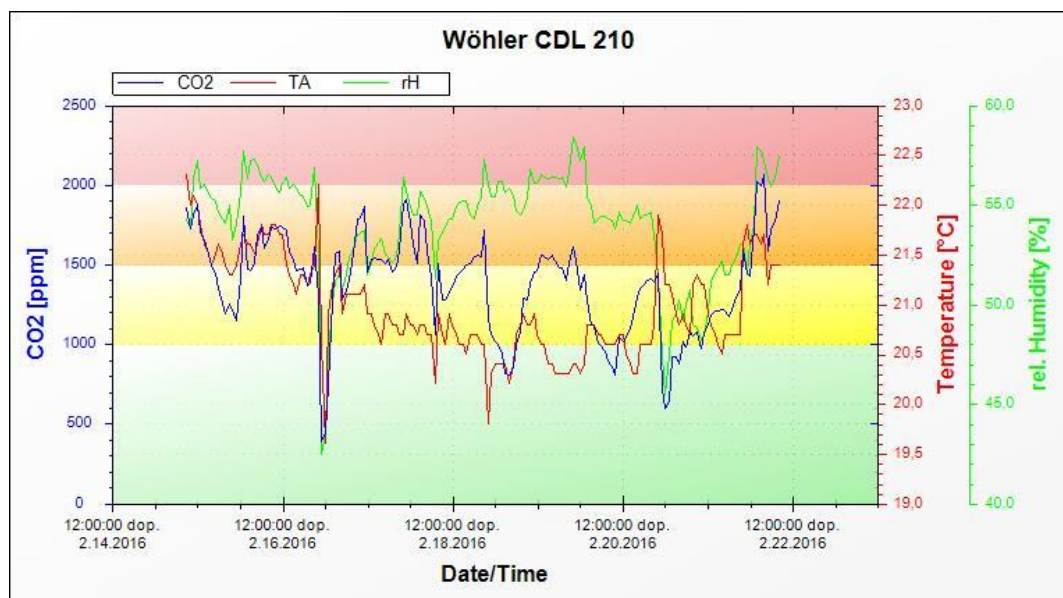
Datum	Počasí	Teplota [°C]	Teplota v kolektoru [°C]	Relativní vlhkost [%]
22.02.2016	Polojasno	10,0	12,7	68
23.02.2016	Polojasno	11,0	9,3	72
24.02.2016	Polojasno	6,0	6,8	80
25.02.2016	Polojasno	3,0	6,9	84
26.02.2016	Jasno	2,0	20,9	22
27.02.2016	Polojasno	3,0	3,7	80
28.02.2016	Polojasno	6,0	8,4	72
29.02.2016	Polojasno	7,0	8,5	74

3.6 Měření v bytě

Pro úplnost celé práce byly provedeny měření ve dvou bytech. Zde je situace úplně jiná, měřič může být umístěn do ideálního prostoru kamkoliv v bytě kde není v dosahu u oken nebo dveří ale zároveň je kolem něj dostatečný průtok vzduchu.

První z bytů obývají starší lidé ve věkovém rozmezí 70-80 let. Zde se měřilo v obývacím pokoji a na předsíni. Dveře do pokojů obyvatelé bytu téměř nezavírají, takže vzduch v bytě má možnost ideálně proudit.

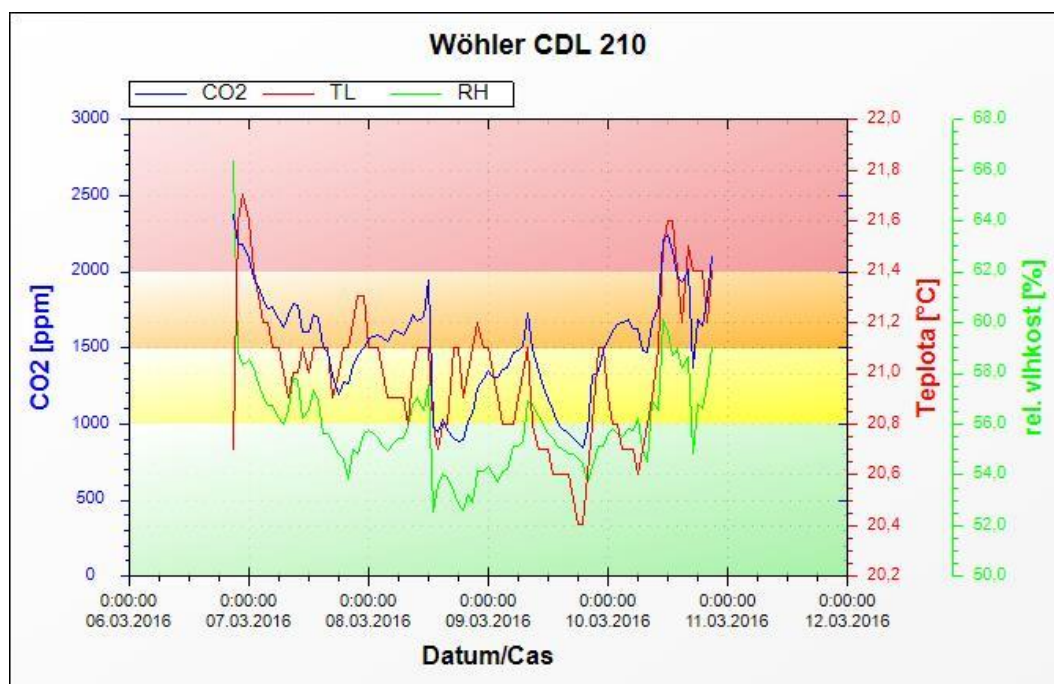
Následující graf zobrazuje hodnoty z obývacího pokoje, kde se měřilo 7 dní od 15. 2. do 21. 2.:



Obrázek 18 – Graf 15.2.-21.2.
(Zdroj: vlastní)

Na tomto grafu vyniká rozložení hranic CO₂. Průměrná teplota se v této místnosti pohybovala na 21°C, průměrná vlhkost v průběhu měření byla 54%, což je pro člověka příjemná hodnota. Bez hlubšího zkoumání je ale jasné, že koncentrace CO₂ je nevyhovující. Průměrná hodnota koncentrace CO₂ je zde 1376 ppm, maximální naměřená pak 2064 ppm. Z grafu jsou viditelná 4 větší větrání a pár menších během týdne, což je velmi málo. Zajímavý je jev prvního velkého větrání z 16. 2 v 11:00. Očividně bylo intenzivně vyvětráno. Vzhledem k otevřeným dveřím, však kromě poklesu teploty v pokoji, mělo jen velmi krátkodobý účinek. Z tohoto měření plyne jeden ze závěrů, že krátkodobé větrání jedné místnosti, celému bytu zdaleka nestačí.

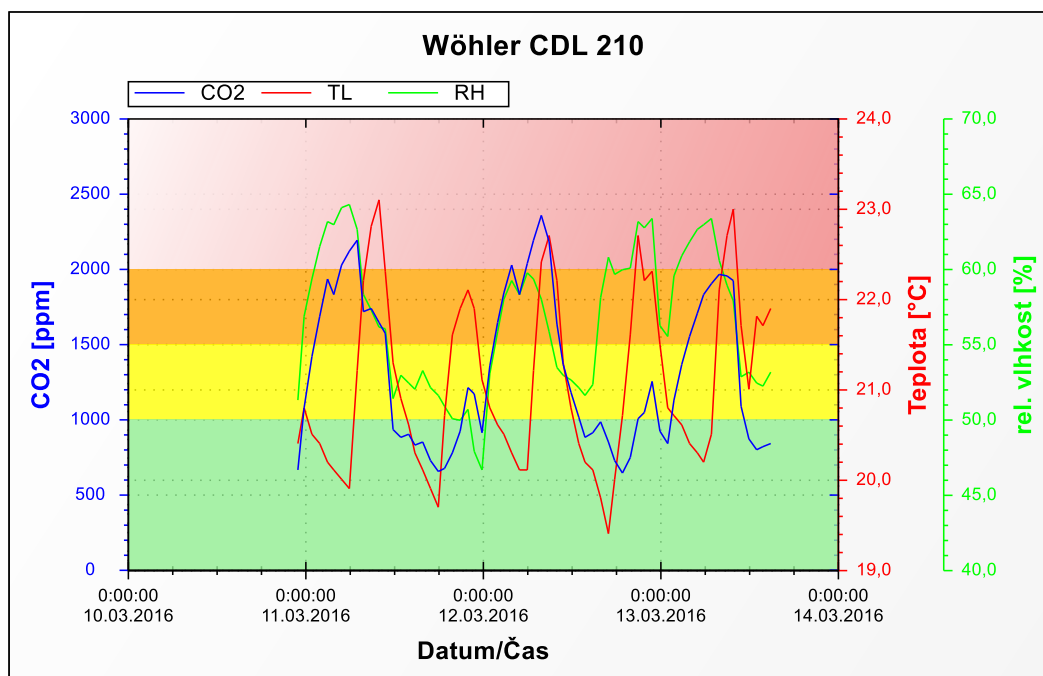
Tento graf zachycuje měření z předsíně bytu:



Obrázek 19 – Graf 7.3.-11.3.
(Zdroj: vlastní)

Jediné, co je na grafu stejné s grafem obývacího pokoje, je křivka teploty. Vlhkost vzduchu a koncentrace CO₂ je tady velmi ovlivněna právě vchodovými dveřmi do bytu, kterými se do bytu dostává čerstvý vzduch z ventilačního systému. Všimněme si, že křivka CO₂ a vlhkosti vzduchu spolu korespondují.

Druhý měřený byt je obývaný studenty ve věku 20-30 let. Měřená místnost je ložnice 5 x 4,8m, ve které spí dvě osoby. Zde se měřilo jen 3 dny od 11. do 13. 3. Tak krátké měření v tomto případě stačilo.



Obrázek 20 – Graf 11.3.-13.3.
(Zdroj: vlastní)

Zajímavé na tomto měření je fakt, že graf má zcela jiný a opakující se charakter. Průměr hodnoty koncentrace CO₂ je zde téměř stejný jako v obývacím pokoji předchozího bytu, 1325 ppm. Času, kdy je mikroklima vyhovující, je tady ale podstatně více. Objevuje se tu opakující se trend, kdy je večer před spánkem vyvětráno (místnost je většinu času uzavřena) na příjemnou hodnotu cca 650 ppm, během noci koncentrace prudce roste až k hodnotě 2350, které dosáhne kole 8-9 hodiny ranní. Poté je místnost opuštěna a hodnota koncentrace klesá. Tento trend se v grafu opakuje. Z grafu také můžeme vyčíst, že dva dospělí lidé zvýší koncentraci CO₂ přibližně o 1 000 ppm za 3 hodiny spánku.

Do této doby byly okna v noci neprodyšně uzavřena. Můžeme však pozorovat na posledním večeru v grafu jiného průběhu křivky CO₂. Poslední měřený večer hodnota nepřekonalala hranici 2 000 ppm a vrátila se rychleji do hodnot pod 1000 ppm než předchozí večery. Bylo tak dosaženo použitím mikro ventilace na dvou oknech ze tří. Mikroventilace tedy nemá dostačující účinek větrání, sníží však hodnotu koncentrace CO₂ i o 400 ppm aniž by výrazně ovlivnila teplotu v místnosti. Pro zdravý spánek je ale potřeba intenzivnější výměny vzduchu

3.7 Náklady a úspora

Kdo dnes přemýšlí o investici do zateplování, zpravidla se o vzduchotechnické systémy nezajímá. Pokud uvažujeme o instalaci systémů s rekuperací tepla, zejména se ptáme na ekonomickou návratnost rekuperace vyplývající z energetických úspor. Ta se jistě dá vyčíslit při zadání počátečních stavů a ceny nakupované energie. Má však delší návratnost, než jakékoli další opatření, které se provádí z hlediska úspor energií (například výměna oken).

V České republice jsou podmínky pro využití solární energie poměrně dobré. Průměrný počet hodin solárního svitu bez oblačnosti se pohybuje okolo 1460 hodin za rok. Na 1 m² průměrně ročně dopadne 1100 kWh energie. Z čehož na období od dubna do října připadá 75%²⁵. Na jižně orientované svislé plochy dopadne za červenec cca 90 kWh. V lednu činí energetický zisk zhruba třetinu²⁶. Nejmenší počet hodin solárního svitu a sumu globálního záření má severozápad území. Směrem na východ hodnoty narůstají.

4 ks SolarVenti Profesional panelů má celkovou plochu 8 m². Panely tedy poskytují energetický přírůstek ve formě předeřátého vzduchu, na celkem 8 m² x 650 W/m² = 5.200 Wattů. Energie pro pohon ventilátorů je cca 70 Wattů (230 V - 500 m³/hod). To znamená, že roční energetický zisk je cca 6.450 kWh.²⁷

Popisovaná realizace byla realizována v roce 2015 jako první tohoto typu v České republice. Do provozu byla uvedena až koncem roku, a tak je velmi obtížné přesné vyčíslení dosahovaných úspor. Ve sledovaném období únor, březen 2016 bylo velmi málo slunečných dnů, což dokládá i tabulka počasí v jednotlivých dnech:

Tabulka 7 - Souhrnná tabulka počasí (Zdroj: vlastní)

Datum	Stav	Počasí	Venkovní teplota	Teplota v kolektoru	Relativní vlhkost	Vlhkost
30.01.2016	ON	Jasno	5,0	12,5	62	6,9
31.01.2016		Polojasno	5,0	7,6	73	5,9
01.02.2016		Zataženo	5,0	3,5	96	5,9
02.02.2016		Polojasno	8,0	10,8	67	6,7
03.02.2016		Polojasno	8,0	8,4	67	5,7
04.02.2016		Polojasno	5,0	3,1	71	4,3
05.02.2016		Polojasno	4,0	4,0	88	5,6
06.02.2016		Polojasno	4,0	3,9	87	5,5
07.02.2016		Jasno	5,0	11,5	62	6,4
08.02.2016		OFF	Zataženo	6,0	6,4	82
09.02.2016	Jasno		7,0	27,0	22	6,2

²⁵ Srov. SolarVenti Česká republika. <http://www.solarventi.cz/produkt/solarventi-industrial-14.html>

²⁶ Srov. POČINKOVÁ, M., ČUPROVÁ, D., RUBINOVÁ, O. *Úsporný dům*, s. 18

²⁷ Srov. tamtéž, s. 133

10.02.2016		Déšť	8,0	4,6	97	6,4
11.02.2016		Polojasno	4,0	3,0	98	5,9
12.02.2016		Polojasno	3,0	2,2	90	5,1
13.02.2016		Oblačno	5,0	3,1	96	5,8
14.02.2016		Polojasno	4,0	3,3	96	5,8
15.02.2016	Byt	Zataženo	8,0	6,3	96	7,1
16.02.2016		Jasno	6,0	4,7	89	5,9
17.02.2016		Zataženo	4,0	5,0	77	5,3
18.02.2016		Déšť	7,0	9,0	94	7,3
19.02.2016		Déšť	6,0	3,4	96	5,8
20.02.2016		Polojasno	4,0	6,7	96	7,1
21.02.2016	Zataženo	5,0	8,1	83	6,9	
22.02.2016	ON	Polojasno	10,0	12,7	68	7,6
23.02.2016		Polojasno	11,0	9,3	72	6,5
24.02.2016		Polojasno	6,0	6,8	80	6,1
25.02.2016		Polojasno	3,0	6,9	84	6,4
26.02.2016		Jasno	2,0	20,9	22	4,8
27.02.2016		Polojasno	3,0	3,7	80	5,0
28.02.2016		Polojasno	6,0	8,4	72	6,1
29.02.2016		Polojasno	7,0	8,5	74	6,3
01.03.2016	OFF	Polojasno	5,0	2,7	82	4,8
02.03.2016		Sněžení	2,0	3,8	88	5,6
03.03.2016		Déšť	5,0	3,8	94	5,9
04.03.2016		Jasno	5,0	4,8	88	5,9
05.03.2016		Jasno	4,0	12,8	68	7,6
06.03.2016		Polojasno	7,0	11,5	67	7,2
07.03.2016	Déšť	7,0	3,9	84	5,3	
08.03.2016	Byt	Polojasno	6,0	6,0	86	6,3
09.03.2016		Polojasno	5,0	4,2	92	6,0
10.03.2016		Polojasno	4,0	7,1	80	6,2
11.03.2016		Polojasno	7,0	6,1	71	5,2
12.03.2016		Polojasno	7,0	8,7	71	6,2
13.03.2016		Polojasno	6,0	7,5	70	5,6
14.03.2016		Jasno	4,0	25,0	16	3,6
15.03.2016		Jasno	5,0	23,0	71	4,5
16.03.2016	Polojasno	4,0	4,3	70	5,0	
17.03.2016	Jasno	6,0	22,1	21	4,2	
18.03.2016	Jasno	9,0	27,0	17	4,5	

Jak je uvedeno výše, tabulka zaznamenává hodnoty z 8. hodiny ranní. Vzhledem k teplotním podmínkám našeho klimatického pásma jsou teploty v těchto hodinách nízké. Teploty v panelu však v odpoledních hodinách běžně překračují 30 °C a v čistě slunečných dnech nejsou výjimkou ani teploty nad 40 °C!

Počasí, zateplení domu, plastová okna, to vše ovlivňuje výsledek měření. Zejména pak teplotní setrvačnost chodby, která se v průběhu měření pohybovala na 18°C.

Ventilaci by bylo dle poznatků z měření, potřeba vypnout nejméně na deset dní, aby teplota na chodbě za venkovních teplot v měřeném období kolem 6 °C znatelně poklesla.

Lze však předpokládat, že výsledky v úspoře tepla v bytech se jistě dostaví, protože stěny bytu nejsou z chodby ochlazovány a ještě ohřátým vzduchem v průběhu dne temperovány. Hodnoty vlhkosti před realizací projektu nebyly sledovány, také z mého měření ukazují, že tato hodnota se pohybuje níž než venková hodnota zaznamenávaná čidlem v solárním vzdušném panelu.

Náklady na realizaci stavby je možné rozdělit na náklady:

- **Projekční**

Například statické posouzení, projekt, požárně-bezpečnostní řešení a podobně, které v tomto případě činili cca 10 000 Kč pro jeden vchod panelového domu.

- **Montážní**

Komponenty systému, strojní montáž, elektromontáže a měření a regulace, které činily cca 100 000 Kč pro každý z vchodů.

Vyčíslení reálných úspor lze zatím vyčíslit velmi těžko, zvažme proto, zda bychom k vyčíslování návratnosti těchto zařízení neměli započítat také zlepšení pobytového prostředí a snížení možných zdravotních problémů osob, které vlastně pobývají v nezdravém prostředí. Z tohoto hlediska by mělo být nucené větrání, nejlépe s rekuperací tepla, součástí každé novostavby nebo zásadní rekonstrukce.

Závěr

Cílem práce bylo představit systém větrání v panelovém domě využívající solární energii a zjistit jeho reálné hodnoty. Projekt byl vybudován a v průběhu práce byly změřeny hodnoty mikroklimatu v prostorách schodiště panelového domu ale i v obytných prostorech.

Naměřené hodnoty ukazují výrazné snížení vlhkosti vzduchu v důsledku činnosti větracího systému. K poklesu došlo i v koncentraci CO₂ a citelnému snížení odorantům v prostorách chodeb.

Měřením vyšlo najevo, že v obývaných místnostech je mikroklima velmi špatné, hlavně z důvodu hodnoty CO₂, která vysoce překračovala limity pro dlouhodobý pobyt udávané Pettenkoferovým kritériem. V ložnicích byla naměřena hodnota přesahující i hranici 3000 ppm v ranních hodinách! Podobně na tom byly i obývací pokoje a další místnosti, kde se lidé zdržují delší dobu. Větrání v nově stavěných nebo rekonstruovaných domech můžeme samozřejmě provádět i nadále okny, ale ze zkušeností a měření prostředí vyplývá, že pokud vyměníme okna a nezměníme zvyk větrat pouze jednou či dvakrát denně, zvýší se koncentrace CO₂ zejména v nočních hodinách nad maximální doporučenou úroveň.

Zároveň byl během měření zjištěn fakt, že krátkodobé, intenzivní vyvětrání, nemá větší účinek. Je proto potřeba větrat pouze jednu místnost, do které jsou zavřené dveře, nebo větrat intenzivněji a v celém bytě současně.

Dalším závěrem z měření v pokojích je fakt, že mikro ventilace na oknech sice nemá účinek dostačující, ale pomůže k dosažení lepšího mikroklimatu.

Z výše uvedených důvodů je na zvážení druhá zmiňovaná varianta projektu a to větrat opačným směrem tedy ne z chodby domu do bytů, ale namontovat panely na lodžie a větrat a vytápět komunikační prostory z bytů. Ideálně zvolit kombinaci těchto dvou instalací.

Z dotazování obyvatel domu je ale jasné že vnímají investici velmi kladně. Shodně pozorují zlepšení tepelné pohody na chodbách a schodišti, stejně jako čistý vzduch bez obtěžujících odérů, které dříve na chodbách a v prostoru výtahu byly časté a obtěžující.

Celkový závěr z měření projektu je kladný, tedy že projekty tohoto typu se na panelových domech vyplatí. Účinně sníží vlhkost v domě, zvýší kvalitu mikroklimatu a tím zvýší uživatelský komfort pro obyvatele domu.

Z naměřených hodnot je ale také alarmující závěr, že lidé ve svých bytech a obydlich žijí v nezdravém mikroklimatu a jejich větrací návyky by se měly změnit, nebo by měli přejít k řešení strojové nucené ventilace. Tento výsledek otevírá prostory k dalším pracím.

Anotace

Příjmení a jméno autora:	Robert Hejtmánek
Instituce:	Moravská vysoká škola Olomouc
Název práce v českém jazyce:	Využití obnovitelných zdrojů energie v panelovém domě
Název práce v anglickém jazyce:	Use of reusable resources of energy in block of flats
Vedoucí práce:	RNDr. Ing. Miroslav Rössler, CSc., MBA
Počet stran:	49 stran
Počet příloh:	0
Rok obhajoby:	2016
Klíčová slova v českém jazyce:	Větrání, CO ₂ , solární energie, mikroklíma, vzdušný panel, SolarVenti, panelový dům.
Klíčová slova v anglickém jazyce:	Ventilation, CO ₂ , solar power, microclimate, air panel, SolarVenti, block of flats

Práce se zabývá využitím solárních vzdušných panelů na panelovém domě, ve formě větrání veřejných prostor a současného vytápění. Obsahuje jak výběr a možnosti panelů tak jejich instalaci. Jsou uvedeny výstupy měření mikroklimatu ve veřejných prostorech. Na základě provedených měření je posouzeno, zda se investice do této technologie na obytném domě vyplatí. V práci jsou zahrnuta i měření mikroklimatu v bytech a jejich zhodnocení.

This thesis is concerned with the use of solar air collectors in an apartment building for ventilation and heating of the hallways. Selection from variety of systems is offered and their installation is described. Results of the microclimate measurement in the hallways are also presented. Based on these measurements, the efficiency of the investment in the hot air collector system for the use in apartment building is evaluated. The microclimate measurements in individual apartments are also included and evaluated within the thesis.

Literatura a prameny

CHYBÍK, Josef. *Energeticky úsporná výstavba*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012. ISBN 978-80-7204-813-7.

POČINKOVÁ, Marcela, Danuše ČUPROVÁ a Olga RUBINOVÁ. *Úsporný dům*. 1. vyd. Brno: CPress, 2012. Stavíme. ISBN 978-80-264-0014-1.

VYSKOČIL, Vlastimil K a František KUDA. *Management podpůrných procesů: facility management*. 2., dopl. vyd. Praha: Professional Publishing, 2011. ISBN 978-80-7431-046-1.

ENERGY CONSULTING SERVICE, S.R.O. a Roman ŠUBRT. *Mikroklima ve veřejných budovách jako důvod instalace rekuperace*. České Budějovice, 2011.

ZMRHAL, Vladimír. *Větrání rodinných a bytových domů*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2014. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4573-2.

MCMANUS, Neil. *Safety and health in confined spaces*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, c1999. ISBN 15-667-0326-3.

Větrání v bytových domech a v panelové výstavbě. Portál o bydlení [online]. Praha, 2015 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://www.portalobydleni.cz/cilove-skupiny/majitel/regenerace/vytapeni-a-vetrani/>

Carbon Dioxide (CO₂). The International Volcanic Health Hazard Network [online]. Durham (Velká Británie), 2016 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: http://www.ivhnn.org/index.php?option=com_content&view=article&id=84

Ceny tepelné energie 2016: Cenová lokalita Olomouc. OLTERM&TD [online]. Olomouc, 2016 [cit. 2016-03-14]. Dostupné z: <http://www.olterm.cz/teplo/ceny>

Aktuální (průměrná) cena 1 kWh elektřiny. Energie123.cz [online]. 2016 [cit. 2016-03-14]. Dostupné z: <http://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>

ZIKÁN, Zdeněk. *Oxid uhličitý - utajený nepřítel* [online]. 2014 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/7132-oxid-uhlicity-utajeny-nepritel>

SolarVenti Česká republika [online]. Svitavy: SolarAir, 2016 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.solarventi.cz/>

Zátěž vlhkostí. Plastokno [online]. Praha, 2010 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: <http://www.plastova-okna-plastokno.cz/chytra-okna-prikklad>

Značka kvality Q. Asociace pro využití tepelných čerpadel [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.avtc.cz/?page=znacka-kvality-q>

Princip tepelného čerpadla. Abeceda tepelných čerpadel [online]. 2009 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/princip-tepelneho-cerpadla>

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Schéma tepelného čerpadla.....	16
Obrázek 2 - Logo ehpa.....	17
Obrázek 3 - Energetický štítek budovy.....	23
Obrázek 4 – Schéma vzdušného panelu	24
Obrázek 5 – Schéma panelu professional	25
Obrázek 6 – Vzdušný panel professional	26
Obrázek 7 – Příprava pro panely	27
Obrázek 8 – Výsledná podoba střechy	27
Obrázek 9 - Strojovna výtahu	28
Obrázek 10 – Schodiště	29
Obrázek 11 – H3061	30
Obrázek 12 – Regulátory Multivac.....	30
Obrázek 13 – Dálkové ovládání.....	30
Obrázek 14 – Graf 14.2.....	31
Obrázek 15 - Graf 8.2.-13.2.....	33
Obrázek 16 – Graf 31.1.....	34
Obrázek 17 - Graf 21.2.-28.2.....	35
Obrázek 18 – Graf 15.2.-21.2.	36
Obrázek 19 – Graf 7.3.-11.3.	37
Obrázek 20 – Graf 11.3.-13.3.	38

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Hodnoty koncentrace CO ₂	12
Tabulka 2 - Údaje o vlhkosti v bytech.....	14
Tabulka 3 - Počasí 14.2.....	32
Tabulka 4 - Počasí 8.2.-14.2.	33
Tabulka 5 - Počasí 30.1-31.1.	34
Tabulka 6 - Počasí 22.2.-29.2.	35
Tabulka 7 - Souhrnná tabulka počasí.....	39