

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**



**INDIVIDUÁLNÍ PROSTOROVÁ REGULACE PRO  
HOTELY**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2018**

**MICHAEL MIŇOVSKÝ**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Miňovský** Jméno: **Michael** Osobní číslo: **397858**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra měření**  
Studijní program: **Inteligentní budovy**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Individuální prostorová regulace pro hotely**

Název diplomové práce anglicky:

**Individual Room Control for Hotels**

Pokyny pro vypracování:

Proveďte detailní zhodnocení různých systémů individuální prostorové regulace využitelných pro řízení vytápění hotelového pokoje. V rozsahu diplomové práce dále zhodnoťte možnosti využití prostorové regulace (primárně určené pro kancelářské budovy) pro hotelové pokoje. Pro účely testování vytvořte jednoduchý demonstrační panel, který bude propojen s grafickou centrálou. Grafická centrála bude umožňovat záznam dat zaznamenaných prostorovým termostatem. Výsledek diplomové práce by měl uvádět detailní doporučení na systémy, které lze využít v hotelových pokojích, aby bylo dosaženo největších energetických úspor za dodržení požadovaného komfortu.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Electricity and Controls for HVAC/R, 6th Edition; Stephen L. Herman, Bennie L. Sparkma
- [2] Fundamentals of HVAC control systems ; Ross Montgomery, Robert Mcdowall
- [3] Hermann M. a kol.: Automatizované systémy budov, Grada Publishing a.s., Praha 2009

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Václav Matz, Ph.D., Honeywell Praha**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **14.02.2018**

Termín odevzdání diplomové práce: \_\_\_\_\_

Platnost zadání diplomové práce:

**do konce letního semestru 2018/2019**

Ing. Václav Matz, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

**- 2 -05- 2018**

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

## **ANOTACE**

Práce se zabývá systémy individuální prostorové regulace (IPR) - hlavně těmi jež jsou využitelné v hotelech. Otázka regulace je pojata komplexně a mj. v souvislosti se systémy pro správu budovy (SSB), které tvoří širší rámec problematiky. Na základě detailního rozboru jednotlivých systémů a analýzy dat z hotelového pokoje je formulováno doporučení na optimální regulaci hotelových pokojů. Ta má za cíl maximální energetické úspory za současného zachování uživatelského komfortu. Vlastní analýza je zpracována na základě týdenního vývoje teplotně-tolerančních časových pásem a údajů o obsazenosti a pronajatosti hotelového pokoje řízeného systémem správy pokoje (SSP). Tato data jsou interpretována prostřednictvím softwarového nástroje Inncontrol 3. To napovídá, že prakticky studovaným systémem je Honeywell Inncom. Závěrem analýzy je, že optimální regulaci hotelového pokoje poskytují systémy pro správu pokoje. Regulace založená na příjmu časových programů z SSB je oproti nim do hotelů nevhodná. Ostatní technologie IPR naopak postrádají možnost regulace nezávisle na hotelových hostech a personálu. K závěru že SSP poskytují velké zlepšení efektivity a úspory docházejí i jiné studie, které jsou taktéž rozebírány. Součástí práce je demonstrační panel osazený řídicími moduly a senzory. S panelem je možné bezdrátově komunikovat buď pomocí počítače nebo tabletu a sledovat údaje zaznamenané prostorovým termostatem.

## **Klíčová slova**

Energie, úspora, regulace, hotely, RMS, BMS, EMS, systém pro správu pokoje, systém pro správu budovy, systém energetického managementu, individuální prostorová regulace

## **ABSTRACT**

The subject of this work is individual room control (IRC) - especially the systems used in a hotel. The topic of control is understood broadly and among others in the context of BMS or Building Management Systems that form a wider framework of the issue. On the basis of a detailed analysis of the respective systems and the analysis of hotel room data, a recommendation is given on the optimal control for hotel rooms. Its goal is to maximise energy savings while simultaneously maintaining the user's comfort. The author's own analysis is based on a week-long behaviour of the thermal-tolerant bands and the occupancy and rent status data in a hotel room managed by the Room Management System (RMS). This data is interpreted using the Inncontrol 3 software tool. That suggests that the system studied in practice is Honeywell Inncom. The result of the analysis is that Room Management Systems provide optimal control of a hotel room. Compared to these, control based on receiving time programmes from the BMS is inappropriate for hotels. On the contrary, other IRC technologies lack the option of a guest- and staff-independent control. Other analysed studies also confirm that the RMS brings large efficiency improvements and savings. A demonstration panel fitted with control modules and sensors, makes an integral part of this work. It is possible to communicate wirelessly with it using either a computer or a tablet and observe the data captured by the room thermostat.

## **Key words**

Energy, savings, control, hotels, RMS, BMS, EMS, Room Management System, Building Management System, Energy Management System, Individual Room Control

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

**DATUM A PODPIS**

## **PODĚKOVÁNÍ**

Mnohokrát děkuji za velikou podporu a vedení Ing. Václavu Matzovi, PhD. a všem dalším, kteří mi byli radou či jinak nápomocni.

## Obsah

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>8</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>11</b>
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>12</b>
1.1 STRUKTURA A CÍL PRÁCE .....	12
1.2 SYSTÉMY INDIVIDUÁLNÍ PROSTOROVÉ REGULACE.....	15
1.2.1 Ruční regulační ventily .....	15
1.2.2 Termostatické hlavice.....	15
1.2.3 Programovatelné termostatické hlavice .....	15
1.2.4 Prostorové termostaty.....	16
1.2.5 Zónové regulační systémy .....	17
1.3 ZDROJE TEPLA A CHLADU .....	18
1.3.1 Fan-coily.....	19
1.4 PRINCIPY REGULACE - ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI.....	21
1.4.1 Druhy regulace.....	22
1.4.2 Regulátory .....	23
.....	24
1.4.3 Regulace příkonu tepla .....	24
1.5 SYSTÉM PRO SPRÁVU BUDOVY .....	25
1.5.1 Principy a cíle.....	25
1.5.2 Architektura .....	25
1.5.3 SSB a časové programy .....	26
1.6 SYSTÉM PRO SPRÁVU POKOJE.....	28

<b>2 SYSTÉM PRO SPRÁVU POKOJE – ANALYZOVANÝ HOTEL</b> .....	<b>29</b>
2.1 ARCHITEKTURA.....	29
2.2 KOMPONENTY .....	34
2.2.1 PC-502.....	34
.....	34
2.2.2 Dveřní kontakt S241 .....	36
2.2.3 PIR (pasivní infračervený) detektor pohybu .....	38
2.2.4 Reléová jednotka X47.....	42
2.2.5 Okrajový router B574 .....	43
2.3 SOFTWARE .....	45
<b>3 DEMONSTRAČNÍ PANEL</b> .....	<b>47</b>
3.1 CAD MODEL .....	47
3.2 ELEKTRICKÉ SCHÉMA A VÝPOČTY.....	51
3.3 MODULY .....	52
3.3.1 CLCMTR42 -H-CO <sub>2</sub> .....	52
3.3.2 RV-WMB.....	53
3.3.3 Smart digital thermostat E527.....	53
3.3.4 PCD7.D443WT5R .....	54
3.3.5 MODEVA.....	56
3.3.6 CLCM1H112.....	58
3.3.7 HCU23 .....	59
3.4 ZÁZNAM DAT .....	60
<b>4 DOPORUČENÍ NA SYSTÉMY DO HOTELŮ (ANALÝZA)</b> .....	<b>62</b>

4.1	FILADELFIE.....	62
4.1.1	<i>Bilance</i> .....	63
4.2	NEVADA.....	67
4.3	ANALÝZA VLASTNÍCH DAT .....	69
4.3.1	<i>Prodlevy</i> .....	69
4.3.2	<i>Teplotně-toleranční pásma</i> .....	71
4.3.3	<i>Obsazenost</i> .....	75
4.3.4	<i>Korelace</i> .....	76
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>78</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>79</b>
<b>7</b>	<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>82</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1	PROGRAMOVATELNÁ HLAVICE (MATZ, 2009B) .....	16
OBRÁZEK 2	TERMOSTAT HONEYWELL CM707 (TIPA, 2018).....	16
OBRÁZEK 3	BEZDRÁTOVÝ ZÓNOVÝ SYSTÉM – BEZDRÁTOVÉ REGULÁTORY OT (HLAVICE) A ŘÍDICÍ JEDNOTKA (CENTRALINE.COM, 2016) .....	17



OBRÁZEK 4 FAN-COIL (VENTILÁTOROVÝ KONVEKTOR); DVOUSTRUBKOVÝ ROZVOD, RUČNÍ ŘÍZENÍ OTÁČEK VENTILÁTORU (HEMZAL, 2007).....	19
OBRÁZEK 5 PŘÍPRAVA VODY PRO FAN-COILY, DVOUSTRUBKOVÝ PŘEPÍNAČÍ SYSTÉM (HEMZAL, 2007) .....	20
OBRÁZEK 6 FAN-COIL (VENTILÁTOROVÝ KONVEKTOR); ČTYŘTRUBKOVÝ VODNÍ ROZVOD, VÝMĚNÍKY ODDĚLENÉ – VLEVO, SPOLEČNÝ VÝMĚNÍK SE SEKVENČNĚ PŮSOBÍCÍMI VENTILY – VPRAVO (HEMZAL, 2007) .....	21
OBRÁZEK 7 REGULÁTOR S REGULAČNÍ SOUSTAVOU VE ZPĚTNÉ VAZBĚ (HEMZAL, 2007) .....	22
OBRÁZEK 8 REGULAČNÍ POCHODY S RŮZNÝMI TYPY REGULÁTORŮ VYVOLANÉ SKOKOVOU ZMĚNOU PORUCHOVÉ VELIČINY, 1 - BEZ REGULÁTORU, 2 - P REGULÁTOR, 3 - I REGULÁTOR, 4 - PI REGULÁTOR, 5 - PID REGULÁTOR, 6 - IDEÁLNÍ REGULÁTOR, Z - PORUCHOVÁ VELIČINA, X - REGULOVANÁ VELIČINA, $X_s$ – POŽADOVANÁ HODNOTA REGULOVANÉ VELIČINY, $\gamma$ – AKČNÍ VELIČINA, $E_w$ – REGULAČNÍ ODCHYLKA (BAŠTA, 2014).....	24
OBRÁZEK 9 MODEL SYSTÉMOVÉ INTEGRACE SSB (KUČERA, 2014) .....	25
OBRÁZEK 10 SCHÉMA PROSTOROVÉ REGULACE INTEGROVANÉ V SSB 10 .....	27
OBRÁZEK 11 SCHÉMA SSP .....	29
OBRÁZEK 12 KOMPLEXNÍ ZAPOJENÍ TAK JAK JE REALIZOVÁNO V ANALYZOVANÉM HOTELU (HONEYWELL, 2015) .....	30
OBRÁZEK 13 OVLADAČE OSVĚTLENÍ A JEJICH ZAPOJENÍ V SYSTÉMU (HONEYWELL, 2015) .....	30
OBRÁZEK 14 ZAPOJENÍ TERMOSTATŮ V SÍŤOVÉ INSTALACI BEZ ROZŠÍŘENÍ TŘETÍCH STRAN. NAHOŘE DRÁTOVÁ, DOLE BEZDRÁTOVÁ VARIANTA – ANALYZOVANÁ JE TA SPODNÍ (HONEYWELL, 2015).....	31
OBRÁZEK 15 SYSTÉMY V HOTELU (HONEYWELL, 2015) .....	32
OBRÁZEK 16 SCHÉMA HLUBOKÉ MESH SÍŤE (HONEYWELL, 2015).....	32

OBRÁZEK 17 ZAPOJENÍ V POKOJI (BEZ DETEKTORU PIR A DVEŘNÍHO MAGNETICKÉHO KONTAKTU KTERÉ JSOU V MÍSTNOSTECH SAMOZŘEJMĚ TAKÉ). NEJEDNÁ SE O OSTROVNÍ INSTALACI ALE O NEJMENŠÍ JEDNOTKU NAŠÍ HMS INSTALACE. (HONEYWELL, 2015) .....	33
OBRÁZEK 18 SBĚRNICE VYŽÍVANÁ PRO KOMUNIKACI UVNITŘ POKOJE (HONEYWELL, 2015) .....	34
OBRÁZEK 19 MODUL PC-502 (INNCOM.COM, 2017) .....	34
OBRÁZEK 20 UMÍSTĚNÍ KONTAKTU.....	36
OBRÁZEK 22 DVEŘNÍ KONTAKT MAGNETICKÝ BEZDRÁTOVÝ .....	36
OBRÁZEK 21 DVEŘNÍ KONTAKT MAGNETICKÝ .....	36
OBRÁZEK 23 OPTIMÁLNÍ UMÍSTĚNÍ DETEKTORU.....	39
OBRÁZEK 24 NEVHODNÉ UMÍSTĚNÍ DETEKTORU .....	39
OBRÁZEK 25 BEZDRÁTOVÁ VARIANTA K 594.RF.....	40
OBRÁZEK 26 DETEKČNÍ CHARAKTERISTIKA PLOCHÉHO MODULU A STANDADRNÍHO MODULU (OBR. 23-26 A TABULKA Č. 3 DLE HONEYWELL, 2013) .....	40
OBRÁZEK 27 JEDNOTKA X47.....	42
OBRÁZEK 28 TYPICKÉ ZAPOJENÍ FCU (OBRÁZEK 23 A 24 A TABULKA DLE HONEYWELL, 2017C) .....	42
OBRÁZEK 29 MODUL B74 VARIANTA INSTALOVANÁ NA DIN LIŠTU .....	43
OBRÁZEK 30 MODUL B574 VARIANTA INSTALOVANÁ NA ZEĎ.....	43
OBRÁZEK 31 CELKOVÝ POHLED NA BUDOVU .....	45
OBRÁZEK 32 POHLED NA STATISTIKY GRAFICKÝ.....	46
OBRÁZEK 33 POHLED NA STATISTIKY TABULKOVÝ (OBRÁZKY Č. 27-29 DLE HONEYWELL 2015) .....	46
OBRÁZEK 34 ČELNÍ POHLED NA PANEL .....	47
OBRÁZEK 35 ŠIKMÝ POHLED NA PANEL (1) .....	48
OBRÁZEK 36 ŠIKMÝ POHLED NA PANEL (2) .....	49
OBRÁZEK 37 ZADNÍ POHLED NA PANEL .....	50

OBRÁZEK 38 MODUL CLCMTR42-H-CO <sub>2</sub> .....	52
OBRÁZEK 39 MODUL RV-WMB (TREND.COM, 2016).....	53
OBRÁZEK 40 TERMOSTAT E527 (HONEYWELL, 2017A) .....	53
OBRÁZEK 41 WEB PANEL (SBC-SUPPORT.COM, 2018) .....	54
OBRÁZEK 42 INSTALACE MODULU (SBC-SUPPORT.COM, 2018).....	56
OBRÁZEK 43 TERMOSTAT MODEVA (HONEYWELL, 2015, TABULKA Č. 9 DTTO).....	56
OBRÁZEK 44 MODUL CLCM1H112 .....	58
OBRÁZEK 45 MODUL HCU23 .....	59
OBRÁZEK 46 SPUŠTĚNÝ DEMONSTRAČNÍ PANEL A ZÁZNAM DAT .....	60
OBRÁZEK 47 SPUŠTĚNÝ DEMONSTRAČNÍ PANEL A ZÁZNAM DAT .....	60
OBRÁZEK 48ABC PROVÁZANOST SYSTÉMU INNCONTROL 3 A TERMOSTATU – NASTAVENÁ TEPLOTA ČILI SETPOINT (B), AKTUÁLNÍ (C).....	61

## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1 – NAMĚŘENÉ A VYPOČTENÉ HODNOTY ZE STUDIE VE FILADELFII (INNCOM.COM, 2012).....	82
PŘÍLOHA 2 VYEXPORTOVANÉ PRŮBĚHY SLEDOVANÝCH VELIČIN V HOTELU PO DNECH.....	83
PŘÍLOHA 3 PRŮBĚHY SLEDOVANÝCH VELIČIN V HOTELU DLE INNCONTROL 3. CELÝ TÝDEN A NÁSLEDNĚ JEDNOTLIVÉ DNY.....	87

# 1 ÚVOD

## 1.1 STRUKTURA A CÍL PRÁCE

Energetická efektivita je alfou a omegou dnešní doby, týká se technologických řešení, způsobu uvažování i stylu života. Tato práce se zaměřuje na problematiku energetické efektivity v hotelích, na možnosti které existují a výhody, jež přinášejí.

V první části bude podrobně rozebrána individuální prostorová regulace včetně teoretických základů, dále systémy pro správu budovy (SSB, anglicky BMS neboli Building Management System) a systém pro správu pokoje (SSP, anglicky RMS neboli Room Management System). U SSB bude řešena otázka zasílání instrukcí skrze časové programy, a následně plusy a mínusy takového přístupu. U systému pro správu pokoje se práce zaměřuje hlavně na řízení vytápění, větrání a klimatizace neboli HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning), tedy na energetický management tohoto systému. Systém pro správu pokoje bude tedy někdy ztotožňován se systémem energetického managementu (SEM, anglicky Energy Management System neboli EMS), který přesně vzato představuje hlavní subsystém SSP, resp. jeho hlavní funkci (alespoň z hlediska testovaného systému a této práce). Přidruženými funkcemi SSP je například ovládání závěsů, osvětlení a další, tyto však nejsou předmětem studia, přestože i zde je možná realizace energetických úspor. Stejně tak nebude v práci probírána energetická efektivita v obecnějším smyslu - nebude řešen stav obálky budovy apod.

V druhé části bude popsána architektura systému pro správu pokoje v hotelu, odkud byla využita data k numerické analýze energetické efektivity. Samotná analýza je pak předmětem čtvrté části, jsou zde rozebrány úspory v hotelu jako takovém i potenciál snížení spotřeby energie obecně. Mezi nimi je na pozici třetí kapitoly text o demonstračním panelu, jenž byl zhotoven v rámci diplomové práce a umožňuje kromě ukázky různých funkcí termostatů a čidel SSP také bezdrátovou komunikaci s počítačem/tabletem. Zde se pak dají zobrazit data získaná prostorovým termostatem. Část o demonstračním panelu navazuje na část věnovanou architektuře systému, protože se tím uzavírá přehled nejdůležitějších prvků systému pro správu pokoje, s kterým jsem během realizace práce přišel do styku. Tímto je integrovaný systém pokojové automatizace Inncom.

Inncom je jedním ze zástupců systémů pro správu pokoje (systémů energetického managementu), které představují nejmodernější přístup ke zvyšování energetické efektivity v hotelích. Tyto systémy nabízejí „state-of-the-art“ řešení známého dilematu mezi uživatelským komfortem a náklady provozu. Tradiční systém pro správu budovy dovoluje regulovat spotřebu vysíláním zmíněných časových programů, takové řešení však snižuje uživatelský komfort, neboť neumožňuje regulovat si teplotu samostatně, bez zásahů vnějšího systému a v plném rozsahu. Systémy individuální prostorové regulace jako jsou (do SSB neintegrováné) prostorové termostaty zase vykazují podstatně vyšší spotřebu energií, neboť systém nepozná, kdy člověk pokoj opouští a běží tak prakticky neustále. Oproti tomu technologie SSP ať už od firmy Honeywell, Interel, Lutron či dalších nabízí řešení, jež se snaží dilema překlenout sledováním obsazenosti pokoje a cíleným

udržováním teploty (a vlhkosti) na požadované úrovni. Komfortní teplota se tedy udržuje jen tehdy, když je to nezbytné (host je uvnitř). Takové řešení nemá negativní dopad na pohodlí, zato však nabízí velký finanční a ekologický přínos.

Určité možnosti v tomto směru mají i moderní systémy pro správu budovy, které taktéž prošly vývojem a více se zaměřují na energetické úspory. Je však třeba podotknout, že se stále jedná primárně o systémy integrující jednotlivé další systémy v budově. Těmi mohou být EPS (elektronickou požární signalizaci) včetně monitoringu oxidu uhelnatého, osvětlení, zámky, výtahy a eskalátory, řízení datového centra, SKV (Systém kontroly vstupů, anglicky Acces Control System) a další. K těmto nicméně přibývá možnost sledování toků energií, spotřeb a celkově sběru dat, jež následně mohou sloužit pro optimalizaci provozu budovy. Vznikají tak velká data (nebo také „big data“) inteligentní budovy, neboli záznamy ze všech senzorů a jednotek v ní umístěných. Tyto záznamy skýtají potenciál, který stále není plně vytěžen kvůli ohromnému množství takto sesbíraných či sesbíratelných dat. Z našeho pohledu je důležité, jak se moderní SSB vypořádávají s energetickou efektivitou. V této věci mají určitý přínos systémy pro správu energií v budově (SSEB, anglicky Building Energy Management System neboli BEMS), jež je minimálně u některých výrobců možné chápat jako jakousi nástavbu SSB. Nástavbu která poskytuje detailní sledování všech elektroměrů, účtů, frekvence atd.

Součástí instalace takového systému, například coby vylepšení dosud používaného SSB, bývá také namontování elektronických expanzních ventilů na kondenzátory a chladicí jednotky, výměna střídavých ventilátorů (resp. jejich pohonů) za stejnosměrné či doplnění chladiva dle nových norem, dále také výměna čerpadel a modernizace pohonů jakož i osazení jednotlivých zátěží komunikačními jednotkami na vysílání údajů o spotřebované množství energie (Airedale.com, 2018a). Všechna taková opatření pak mají za cíl jediné a tím je snížení spotřeby energie, čehož bývá také dosahováno. Jedním z takových systémů je například řešení nabízené britskou firmou Airedale.

Zcela novou „filosofii“ však představují jedině systémy pro správu pokoje a to kvůli uvedení termostatů, regulátorů, čidel a řídicí logiky, které dohromady zabezpečují dokonalý přehled o stavu místností a umožňují podle toho řídit provoz vzduchotechniky a vytápění. Zprostředkovaně pak takto řídí i tok energií. Množství zařízení a jejich rozmanité funkce, přesto integrované do jediného celku skrze páteřní síť, představují základ dalšího moderního technologického trendu, kterým je internet věcí. Jednotlivé moduly spolu skrz přeposílaná data komunikují, instruují se, posílají informace zpátky na centrální server a v případě potřeby či výpadku se i nahrazují (viz dále - redundantní architektura Hluboké Mesh sítě neboli HMS, anglicky Deep Mesh Network či DMN). I tyto systémy tak představují ideální základ pro sběr velkých dat a následné optimalizace.

V této práci však bude probrána pouze energetická stránka věci. Cílem bude tedy porovnat hospodárnost různých systémů prostorové regulace, zejména pak regulace neřízené obsazeností, regulace řízené obsazeností a regulace řízené časovými programy. Obecněji vzato půjde o zhodnocení jednotlivých systémů individuální prostorové regulace a o doporučení nejvhodnějšího systému pro hotelové pokoje. Toto zhodnocení bude provedeno na základě vlastní analýzy hotelových dat, která takto podrobně nebyla dosud

zkoumána, dále bude sepsána syntéza dostupných studií na podobné téma. Jelikož se žádná z nich nezaměřuje na rozbor systémových dat jako takových, bude tato práce nová mj. i tímto. Analýza nabídne detailní pohled na fungování systému a jeho logiky, což zároveň ukazuje potenciál úspor v jeho nejčistší podobě. Druhým výstupem práce je pak již zmíněný demonstrační panel, jenž slouží k vyzkoušení části funkcionality systému v praxi.

## 1.2 SYSTÉMY INDIVIDUÁLNÍ PROSTOROVÉ REGULACE

Na následujících stranách budou prezentovány jednotlivé systémy individuální prostorové regulace, zdroje tepla a chladu, které jsou regulovány a principy regulace jako takové.

### 1.2.1 RUČNÍ REGULAČNÍ VENTILY

Individuální prostorovou regulaci je možné realizovat různými způsoby. Mezi nejjednodušší patří regulace jednotlivých otopných těles ručními regulačními ventily (Kabele, 2016), kde je zdvih kuželky ventilu nastavován ručně. Úpravou zdvihu se následně docílí přivírání a v opačném směru otevírání celého ventilu, což mění průtok otopného (teplosměnného) média. Změnou průtoku média se dosahuje většího či menšího předávání tepla obsaženého v médiu směrem do vzduchu, neboť s menším průtokem se ho předá méně a s větším více. Dalším parametrem předávky tepla je velikost teplosměnné plochy, ta ovšem zůstává např. u radiátorů neměnná. Tento způsob regulace je velice levný, v dnešní době a zejména pro hotely zcela neadekvátní. Nalézá se tak více méně jen ve starších otopných soustavách bytových jednotek (Matz, 2009a).

### 1.2.2 TERMOSTATICKÉ HLAVICE

Lepším řešením jsou termostatické hlavice, které obsahují teplotně roztažnou látku – nejčastěji kapalinu (ale někdy i tuhou či paro-plynovou směs). Vlivem nárůstu okolní teploty dojde k roztažení kapaliny uvnitř termostatické hlavice, přesněji v řídicím snímači, a ta zatlačí na vlnovec, který se zkrátí. Změna délky vlnovce je pak přenášena na vřeteno kuželky termostatického ventilu, čímž se mění jeho zdvih. Tímto dojde k přivření ventilu a snížení průtoku otopné vody či jiného média. Naopak při snižující se teplotě dochází ke zmenšování objemu kapaliny v hlavici a kuželka se tak posouvá ven, čímž se ventil otevírá. Průtok otopné vody tak roste a tím i míra vytápění místnosti. Dochází tak k jisté autonomní regulaci. Výchozí poloha kuželky je dána připojením hlavice k ventilu, dodatečně ji pak lze měnit otáčením krytu termostatické hlavice (Bašta, 2014, s. 30-31). Je tedy možné nastavovat požadovanou teplotu, která pak bude udržována. Ani toto řešení však není optimální, zejména pak v rozsáhlých hotelích ale i kancelářích je stejně neadekvátní jako ruční regulační ventily. Problém spočívá především v tom, že ventil udržuje určitou teplotní hladinu neustále a množství spotřebované energie není možné ze strany hotelu řídit.

### 1.2.3 PROGRAMOVATELNÉ TERMOSTATICKÉ HLAVICE

Další možností regulace teploty, která navazuje na předchozí dvě metody, je využití programovatelných termostatických hlavice. Programovatelné termostatické hlavice se stejně jako standardní termostatické hlavice montují na termostatický ventil otopného tělesa, nejsou však řízeny roztahováním a stahováním kapaliny ale elektronicky. Obvykle obsahují odporový teplotní snímač, který mění svůj elektrický odpor v závislosti na změnách prostorové teploty. Hodnota odporu je pak převáděna na napětí a jeho změny

jsou zpracovávány integrovaným regulátorem. Ten porovnává teplotu v místnosti (vypočtenou z odporu snímače) s požadovanou teplotou a v závislosti na nastaveném časovém programu a charakteristice budovy ovládá napětí na akčním členu. Časový program je nastaven v integrovaném programátoru samotným uživatelem, jako akční člen slouží servomotor. Ten ovládá zdvih ventilu podobně jako v předchozích dvou případech fyzikální roztažnost kapaliny (Matz, 2009b). Jasnou výhodou programovatelného regulátoru je možnost nastavit různé časové programy v závislosti na čase a dni. Je tak možné spočít, když v místnosti nikdo není a komfortně topit tehdy, když je obsazená. Tato dvě pásma se obvykle nazývají komfortní a úsporné (útlumové). I zde je ovšem problém, neboť hoteloví hosté nejsou povinováni hlavici sami nastavovat a nejspíš tak činit nebudou. Nastavování ze strany hotelového personálu, například uklízečů, je v pronajatých pokojích nereálné. Programovatelné hlavice jsou přesto podobné něčemu, co se minimálně v menších hotelích (a samozřejmě pak bytech a domech) vyskytuje běžně. Tím je programovatelný prostorový termostat. Na závěr je vhodné uvést, že u všech dosud probraných systémů se jedná o kvantitativní regulaci, tedy regulaci množstvím otopné vody.



**OBRÁZEK 1 PROGRAMOVATELNÁ  
HLAVICE (MATZ, 2009b)**

#### 1.2.4 PROSTOROVÉ TERMOSTATY

Prostorové termostaty typicky zajišťují regulaci teploty v místnosti řízením lokálního zdroje tepla, například kotle. Termostat porovnává teplotu v místnosti s požadovanou teplotou (kterou na něm lze nastavit) a pokud je nižší, kotel spíná, pokud vyšší, kotel vypíná. Spolu s kotlem je nutné uvést do provozu také oběhové čerpadlo, které rozvádí otopnou vodu soustavou. O spínání obou zařízení – hořáku kotle a čerpadla – se stará výstupní relé termostatu (u digitálních), které v případě instalace s kabelovými vodiči je součástí termostatu a v případě bezdrátového termostatu, se nachází v oddělené reléové jednotce. Příliš časté spínání není pro životnost hořáku dobré, a tak se používají různé nástroje na snížení jeho zátěže. Jsou jimi například omezení maximálního počtu sepnutí anebo nastavení tzv. teplotní difference neboli tolerančního pásma kolem cílové teploty. Při pohybu teploty uvnitř tohoto pásma nedochází k sepnutí systému (Matz, 2009c).



**OBRÁZEK 2 TERMOSTAT HONEYWELL CM707 (TIPA,  
2018)**

Prostorové termostaty se obecně dělí na mechanické a digitální, v současnosti již v moderních hotelích jasně převažují druhé z nich. Mechanický termostat obsahuje



teplotní snímač tvořený membránovým teplotním elementem, který je plněný obvykle plynem. Ten se vlivem tepelné roztažnosti roztahuje a tlačí tak na membránu, která působí na příslušný kontakt a ten nakonec spouští výstup mechanického termostatu. Tyto termostaty jsou však méně přesné, nemají možnost nastavování časových programů (obvykle) a nedělají se jako bezdrátové. Oproti tomu digitální termostaty nabízejí možnost nastavit si vlastní časové programy a na rozdíl od mechanických neobsahují jen spínací, resp. přepínací kontakty, ale také výstupní relé (pokud nejsou bezdrátové). Digitální termostaty mají mnohem širší nabídku funkcí a mohou být také řízeny na dálku. Stejně jako mechanické termostaty obsahují teplotní snímač, ačkoli ten může být i externí. Spouštění kotle a čerpadla probíhá podle řídicího algoritmu, který zohledňuje jak časové programy tak další kritéria regulace (Matz, 2009c).

Oba typy termostatů je vhodné umísťovat aspoň 1,5m nad podlahou, pryč od dveří, oken a zdrojů tepla včetně přímého slunečního svitu. Z hlediska hotelu je samozřejmě potřebné, aby tyto termostaty uměly řídit nejen etážový či jiný kotel, ale například ventilátorový konvektor neboli fan-coil, který je v hotelech využíván mnohem častěji. Problém se zneužitím nastavení ze strany uživatele přetrvává, host navíc nemá motivaci termostat vypínat. Další nevýhodou je řízení celé jednotky podle teploty v jedné referenční místnosti. To však lze částečně řešit např. termostatickými hlavicemi na otopných tělesech a především tím, že hotely obvykle nabízejí jen jeden pokoj v obývané jednotce.

### 1.2.5 ZÓNOVÉ REGULAČNÍ SYSTÉMY

Problém většího počtu místností řízených pouze jednou referenční teplotou řeší zónová regulace. Za zónu se v takovém případě považuje typicky jedna místnost, může to být však i více místností. Zóna je totiž volena tak, aby ohraničovala oblast se stejným nebo podobným tepelně-technickým chováním (Bašta, 2014, s. 79). Zónový regulační systém sestává z centrální řídicí jednotky, nástěnných snímačů vnitřní teploty (s korekcí či bez), snímače venkovní teploty, termoelektrických pohonů, elektronických regulátorů otopných těles, zónového regulátoru a případně reléové jednotky. Pokud systém realizuje podlahové vytápění, obsahuje dále rozdělovač.

Systém pracuje tak, že řídicí jednotka která je hlavním prvkem systému, obsahuje informace o požadované teplotě, resp. časový program. Tyto informace vysílá do zónového regulátoru, který je pouze jeden a kromě časového programu přijímá údaje o teplotě ze snímačů, každého v jedné zóně. Následně regulátor tyto hodnoty srovnává a pokud je aktuální teplota zóny nižší než cílová, ovládá zónový regulátor odpovídající pohon, který otevírá termostatický ventil otopného tělesa.



**OBRAZEK 3 BEZDRÁTOVÝ ZÓNOVÝ SYSTÉM – BEZDRÁTOVÉ REGULÁTORY OT (HLAVICE) A ŘÍDICÍ JEDNOTKA (CENTRALINE.COM, 2016)**

V případě bezdrátového systému (k otopným tělesům nevedou vodiče) může být zónový regulátor nahrazen bezdrátovými regulátory v termostatických hlavicích, které měří teplotu v místnosti a regulují pohon (akční člen) termostatického ventilu (Matz, 2010a). Pokud je součástí instalace kotel (typicky lokální vytápění), pak je spouštěn reléovou jednotkou a dochází tak ke kvalitativně-quantitativní regulaci, neboť je řízen jak průtok otopného média tělesa, tak jeho teplota (Bašta, 2014, s. 79).

Výhodou systému je řízení teploty respektující odlišné teplotně-technické chování jednotlivých zón (místností), které by za použití jediného prostorového termostatu nebyly řízeny optimálně. Příznivé je také to, že je použit jen jediný regulátor na více místností a pokud jsou osazeny termostaty s korekcí, může si host upravovat v omezeném rozsahu i teplotu přímo v místnosti na jinou hodnotu, než jaká je v ostatních zónách. To funguje tak, že po otočení kolečka či přepnutí tlačítkem dojde ke změně měřené teploty v místnosti (měníme odpor teplotního prostorového snímače) a regulátor musí tuto změnu reflektovat akčním zásahem. Tím že systém pracuje přímo s termostatickými ventily, není závislý na lokálním zdroji tepla a rovněž může regulovat jen kvantitativně. To je výhodné pro hotely, kde je obvykle jeden centrální zdroj teplé a chladicí vody.

### 1.3 ZDROJE TEPLA A CHLADU

Potenciálních zdrojů tepla a chladu je mnoho. Patří mezi ně lokální zdroje jako jsou topné kotle ať už na pevná či plynná paliva, dále kotle elektrické a kondenzační, ale i ústřední zdroje otopné vody v teplárnách. Zdrojem energie snadno přeměnitelné na teplo je i elektřina rozváděná přenosovou soustavou, která může být konvertována na teplo např. v přímotopích a v hotelích třeba v pásových ohřívačích (anglicky heat strip) a dalších zařízeních. Teplo může být tedy získáváno přímo na místě v hotelovém pokoji (nejjednodušeji elektrickým přímotopem) anebo rozváděno centrálně a distribuováno fan-coily, podlahovým vytápěním, chladicími stropy apod. Podobným případem jako je čistá výroba tepla či chladu je úprava vzduchu z hlediska teploty a vlhkosti, která je realizována klimatizačním zařízením. Tato zařízení přitom mohou obstarávat i vytápěcí funkci. Jelikož v hotelech se nejtypičtěji používají právě klimatizace a fan-coily (které mezi ně můžeme zařadit a slouží rovnocenně pro chlazení a vytápění), budou krátce popsány.

Klimatizační systémy dělíme podle uspořádání a způsobu kompenzace tepelné zátěže obecně na centrální a jednotkové. V rámci centrálních systémů existují čtyři skupiny – vzduchové, kombinované vzduch – voda, vodní a chladivové. Vzduchové systémy jsou například jednokanálové, vícezónové, vysokotlaké (s indukčními jednotkami, dvoukanálové, s konstantním nebo s proměnným průtokem vzduchu – VAV) nebo nízkotlaké (jednozónové nebo se zónovými dohříváči). Vodní se dělí na dvoutrubkové a čtyřtrubkové, chladivové na systémy split, multi-split a s proměnným průtokem chladiva – VRV. Z pohledu individuální prostorové regulace pro hotely jsou nejdůležitější kombinované systémy vzduch – voda s ventilátorovými konvektory – tedy fan-coily. Dále sem patří také systémy indukční (Hemzal, 2007, s. 44-45).

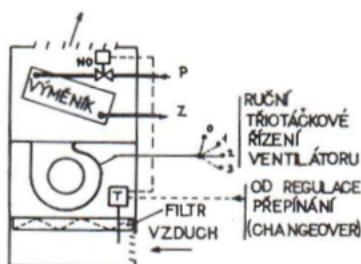
### 1.3.1 FAN-COILY

Tyto jsou využívány v administrativních budovách a hotelích, tedy tam kde se používají také systémy SSB a zejména v případě hotelů i SSP. Stejný je i případ mnou analyzovaného hotelu, kde jsou fan-coily instalovány, a tak jim budu věnovat na následujících stranách hlavní pozornost. Ventilátorové konvektory jsou parapetní či podstropní jednotky s ventilátorem, filtrem a výměníkem, jež může být použit pro chlazení i k ohřívání. Může být také dělený do dvou částí s odděleným průtokem teplé a chladné vody.

Fan-coily existují ve dvou provedeních – dvoutrubkový systém a čtyřtrubkový systém. Obě varianty jsou prezentovány níže.

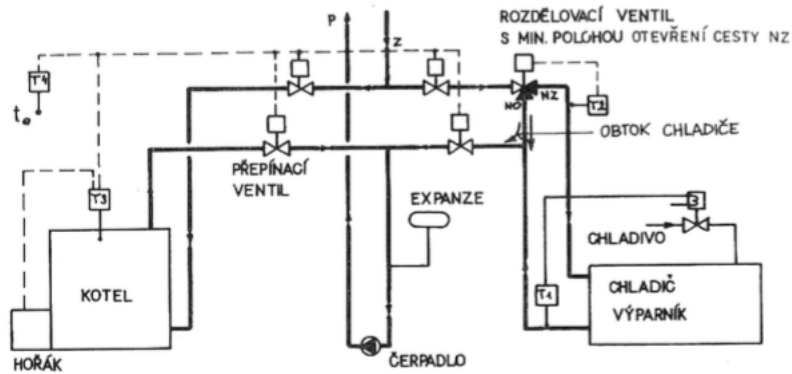
#### *Dvoutrubkový systém*

Regulátory teploty v místnosti musí mít přepínatelnou funkci léto/zima, to znamená v zimě přímočinnou a v létě zvrtnou, pokud má ventil funkci NO (chladič). U přímočinné funkce se s rostoucí teplotou ventil zavírá – ohříváč. Provoz je potom přepínám centrálně změnou teploty rozváděné vody. Regulátor řídí ventily průtoku vody, případně zapíná a vypíná ventilátor a průtok vody tak není řízen a zůstává neměnný.



**OBRÁZEK 4 FAN-COIL (VENTILÁTOROVÝ KONVEKTOR); DVOUTRUBKOVÝ ROZVOD, RUČNÍ ŘÍZENÍ OTÁČEK VENTILÁTORU (HEMZAL, 2007)**

Při rozvodu chladné vody ventil (NO) zvětšuje průtok vody při rostoucí teplotě vzduchu. Naopak při rozvodu teplé vody se s rostoucí teplotou vzduchu zavírá - má funkci přímou (NZ). Provozní potíže pak mohou nastat v tzv. přechodném období, kdy ráno a večer je nutné vytápět a během dne chladit (Hemzal, 2007).



OBRÁZEK 5 PŘÍPRAVA VODY PRO FAN-COILY, DVOUSTRUBKOVÝ PŘEPÍNAČÍ SYSTÉM (HEMZAL, 2007)

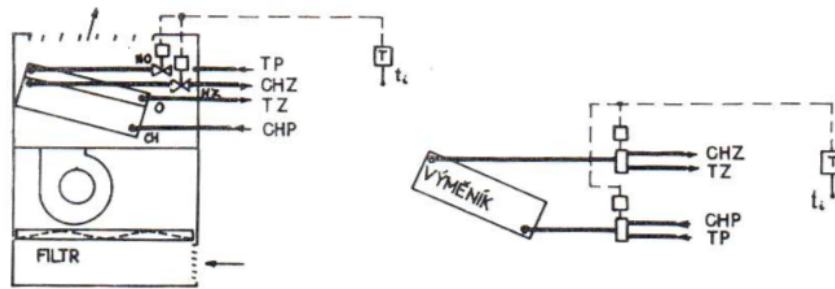
Zařízení pro přípravu vody sestává ze zdroje pro ohřev vody (kotel či výměník), chladiče vody (výparník chladicího zařízení), oběhového čerpadla a přepínacího systému čtyř ventilů. Provozní potíže mohou nastat hlavně při přepnutí z vytápění na chlazení. Při vysoké teplotě vstupní vody do chladiče (přes 25°C) je chladič přetížen a existuje nebezpečí poškození kompresoru. V sání kompresoru se nebezpečně zvýší tlak a přetlakový jistič kompresor vypne. Proto je nutné vést chladičem jen část vody (zbytek pak odtokem) tak dlouho, než se voda v rozvodném potrubním systému vychladí. Tento proces vyžaduje čas a proto při proměnlivém počasí s teplými dny a chladnými nocemi, není vždy udržována požadovaná teplota a provoz není hospodárný (Hemzal, 2007).

Teplota vody se při přepnutí stanovuje tak, aby se obtíže omezily. Například při venkovní teplotě pod 15°C se rozvádí otopná voda s teplotou 28°C, při -18°C pak s teplotou 60°C. Přepnutí provozu, tzv. changeover z vytápění na chlazení, se uskuteční změnou polohy, přepnutím, čtyř přímých ventilů. Třícestný ventil řízený regulátorem teploty propouští část vody obtokem chladiče a otevírá průtok chladičem postupně tak, jak se systém vychlazuje. Minimální průtok chladičem musí být po uvedení kompresoru do provozu stále udržován, aby se zabránilo jeho zamrznutí. Solenoidový ventil chladiče je řízen regulátorem teploty vody vystupující z chladiče a to během provozu (Hemzal, 2007).

Přepnutí z chlazení na vytápění pak může vyvolat tepelný šok v kotli a je proto vhodné instalovat také obtok kotle nebo přednostně použít výměník. Teploty zpětné vody pod 50°C vedou ke kondenzaci par ve spalínách a k nízkoteplotní korozi kotle (Hemzal, 2007).

#### Čtyřtrubkový systém

Otopná a chladicí voda jsou zde zcela odděleny. Výměníky v jednotkách jsou jednořadé ohřivače a dvou- až třířadé chladiče, které jsou většinou od sebe oddělené (nemají společné lamely).



OBRÁZEK 6 FAN-COIL (VENTILÁTOROVÝ KONVEKTOR); ČTYŘTRUBKOVÝ VODNÍ ROZVOD, VÝMĚNÍKY ODDĚLENÉ – VLEVO, SPOLEČNÝ VÝMĚNÍK SE SEKVENČNĚ PŮSOBÍCÍMI VENTILY – VPRAVO (HEMZAL, 2007)

Regulační ventily dělených výměníků jsou obvykle nastaveny tak, že mezi jejich postupnou funkcí je prodleva, po kterou jsou oba ventily uzavřeny. Je také možné použít jednotku s jedním výměníkem avšak s oddělenými rozvody vody. V tomto případě musí být použity dva třicestné (sekvenční) ventily (na obrázku vpravo) (Hemzal, 2007).

#### 1.4 PRINCIPY REGULACE - ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI

Zdroj tepla může být automaticky řízen buď ovládním anebo regulací. Ovládním spočívá v přivádění vzduchu, jehož teplota závisí na teplotě vzduchu vnějšího podle následujícího vzorce (1).

$$-t_p = f(t_e) \quad (1)$$

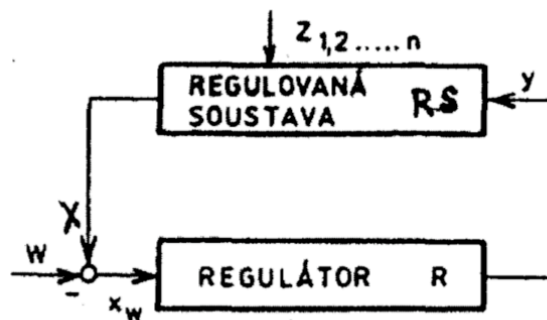
Požadovaný stav však lze tímto způsobem udržet jen tehdy, pokud se tepelná zátěž klimatizovaného prostoru mění jen velmi málo. To přitom bývá jen ojediněle. Výhodou je naopak, že řízení ovládním (bez zpětné vazby) nemůže být nestabilní. Regulace udržující  $t_i = \text{konst.}$  nabízí řízení bez nevýhod ovládním, stav vnitřního vzduchu však může trvale kolísat vlivem zpětné vazby nebo, pokud je kolísání odstraněno, dochází k velkému zpoždění reakce na změny stavu vnitřního vzduchu, vyvolané poruchami (Hemzal, 2007).

Při úpravě vzduchu jsou obvykle regulovány dvě veličiny – teplota a vlhkost (dále o víceparametrové regulaci, viz příští sekce). Obě tyto regulované veličiny jsou vzájemně vázané, což znamená, že změna jedné vyvolá regulační pochod v obvodu druhé veličiny. To samozřejmě regulaci podstatně ztěžuje. V našem případě se sice zabýváme pouze regulací teploty, to ovšem neznamená, že je regulována jen ta. Pokud jde o průběh regulačního pochodu, obecně je příznivý ten, kdy po odchylce regulační veličiny od žádané hodnoty regulátor vrátí regulovanou veličinu na žádanou hodnotu tlumenými kmity optimálním způsobem – rychle a bez velkého překmitnutí (Hemzal, 2007). Oba tyto požadavky systém regulace, které byl studován, splňuje.

### 1.4.1 DRUHY REGUACE

Regulace se obecně třídí na mnoho druhů. Jakožto činnost zajišťovaná regulačním obvodem se dle způsobu uspořádání obvodu, přístrojové realizace a definice cílů obvykle dělí na regulaci jednoparametrovou, víceparametrovou, regulaci využívající pomocných veličin, stavovou, vlečnou, číslicovou, dvou a třípolohovou a další (Bašta, 2014).

Základní regulační schéma je na obr. č. 7.  $X$  je regulovaná veličina,  $Y$  je akční veličina,  $W$  je žádaná hodnota regulované veličiny,  $x_w = W - X$  je regulační odchylka a  $Z$  jsou poruchové veličiny.



OBRÁZEK 7 REGULÁTOR S REGULAČNÍ SOUSTAVOU VE ZPĚTNÉ VAZBĚ (HEMZAL, 2007)

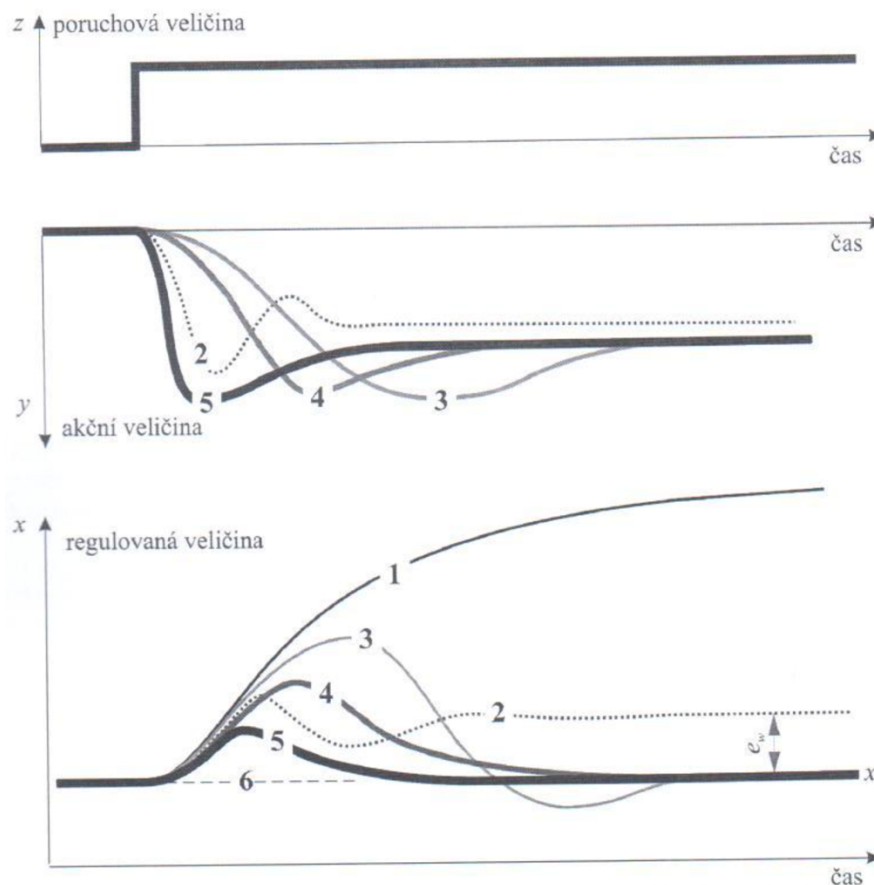
Jednoparametrová regulace neboli také jednosmyčková je tedy zpětnovazební zapojení s jednou uzavřenou smyčkou. Někdy se jí také říká „standardní regulační obvod s jednou regulovanou a jednou akční veličinou“. V případě vytápění je parametrem teplota. Víceparametrová regulaci oproti tomu je současnou regulací více veličin na jednom objektu. To je zajišťováno několika souběžně fungujícími regulačními obvody. Jejich počet přitom odpovídá počtu regulovaných veličin. Regulovaná soustava je pak charakterizována jednak přítomností více smyček, dále tím že spolu vzájemně interagují. Alespoň některé akční veličiny tedy svým chováním ovlivňují nejen regulované veličiny, které jim přísluší, ale i ostatní regulované veličiny. Regulace využívající pomocných veličin nebo také rozvětvený regulační obvod má za cíl získat nebo využít informaci rychleji, než je to možné v jednosmyčkovém obvodu. Regulace je tak kvalitnější a je rovněž vhodnější pro dynamicky pomalé soustavy vyššího řádu. Vlečná regulace je realizována dvěma regulátory, kde jeden prostřednictvím svého výstupu nastavuje řídicí veličinu druhého regulátoru zapojeného do tzv. malé smyčky. Stavová regulace je příkladem vícesmyčkové regulace využívající zpětné vazby od stavových veličin. Zvyšují se tím možnosti regulace ale i náročnost teoretického návrhu. Číslicová nebo digitální regulace je regulace implementující kterýkoli předchozí přístup. Rozdílný je pouze regulátor, který nepracuje s analogovým signálem ale s číslicovým (tedy dvoustavovým, binárním). V technice prostředí kde se ovšem masově používají přímočinné regulátory teploty (termostaty), je zatím běžnější regulace analogová. Nakonec dvoupolohová a třípolohová regulace jsou jednoduchá řešení, kde regulátor nastavuje dvě či tři hodnoty akční veličiny – pracuje nespojitě a má malou složitost (Bašta, 2014, s. 24).

## 1.4.2 REGULÁTORY

Regulátory jsou zařízení generující akční veličiny, které předávají akčním členům, jež zajišťují změnu řízené veličiny. Svůj výstup generují na základě vstupních signálů, které přijímají přes vstupy na vstupních obvodech. Vstupy mohou být přímo na těle regulátoru anebo jsou externí a připojeny přes sběrnici v podobě vstupních modulů. Stejně tak výstupní signál je předáván výstupním obvodem, který je buď součástí externího výstupního modulu anebo integrovaný. Analogovým vstupem je typicky signál z teplotního čidla, digitálním například záznam stavů jednoho ze zařízení v pokoji. Analogové výstupy se nejčastěji používají pro řízení různých pohonů, funkcí digitálního výstupu je pak nejčastěji sepnutí relé nebo triaku (Matz, 2011). Vstupní a výstupní veličiny mohou být spojitě a nespojitě, podle čehož se regulátory dělí na tyto dvě kategorie – spojitě regulátory a nespojitě regulátory. Nespojitě charakterizuje skoková změna akční veličiny mezi alespoň dvěma definovanými hodnotami. Pokud je jejich počet nízký, může docházet k oscilaci regulované veličiny vlivem přepínání stavů zapnuto-vypnuto. Dvoustavový výstup je možné nazývat digitálním. Spojitě regulátory generují spojitě akční zásahy a změny jsou tak klouzavé. Regulovaná veličina se pak může plynule pohybovat v provozním rozsahu (Bašta, 2014, s. 25). V každém případě regulátory mnou používaného systému umožňují generovat spojitě i nespojitě (digitální) výstupy a taktéž přijímat spojitě i nespojitě (digitální) vstupní signály a nespádají tak přesně vzato ani do jedné kategorie.

Mezi nespojitě regulátory patří dvoupolohové a třípolohové. Dvoupolohový generuje akční veličinu ve dvou hodnotách jako stacionární hodnoty  $y_{\max}$  a  $y_{\min}$ . Regulovaná veličina se pak mění pouze mezi dvěma koncovými stavy  $x_1$  a  $x_2$ . Rozdíl mezi nimi se nazývá spínací diferencí a požadovanou hodnotu je možné předpokládat uprostřed mezi těmito dvěma krajními body. V případě třípolohového regulátoru existuje ještě prostřední hodnota akční veličiny  $y_0$  (Bašta, 2014).

Spojitě regulátory se užívají např. proporcionální, tzv. P-regulátory. Ty udržují regulované veličiny v rozmezí pásma proporcionality  $x_p$  (tedy v rozsahu regulované veličiny, v němž přejde akční člen z jedné krajní polohy do druhé,  $y_h$  – úplný zdvih akčního členu) (Hemzal, 2007). P regulátor je nejpoužívanějším regulátorem v technice prostředí, nedochází zde však k úplnému odstranění regulační odchylky. Nadto existuje riziko překmitnutí regulované veličiny, což se dá řešit jen za cenu zvětšení regulační odchylky. Dále existují derivační D regulátory, integrační I regulátory ale i kombinace těchto jako jsou PD, PI a nakonec úplný PID, tedy proporcionálně-integračně-derivační regulátor. D regulátory se samostatně nepoužívají, neboť dokáží ovlivnit jen dynamickou, přechodovou část regulační odchylky a na ustálenou nedokáží reagovat. I regulátor umožňuje zcela odstranit regulační odchylku, reaguje však pomalu na poruchy, a tak je nevhodný pro případ, kde jsou časté. Možná nejpoužívanější jsou však ve vzduchotechnice po P regulátorech regulátory PI. Jsou schopné úplného odstranění regulační odchylky, dokáží odstranit poruchy vstupující do regulované soustavy a obvykle lze i zajistit stabilitu regulačního obvodu. PD regulátory jsou zase použitelné všude tam, kde P regulátory, vyznačují se však vyšší rychlostí regulace. PID regulátory jsou použitelné všude kde i PI, jsou ovšem rychlejší a lépe tlumí rychlé přemity regulované veličiny, v technice prostředí se přesto používají jen zřídka (Bašta, 2014).



**OBRÁZEK 8** REGULAČNÍ POCHODY S RŮZNÝMI TYPY REGULÁTORŮ VYVOLANÉ SKOKOVOU ZMĚNOU PORUCHOVÉ VELIČINY, 1 - BEZ REGULÁTORU, 2 - P REGULÁTOR, 3 - I REGULÁTOR, 4 - PI REGULÁTOR, 5 - PID REGULÁTOR, 6 - IDEÁLNÍ REGULÁTOR, z - PORUCHOVÁ VELIČINA, x - REGULOVANÁ VELIČINA,  $x_s$  - POŽADOVANÁ HODNOTA REGULOVANÉ VELIČINY,  $y$  - AKČNÍ VELIČINA,  $e_w$  - REGULAČNÍ ODCHYLKA (BAŠTA, 2014)

### 1.4.3 REGULACE PŘÍKONU TEPLA

Regulovat příkon tepla lze různými způsoby, zde je jen obecný přehled. První možností je regulovat dle výstupní teploty vody ze zdroje tepla, dále dle vnitřní teploty vzduchu (což je případ uvažovaných systémů). Tato regulace probíhá buď přímo, kdy je regulován zdroj tepla samotný anebo nepřímo, kdy je regulována vstupní teplota vody do otopné soustavy (např. směřováním) a zdroj tepla je regulován samostatně. Regulace dle vnitřní teploty vzduchu může být také místní, kdy je regulován výkon jednotlivých otopných těles a zdroj tepla je opět regulován samostatně. Poslední možností je sdružená regulace, kdy se uplatňují výše uvedené možnosti zároveň. Regulovat lze rovněž dle venkovní teploty vzduchu, tzv. ekvitermně (Matz, 2010b). Tato regulace je tedy funkcí venkovních klimatických podmínek a je buď přímá, kdy je regulován přímo zdroj tepla, anebo nepřímá, kdy je regulována vstupní teplota vody proudící do soustavy a zdroj tepla je regulován samostatně anebo sdružená, tedy kombinací předchozího. Poslední možností je regulace příkonu tepla zátěží. Je to přímá regulace a využívá se v ní fuzzy logika. Kombinuje se například s ekvitermní regulací či regulací podle vnitřní teploty vzduchu (Bašta, 2014, s. 78).



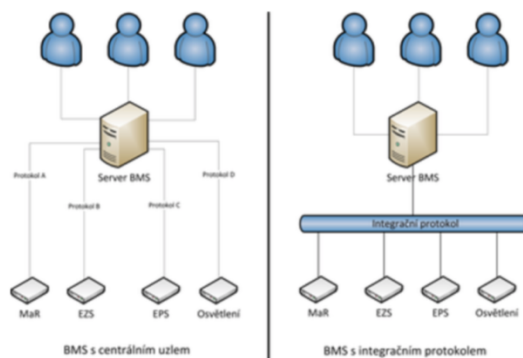
## 1.5 SYSTÉM PRO SPRÁVU BUDOVY

### 1.5.1 PRINCIPY A CÍLE

„Systém pro správu budovy neboli SSB je programové prostředí integrující dílčí automatizované řídicí a správní systémy, které se v budově vyskytují. Způsobů integrace existuje vícero stejně tak jako architektury samotného SSB. Systémy zajišťující provoz budovy, které mohou být integrovány, jsou například systém měření a regulace, ovládání osvětlení, monitoring výtahů, automatizovaný odečet energií, systém kontroly vstupu, elektronický zabezpečovací systém či elektronická požární signalizace a další, jak již bylo uvedeno v úvodu. Integrované může být samozřejmě také dálkové řízení termostátů, které by jinak byly řízeny jen místně. Integrací těchto, z pohledu SSB subsystémů, je možné dosáhnout několika cílů. V zásadě jimi jsou sledování a ovládání stavu zařízení, alarming a archivace. První spočívá v komunikaci se systémem v reálném čase, zobrazování aktuálních provozních dat z budovy a zajištění předávky povelů od obsluhy dotčeným zařízením. Alarming znamená aktivní upozorňování obsluhy na výskyt netypických událostí – poruch jako je např. překročení prahových hodnot u sledovaných veličin v prostředí budovy (např. teploty v místnosti) apod. Archivací se naopak rozumí ukládání dat z různých systémů do společné archivní databáze s jednotnou strukturou. Data z archivní databáze lze využívat ke zpětné analýze provozu.

### 1.5.2 ARCHITEKTURA

Tyto cíle mohou být implementovány dvěma základními způsoby. První možností je integrace pomocí centrálního uzlu, druhá skrz integraci na úrovni komunikačního protokolu, viz obrázek č. 9.



OBRÁZEK 9 MODEL SYSTÉMOVÉ INTEGRACE SSB (KUČERA, 2014)

První způsob zajišťuje integraci na nejvyšší možné úrovni, kdy existuje centrální uzel reprezentovaný serverem, do něhož jsou přivedena data ze všech integrovaných systémů. S každým z těchto systémů centrální uzel komunikuje pomocí nativního protokolu daného systému. Data z různých systémů jsou poté společně prezentována v jednom uživatelském rozhraní. Veškerá komunikace mezi systémy využívajícími odlišné protokoly musí probíhat přes centrální

uzel. Výhodou tohoto přístupu je to, že neklade žádné zvláštní požadavky na integrované systémy – integrace probíhá v rámci centrálního uzlu, který se musí naučit komunikovat pomocí všech potřebných protokolů. Na druhou stranu je z podstaty třeba při připojení nového systému zasahovat do již existujících prvků – je třeba doplnit podporu nového protokolu do centrálního uzlu. Při nutnosti rozsáhlé komunikace napříč systémy je také centrální uzel zatěžován překladem komunikace.

Druhou možností je integrace na úrovni komunikačního protokolu. V takovém případě v systému neexistuje jasně definovaný centrální prvek. Uživatelské aplikace (dispečink, archivní server) podporují komunikaci pouze pomocí jednoho – „integračního“ – protokolu a se všemi systémy v rámci SSB tedy komunikují stejným způsobem. Na trhu je k dispozici několik otevřených a/nebo standardizovaných protokolů, které mohou hrát roli společného komunikačního prostředku, mezi nimi např. BACnet, LONworks či KNX/EIB. Při tomto přístupu je nutné, aby každý systém, který chceme integrovat, nějakým způsobem umožňoval komunikaci pomocí společného protokolu, ať už se jedná o nativní podporu nebo o využití překladače. Rozdílem oproti předchozímu řešení je v takovém případě to, že každý ze systémů má vlastní dedikovaný překladač umístěný v síti - překladače tedy nejsou koncentrovány na jednom uzlu. Požadavek na zajištění překladu na společný protokol klade zvýšené nároky na integrované systémy, na druhou stranu při připojení nového systému není nutné zasahovat do existujících aplikací, změny probíhají pouze na úrovni konfigurace. Integrované aplikace také mohou být jednodušší (obsahují podporu pouze pro jeden komunikační protokol). Komunikace mezi systémy může probíhat přímo bez nutnosti zapojení centrálního uzlu. Vzhledem k tomu, že systémy nejsou odděleny tak striktně jako v prvním případě, je zde větší nebezpečí toho, že se systémy budou navzájem negativně ovlivňovat (např. kvůli chybné konfiguraci nebo chybě v implementaci komunikačního protokolu). (Kučera, 2014).

Obecným rizikem jsou v případě SSB pak především komplikace vyvstávající z integrace velkého množství samostatných systémů, kdy vstup nového může způsobit komplikace a ohrozit stabilitu systému. Například zařízení které je nevhodně konfigurováno dodavatelem nebo špatně implementuje komunikační protokol, může systém zahlcovat nesmyslnými zprávami až k nedostupnosti celého SSB.“ (Miňovský, 2017)

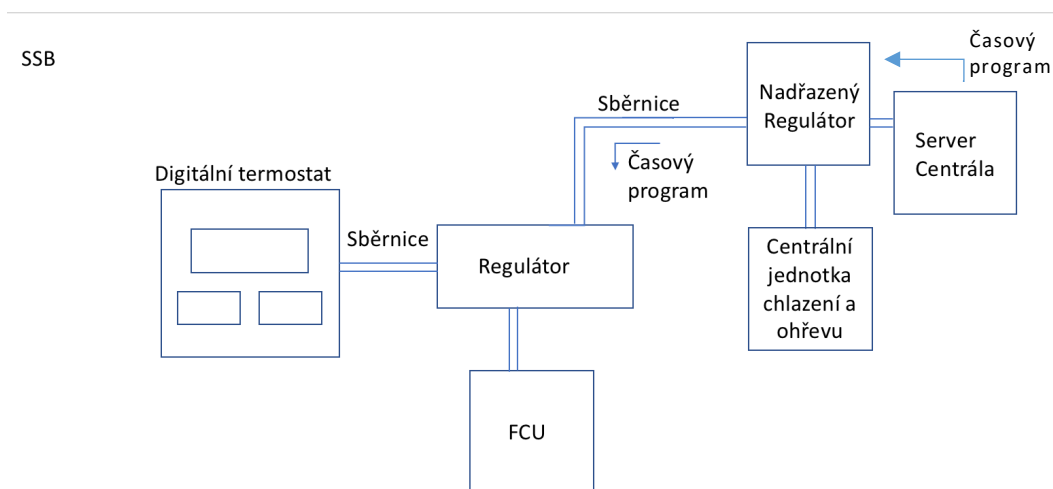
### 1.5.3 SSB A ČASOVÉ PROGRAMY

Dosud byl popsán obecný princip SSB. Důležité je, že do systému pro správu budovy lze integrovat vhodné prostorové termostaty a regulátory. Pokud jsou integrovány, jsou pak řízeny nejen místními povely uživatele ale především časovými programy SSB. Řízení je realizováno vysláním řídicího signálu obsahujícího nastavení teploty a časového intervalu z centrály SSB do nadřazeného regulátoru a dále do regulátoru v místnosti, viz obrázek. Na ten jsou pak připojeny vzduchotechnické jednotky FCU či klimatizace, zatímco nadřazený regulátor ovládá centrální výrobu teplé či studené vody pro FCU a další systémy. Parametry vnitřního prostředí místnosti (teplota, vlhkost) jsou tedy řízeny dle centrálně nastavené hodnoty a údajů z teplotního (a vlhkostního) čidla, přičemž uživatel může teplotu upravovat v úzkém pásmu okolo nastavené hodnoty. Takové řešení nevyžaduje vybavení místností pohybovými a dalšími čidly, jež sledují stav místností a upravují režim HVAC podle situace, vyžaduje však spojení směrem k serveru. To přitom není u SSP nezbytně nutné, uvážíme-li ostrovní instalci. Odpadají zde také problémy se špatně

vyhodnocenými signály PIR či údržbou většího množství senzorů včetně výměny baterií, apod. Časové programy dávají managementu budovy velkou míru kontroly nad provozem v místnostech a tedy i určitý stupeň předvídatelnosti spotřeby, neboť ta je určována více méně centrálně. V situaci kdy spotřeba energie u systémů HVAC představuje podle některých zdrojů více než 40% celkové spotřeby energie budovy, je tato předvídatelnost důležitá (Airedale.com, 2018b).

Tento systém se nejčastěji používá v administrativních budovách, pro které platí i výše zmíněný údaj. Z hlediska hotelů je však využitelnost tohoto řešení horší. Předvídatelnost je možné zajistit i dlouhodobými statistikami a zejména dnes například expertními systémy a umělou inteligencí schopnou vytvářet prognózy na základě velkých dat. Hlavním důvodem, proč se však zdá být toto řešení v hotelu nevhodné je, že oproti administrativním budovám hotely obecně chtějí poskytovat svým klientům vyšší úroveň komfortu. Vždyť si za něj hosté přímo platí. Tento komfort je však nedosažitelný u systému, nad kterým nemá uživatel větší kontrolu. Nakonec, a to je možná nejdůležitější, uživatelský režim v hotelích a v administrativních budovách je zásadně odlišný tím, že hoteloví hosté využívají pokoje často nahodile, podle vlastních představ a v závislosti na důvodu cesty. Například lidé cestující za zábavou mohou pokoje opouštět na noc a zůstat v nich dlouho přes den, jiní budou dodržovat režim více méně podobný jako kancelářští zaměstnanci, další se zase budou nacházet někde uprostřed. Možnosti typicky kancelářského řešení popsaného výše jsou tedy omezené tím, že lidé neopouštějí hotelové místnosti všichni v přibližně stejnou dobu jako to dělají zaměstnanci, kteří odcházejí domů a také do nich nepřicházejí ve stejný čas. V takovém případě by bylo možné změnit centrálně provozní režim klimatizace či vytápění a realizovat úspory, ne však v případě hotelu.

Centrální řízení tedy nemůže vést k úsporám a současně zachování uživatelského komfortu, hotel by si musel vybrat. Za těchto podmínek se pozitiva SSB ztrácí a vzniká potřeba najít jiné řešení, které dokáže lépe reflektovat požadavky hotelových zařízení a přinést požadované úspory. Proto vznikla řešení založená na sledování obsazenosti pokoje a dynamickém řízení HVAC podle potřeb hostů. Takový systém je v obecné rovině prezentován v následující podkapitole a detailněji pak v části věnované hotelovému systému, kde je popsán SSP tak, jak je instalován v analyzovaném hotelu. Na obrázku níže je model regulace zapojené do architektury SSB, který regulátoru zasílá časové programy (počet vodičů je ilustrační).



OBRÁZEK 10 SCHÉMA PROSTOROVÉ REGULACE INTEGROVANÉ V SSB 10

## 1.6 SYSTÉM PRO SPRÁVU POKOJE

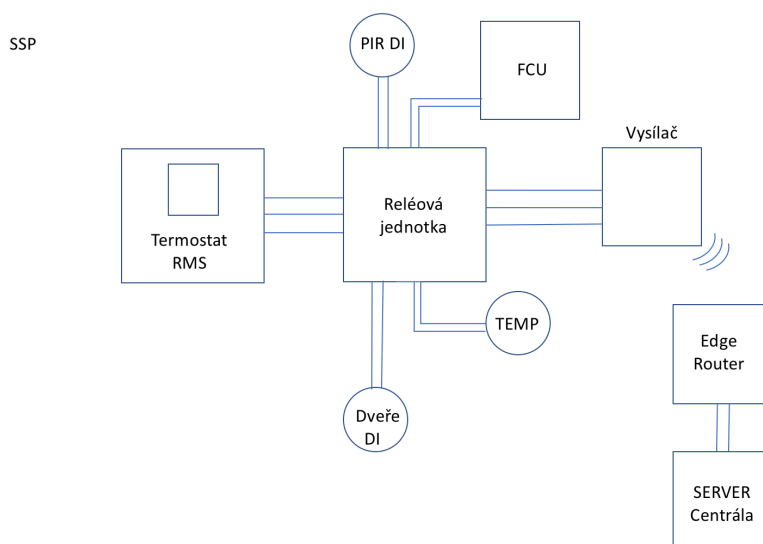
SSP byl již částečně popsán v předchozích částech, kde se vymezovaly jednotlivé systémy mj. právě vůči systému pro správu pokoje. Při podrobnějším zkoumání tohoto systému je vidět, že zatímco SSP je sítí věcí, neboli funkčních zařízení, která komunikují za účelem vytvoření optimálního prostředí v pokojích z hlediska efektivity i uživatelského zážitku a komfortu, SSP je primárně sítí sítí neboli systémů. Jejím smyslem je systémová integrace, zjednodušení obsluhy a kontroly a dálkové ovládání z centrálního pultu. Termostaty systému pro správu pokoje se od termostatů podléhajících časovým programům odlišují funkcemi, jež Honeywell a další firmy přinášejí jako inovaci. Těmito inovacemi jsou především detekce osob technologií PIR anebo například ultrazvukem či dveřní magnetické kontakty (senzory). Dále jsou vybaveny lepšími výpočetními schopnostmi a případně i řídicí logikou (některé -E527, E528 - mohou být přímo připojeny k fan-coilu) a možností ovládat další navazující zařízení, typu světel, závěsů, minibaru, zámku dveří apod.

Hlavní rozdíl je ovšem v tom (jak již bylo naznačeno), že SSP nepřijímá žádné časové programy od centrály. Řízení parametrů vnitřního prostředí (teploty a vlhkosti) probíhá jen na základě vnitřní logiky termostatu využívající datových vstupů jednotlivých čidel (a případně také logiky regulátoru kdy regulátor vysílá požadavky na akční zásahy a termostat informaci o požadované teplotě a obsazenosti – MODEVA a X47). Tímto způsobem může SSP poskytovat funkcionalitu systému energetického managementu, který je de facto tvořen termostatem, pasivním infračerveným čidlem a dveřním kontaktem. Ostatní možnosti jako je integrace systémů třetích stran, zejména pak schopnost ovládat další navazující zařízení z něj činí plnohodnotný SSP.

Nepřijímá-li SSP instrukce od centrály, je třeba aby byl řídicí termostat vybaven jak již bylo uvedeno vlastní řídicí logikou a mikroprocesorem schopným ji implementovat. Tato logika obvykle realizuje několik různých režimů či módů, z nichž každý je charakterizován různou šířkou teplotně-tolerančního pásma, v němž teplota pokoje může oscilovat. Každý režim obsahuje také definici, za jakých podmínek má nastat jeho spuštění. Oscilační rozsah, resp. šířku pásma si určuje hotel sám, stejně tak jako které módy bude využívat. Obecně je těchto módů devět. Jsou jimi režim pronajato neobsazeno, pronajato obsazeno, pronajato obsazeno a vstupní dveře otevřeny, pronajato obsazeno noc, pronajato obsazeno zaměstnanci hotelu, nepronajato neobsazeno, nepronajato obsazeno zaměstnanci hotelu, nepronajato obsazeno a nepronajato hibernace (Honeywell, 2014).

V analyzovaném hotelu jsou během zkoumaného týdne realizována čtyři teplotně-toleranční pásma včetně nejkomfortnějšího režimu po stisku tlačítka (manuální volbě teploty). Jsou jimi pronajato neobsazeno, pronajato obsazeno, pronajato obsazeno tlačítko, a nepronajato neobsazeno. Dále je přítomen režim nepronajato obsazeno, ten však v testovaném týdnu nebyl zaznamenán (Inncom.com, n.d.a). Ve chvíli kdy je obdržena informace z hotelového systému (HS, anglicky Property Management System neboli PMS, zde konkrétně OnQueue Property Management System), že pokoj byl pronajat, přepíná systém z nepronajato neobsazeno (pásmo široké 9° C) na pronajato neobsazeno a je nastavena předvolená teplota s šířkou tolerančního pásma 4,75°C. Jakmile host vstoupí do místnosti dojde k dalšímu přepnutí na pronajato obsazeno, čímž se pásmo zúží na 2,75°C, předvolená teplota však zůstává stejná. Pokud hostovi nevyhovuje

přednastavená teplota a upraví si ji manuálně na termostatu, je nastavena nová cílová hodnota, která se udržuje v nejužším pásmu širokém 1,5°C. Přepínání jednotlivých pásem je funkcí signálů pasivního infračerveného detektoru a dveřního magnetického kontaktu, které poskytují informaci o obsazenosti místnosti. Přepnutí do obsazeného stavu probíhá okamžitě po otevření dveří a záznamu pohybu, přepnutí do neobsazeného stavu probíhá s časovým zpožděním (pro případ že se host rychle vrátí zpátky). Podrobnosti týkající se jednotlivých komponentů SSP (v tomto případě systému Honeywell Inncom) jsou uvedeny v následující kapitole. Model systému pro správu pokoje je uveden níže.



OBRÁZEK 11 SCHÉMA SSP

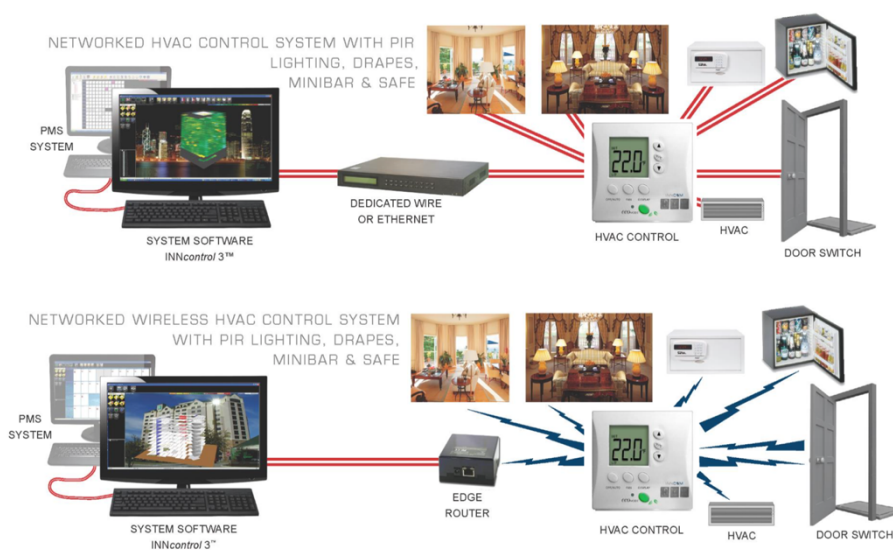
## 2 SYSTÉM PRO SPRÁVU POKOJE – ANALYZOVANÝ HOTEL

### 2.1 ARCHITEKTURA

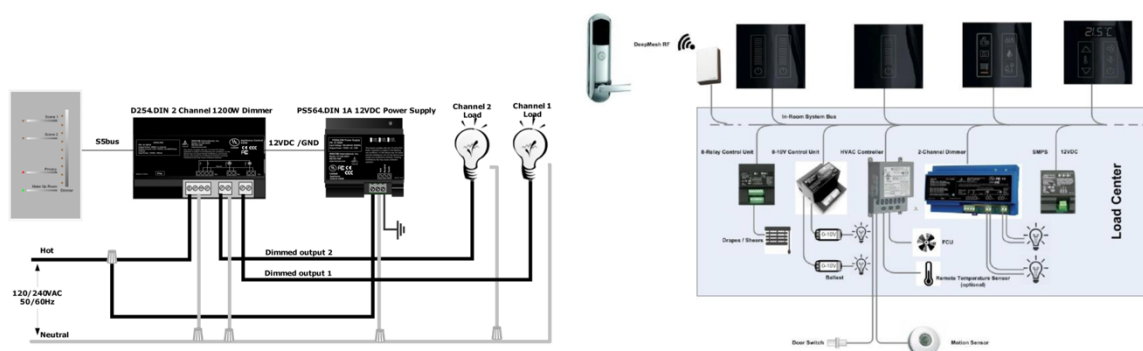
Architektura analyzovaného systému pro správu pokoje je představena na následujících ilustracích, které ukazují realizované zapojení ve studovaném hostelu. Jakožto luxusní hotel, využívá Hilton komplexní instalaci sestávající nejen z termostatů, klimatizačních jednotek a čidel, ale také z navazujících prvků a zařízení, jakými jsou elektricky ovládané závěsy, světla, monitorovaný minibar, sejf a také elektronicky řízené zámky. Tyto mají vlastní řídicí jednotky, přes něž jsou připojeny na ovládací rozhraní SSP (tlačítka, displej), který umožňuje jednak společné ovládání, dále pak přenos provozních a stavových dat do centrály. Tato realizace je ilustrována na obrázku níže, detail zapojení rozšíření třetích stran je k vidění na obrázku č. 13. Ve studovaném hotelu je realizováno zapojení pokojových prvků bezdrátově, což je řešení, které šetří náklady na kabeláž a je snáze modifikovatelné. Směrodatná je tak spodní část obrázku dole (č. 12).

Je zde vidět bezdrátová architektura, taktéž je patrné propojení kontrolního software INNcontrol 3 s hotelovým systémem. Tyto systémy mohou vzájemně spolupracovat, aby bylo dosaženo optimální úrovně integrace hotelových služeb a zároveň proto, že jednotlivé

sledované stavy mohou být užitečné pro oba systémy zároveň. Ty pak není třeba sledovat vícekrát (např. obsazenost pokojů).

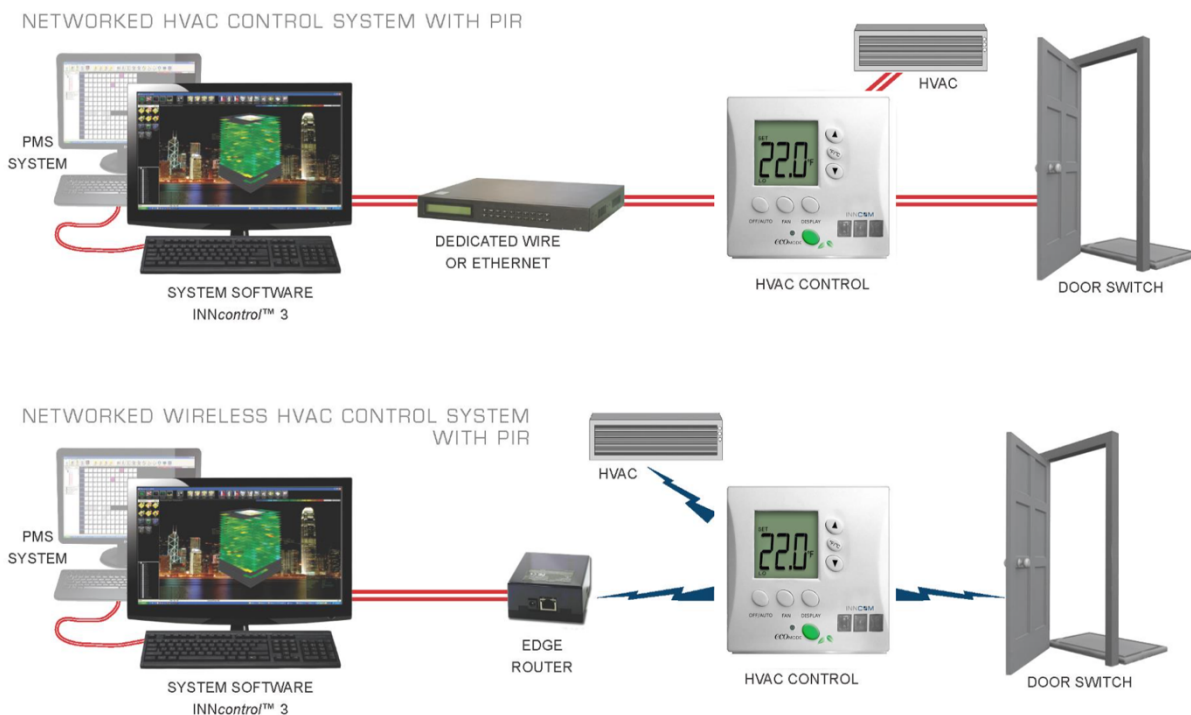


**OBRÁZEK 12 KOMPLEXNÍ ZAPOJENÍ TAK JAK JE REALIZOVÁNO V ANALYZOVANÉM HOTELU (HONEYWELL, 2015)**



**OBRÁZEK 13 OVLADAČE OSVĚTLENÍ A JEJICH ZAPOJENÍ V SYSTÉMU (HONEYWELL, 2015)**

V horní části obr. č. 12 je pak vyobrazena obdobná, pouze však kabelová varianta. Zde probíhá komunikace přes kabelová propojení zajišťující připojení jednotlivých prvků systému i zařízení třetích stran. Obvykle se mezi místností a podlažním mostem (bridgem) využívá standard sériové komunikace RS-485, vedení je přes kroucenou dvoulinku. Z mostu vede komunikace dále přes Ethernet do hotelového switchu, na nějž jsou napojeny centrální server Inncom, SSB, HS a případně další.

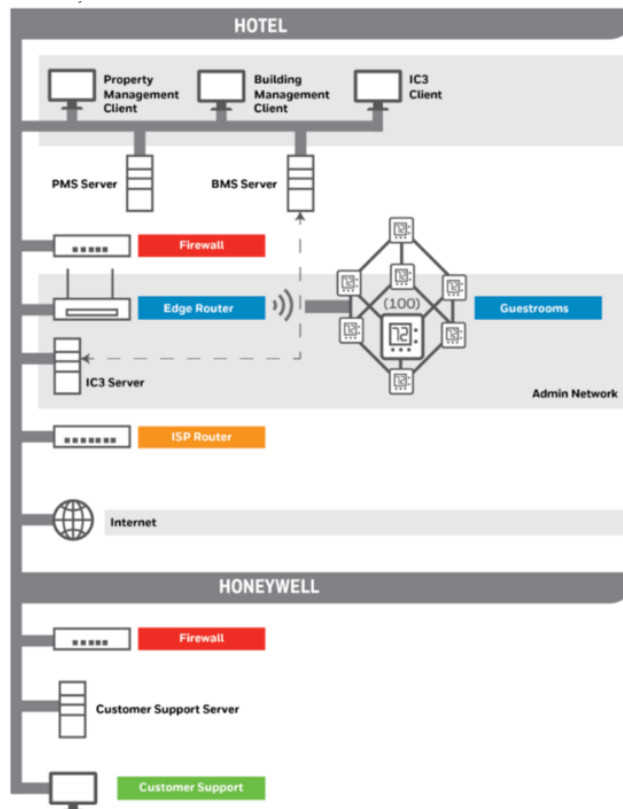


**OBRÁZEK 14 ZAPOJENÍ TERMOSTATŮ V SÍŤOVÉ INSTALACI BEZ ROZŠÍŘENÍ TŘETÍCH STRAN. NAHOŘE DRÁTOVÁ, DOLE BEZDRÁTOVÁ VARIANTA – ANALYZOVANÁ JE TA SPODNÍ (HONEYWELL, 2015)**

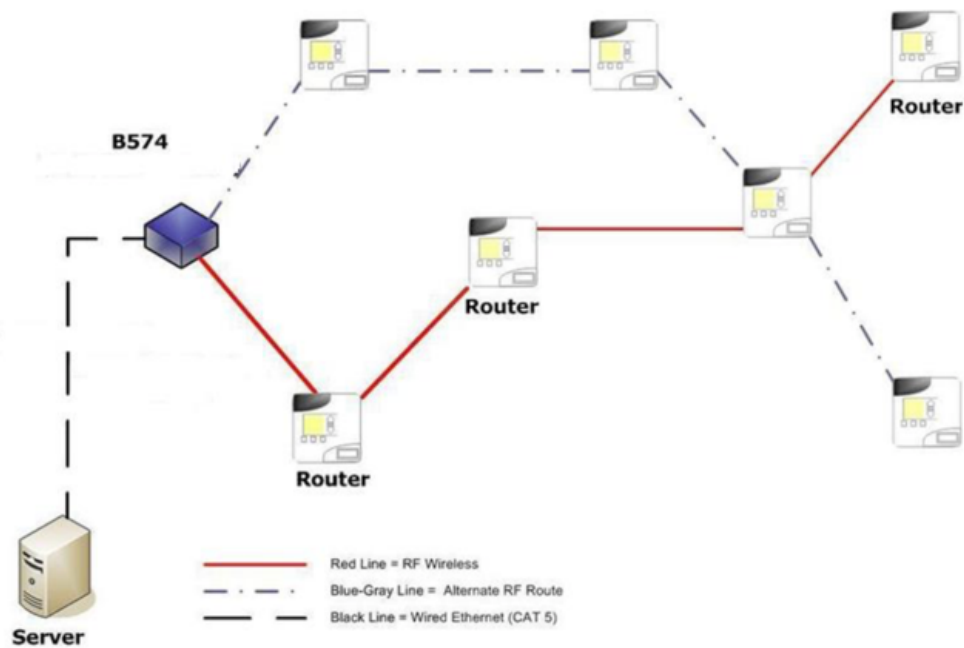
Připojení na centrální server Inncom je zásadní pro udržování kontroly nad systémem jako i pro realizaci úspor. Podíváme-li se tedy na zapojení bez dalších rozšiřujících prvků (obr. č. 14, dole), vidíme lépe klíčové spojení s Inncontrol 3 a dále s HS. Ve zkoumaném hotelu je toto spojení řešeno standardem ZigBee, přesněji hlubokou mesh sítí (dále též HMS), což vidíme na dolní polovině obrázku. V minulosti byla naopak využívána architektura zobrazená v horní polovině. V architektuře hluboké mesh sítě jsou jednotlivá zařízení v pokoji propojena bezdrátově a ta jsou pak jako celek opět bezdrátově připojena k okrajovému (edge) routeru. Ten je už spojen se serverem a to opět Ethernetovým kabelem. Takovýchto funkčních celků, rozuměj pokojů, může být připojeno v dané architektuře až 280 na jediný router (Honeywell, 2015).

Samotná architektura HMS je ilustrována níže a ze schématu je vidět, že jednotlivé routery/termostaty komunikují bezdrátově s okrajovým routerem B574. V případě že je využit termostat bez integrovaného rádiového modulu, je možné i zapojení s modulem PC502 (viz komponenty) tak, jak je to vidět například v sekci Systém pro správu pokojů. Diagram zobrazující uspořádání systémů v hotelu je na obr. č. 15, schéma na obr. č. 16. V diagramu je zobrazena mj. integrace jednotlivých softwarových nástrojů od grafické centrály Inncontrol 3 (IC3), přes SSB až po HS. Tyto všechny nástroje vzájemně spolupracují s tím, že HS poskytuje údaje o rezervacích, SSB integruje jednotlivé hotelové systémy a IC3 vizualizuje fungování pokojových termostátů, PIR, dveřních kontaktů a dalších, dohromady celého SEM (systému energetického managementu). V neposlední řadě je ilustrováno

napojení na technickou podporu poskytovatele, kterým je v případě SSP v hotelu Hilton Honeywell.



OBRÁZEK 15 SYSTÉMY V HOTELU (HONEYWELL, 2015)

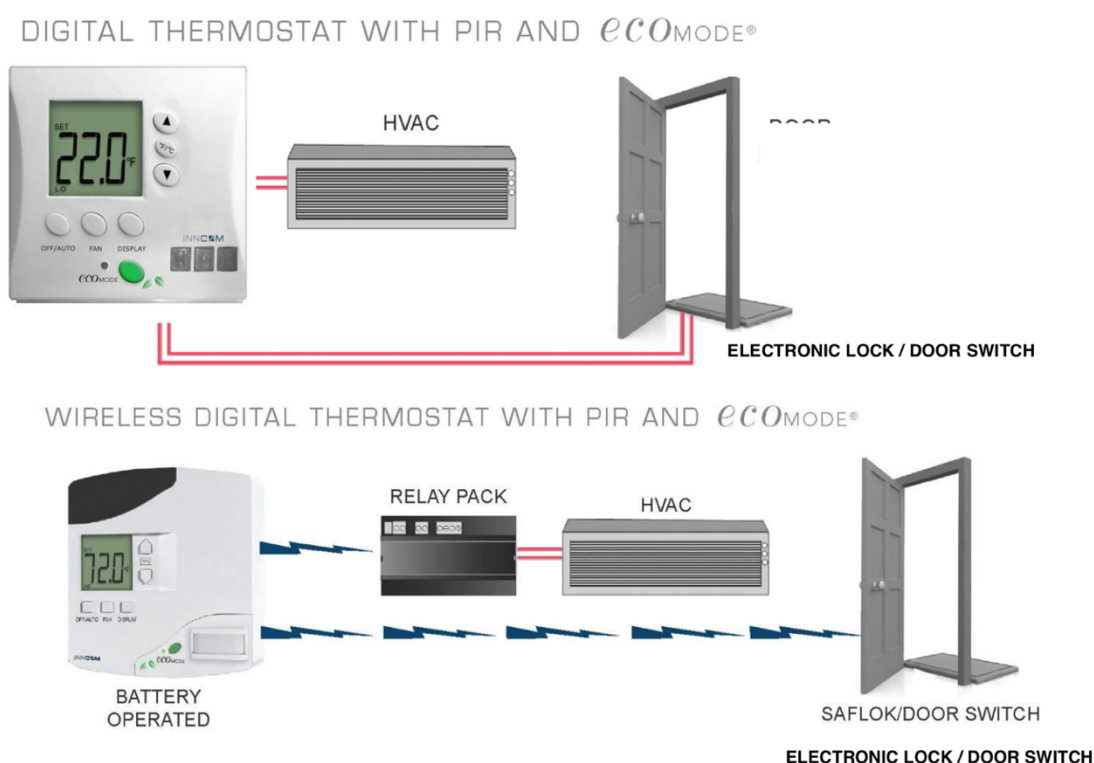


OBRÁZEK 16 SCHÉMA HLUBOKÉ MESH SÍTĚ (HONEYWELL, 2015)



Síť samotná je, jak již bylo uvedeno, postavena na technologii ZigBee (ta sama je založena na standardu IEEE 802.15.4), jež je specifikací pro soubor vysokoúrovňových komunikačních protokolů používaných v PAN (Personal Area Networks) sítích s malými nízkonapěťovými zařízeními. Jedná se o redundantní síť, což zvyšuje její spolehlivost a robustnost. Síť je škálovatelná, lze ji tudíž rozšířit v případě změny pokrytí hotelu jednotkami. Napájení modulů v HMS je realizováno technologií PoE (Power over Ethernet anebo obvykle 12 volty po sběrnici S5). Frekvence sítě je 2,4 GHz a doporučený počet komunikujících termostatů je 50-100 na jeden okrajový router, tedy méně než maximální kapacita 280 modulů.

Pokud jde o realizaci v samotném pokoji, z pohledu energetického managementu jsou relevantní především klimatizační jednotka a řídicí jednotka (nutně však doplněné o detektor PIR a dveřní magnetický kontakt). Základní varianta je na obr. 17, kde je nahoře zobrazena instalace s vodičovým spojením přes sběrnici S5 (S5bus) využívající proprietární protokol P5 (tak vypadalo původní zapojení v hotelu před rekonstrukcí). Spojení (sběrnice) je realizováno třemi dráty, oranžovým vedou data, červený je napájecí, hnědý zemnicí. Neslouží přitom pro jinou než vnitropokojevou komunikaci a je alternativou bezdrátového propojení. Pokud jsou zařízení již připojena do elektrické sítě, používá se pouze oranžový a hnědý kabel. K vidění je sběrnice na obr. č. 18.



**OBRÁZEK 17 ZAPOJENÍ V POKOJI (BEZ DETEKTORU PIR A DVEŘNÍHO MAGNETICKÉHO KONTAKTU KTERÉ JSOU V MÍSTNOSTECH SAMOZŘEJMĚ TAKÉ). NEJEDNÁ SE O OSTROVNÍ INSTALACI ALE O NEJMENŠÍ JEDNOTKU NAŠÍ HMS INSTALACE. (HONEYWELL, 2015)**



OBRÁZEK 18 SBĚRNICE VYŽÍVANÁ PRO KOMUNIKACI UVNITŘ POKOJE (HONEYWELL, 2015)

Ve studovaném hotelu Hilton je nyní používán spodní systém. Obrázek č. 17 dole přitom nejnějněji ilustruje tamější situaci, neboť zobrazený termostat E529 je přesně ten, jímž byly po rekonstrukci vybaveny pokoje hotelu. Je to bezdrátová jednotka s bateriemi, jež přes relé spíná kontakty klimatizační jednotky (fan coilu). V následující kapitole budou detailně rozebrány jednotlivé komponenty využívané v hotelu Hilton Bayfront (kapitola dle Honeywell, 2015).

## 2.2 KOMPONENTY

Jednotlivá základní schémata studovaného hotelového SSP byla představena na předcházejících obrázcích. Zde budou detailněji ukázány součásti, z nichž se takový systém skládá. Konkrétně se podkapitola zaměří na čidla, síťové a spínací prvky, některé z nich by se daly označit jako prvky polní instrumentace. Nejjednodušší prvky jako jsou např. termistorová teplotní čidla apod. naopak podrobněji probrány nebudou, přestože i ty jsou podle systémových schémat součástí architektury.

### 2.2.1 PC-502

Modul slouží ke zvětšení dosahu radiofrekvenční sítě anebo jako „protocol converter“, tedy brána. Coby brána propojuje síť s proprietárním protokolem S5 na sběrnici S5bus a radiofrekvenční síť s jejími vlastními protokoly. V kombinaci s dalšími moduly může také sloužit jako nástroj protokolové konverze mezi RS485 a protokoly hluboké mesh sítě, což je obzvlášť užitečné pro systém ovládání zámků (například INNCOM Central Electronic Lock System). Obecně je to také praktické v aplikacích, kde je třeba konvertovat signál mezi RS485 a radiofrekvenčními sítěmi pro přenos dat z pokojů do páteřní sítě. V samotné místnosti naopak poskytuje všem zařízením tvořícím integrovaný systém pokojové automatizace (Integrated Room Automation System) službu radiofrekvenčního vysílače, v případě že potřebují přenášet bezdrátově data.

Pokud jde o hlubokou mesh síť, pak v ní jednotka PC-502 může sloužit na vykrývání míst se slabým pokrytím vzniklých v důsledku vzdálenosti anebo



OBRÁZEK 19 MODUL PC-502 (INNCOM.COM, 2017)

interferencí. V neposlední řadě slouží k vytvoření vícenásobných cest sítí, a tak zvyšuje její redundantnost a tedy i spolehlivost (Inncom, 2017).

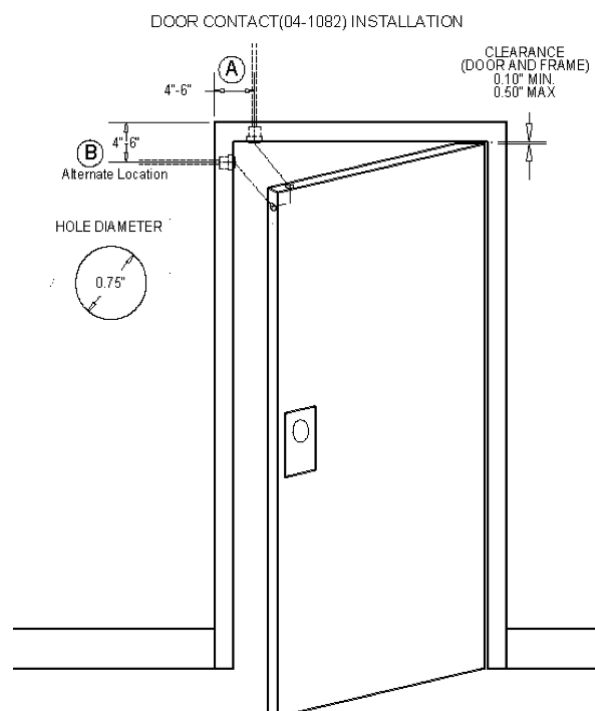
Tabulka č. 1 Vlastnosti PC-502, upraveno dle (Inncom.com, 2017)

Parametr	PC-502.1	PC-502.2
Rychlost RF přenosu	250kbps	250kbps
Typ Antény	SMT	SMT
Vnitřní dosah	21m	30m
Vnější dosah po přímce bez překážek	165m	305m
Vysílací výkon	3mW (+4dBm)	50mW (+17 dBm)
Citlivost příjmu	-98dBm	-98dBm
Frekvenční pásmo	2,4Ghz	2,4Ghz
Šifrování	AES-128	AES-128
Protokol	802.15.4	802.15.4
Frekvenční kanály	11-26	11-26
Vstupní napětí	12VDC	12VDC
Proudový odběr	50mA(max)	100mA(max)
Provozní teplota prostředí	0°C	40°C
LED/Switch	Indikátor resetu, zabliká když je jednotka připojena k RF síti, rychlé blikání během párování	Indikátor resetu, zabliká když je jednotka připojena k RF síti, rychlé blikání během párování

## 2.2.2 DVEŘNÍ KONTAKT S241

S241 je čidlo určené k monitorování stavu dveří, toho zdali jsou zavřené, nebo otevřené. Tato informace je kritická při určování obsazenosti pokoje, neboť spolu s detektorem pohybu PIR poskytuje velmi přesný obraz o stavu místnosti z hlediska přítomnosti osob. Principiálně se jedná o magnet ve dveřích, který spojí jazýčkové kontakty senzoru S241, jakmile se zavřou dveře, čímž signalizuje příchod nebo odchod člověka (proměnná obsazenost změní svůj stav).

Pokud jde o umístění, ideální je dále od osy pantů, neboť dveře tak indikují stav zavřeno jen pro malé úhly, které s klesající vzdáleností od této osy logicky rostou, což je nežádoucí.



OBRÁZEK 20 UMÍSTĚNÍ KONTAKTU



OBRÁZEK 22 DVEŘNÍ KONTAKT  
MAGNETICKÝ



OBRÁZEK 21 DVEŘNÍ KONTAKT  
MAGNETICKÝ BEZDRÁTOVÝ

Obrázky, tabulka níže a text dle (Inncom.com, 2013)

Tabulka č. 2 Vlastnosti S241

Parametr	S241/PFC48
Popis	Zapuštěný magnetický kontakt $\varnothing \frac{3}{4}$ " s 12" vodiči #22 typu AWG
Typ smyčky	Uzavřená
Forma jazýčkových kontaktů	N/O
Mezera v oceli	13mm
Max počáteční odpor kontaktu	0,15 $\Omega$
Max rating kontaktu	10W
Max přepínací napětí	100VDC/VAC
Max přepínací proud	0,5A

Parametr	S541.RF
Rychlost datového přenosu	250kbps
Vnitřní dosah	30m
Vysílací výkon	1mW (+0dBm)
Přijímací citlivost	-94,6dBm
Frekvenční pásmo	2,4GHz
Šifrování	128AES
Protokol	802.15.4
Provozní teplota okolí	0°C-40°C

### 2.2.3 PIR (PASIVNÍ INFRAČERVENÝ) DETEKTOR POHYBU

Má mnoho využití, spolu s termostatem (pokojevou řídicí jednotkou), dveřním kontaktem či elektronickým zámekem a komunikační sítí pomáhá, jak již bylo uvedeno výše, určovat obsazenost pokoje. Samotný detektor je vybaven kombinací Fresnelových a cylindrických čočkových elementů s vysokou citlivostí od 0,5m od detektoru až do vzdálenosti 12m. Signál je vyhodnocován algoritmem „True Motion Recognition“, který umožňuje rozlišit mezi opravdovým pohybem osoby a rušeními, jež by mohla spustit falešný signál. Samotná detekce probíhá dle principu PIR jako reakce na infračervené záření a jeho změny vyhodnocené diferenciatním snímáním.

Pro správnou funkci pasivního infračerveného čidla je jako vždy třeba dodržet i vhodné umístění. V zásadě je důležité jej umístit pryč od

- otvorů ven (dveří a oken)
- proudění horkého nebo studeného vzduchu

zároveň je třeba

- pokrýt nejpravděpodobnější oblast pohybu hosta
- nemířit na oblasti velké tepelné fluktuace (ventilační potrubí, vnější okna, zadní rošt chladničky, atp.)

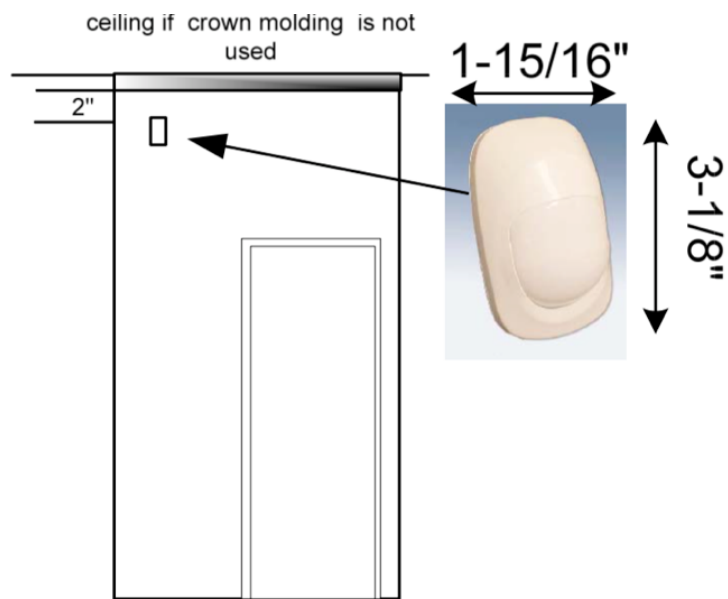
Z praxe se dále ukazuje, že vzhledem k detekční charakteristice čidla je nevhodnější jej umístit do rohu a mít přitom na zřeteli, že detekční úhel směrem dolů svírá s vodorovnou rovinou čidla 60° - to je důležité zejména při instalaci u stropu. Rozsah ve vodorovné rovině je v případě tohoto čidla 90° a až 170° v případě čidel integrovaných do termostatů řady E527 a E528 (Honeywell, 2017a,b).

Optimální umístění je k vidění na obrázku č. 23.

Stropní varianta využívá dvouprvkového pyroelektrického senzoru s nízkým šumem a signálového procesoru který eliminuje šum vzniklý elektromagnetickou interferencí a proudovými nárazy. Nesmí být instalován výše než 3,6m nad podlahou a po instalaci je vhodné provést test pohybem/chůzí v místnosti.

Za nevhodné řešení je možné považovat například to na obrázku č. 24 a to proto, že není pokryta celá postel ani sedací souprava. V případě větších či nepravidelných prostor se volí více čidel. V každém případě je nutné si uvědomovat, že lepší pokrytí a spolehlivější vyhodnocování znamenají menší riziko nechtěného přepnutí do úsporného režimu či zpožděného náběhu režimu „obsazený pokoj“ (byť ten se spouští primárně otevřením dveří). Stejně tak dobrá funkce zajistí i rychlejší náběh úsporného režimu při opuštění pokoje. Kvalita signálu PIR a jeho zpracování tedy úzce souvisí s celkovou efektivitou systému. Jelikož tento konkrétní detektor byl primárně vyvinut pro účely střežení objektů a ne pro detekci obsazenosti, je

pro optimální funkčnost dobré je kombinovat s detektorem integrovaným v termostatu (Honywell, 2013). Kromě této varianty existují i bezdrátové verze standardu ZigBee.



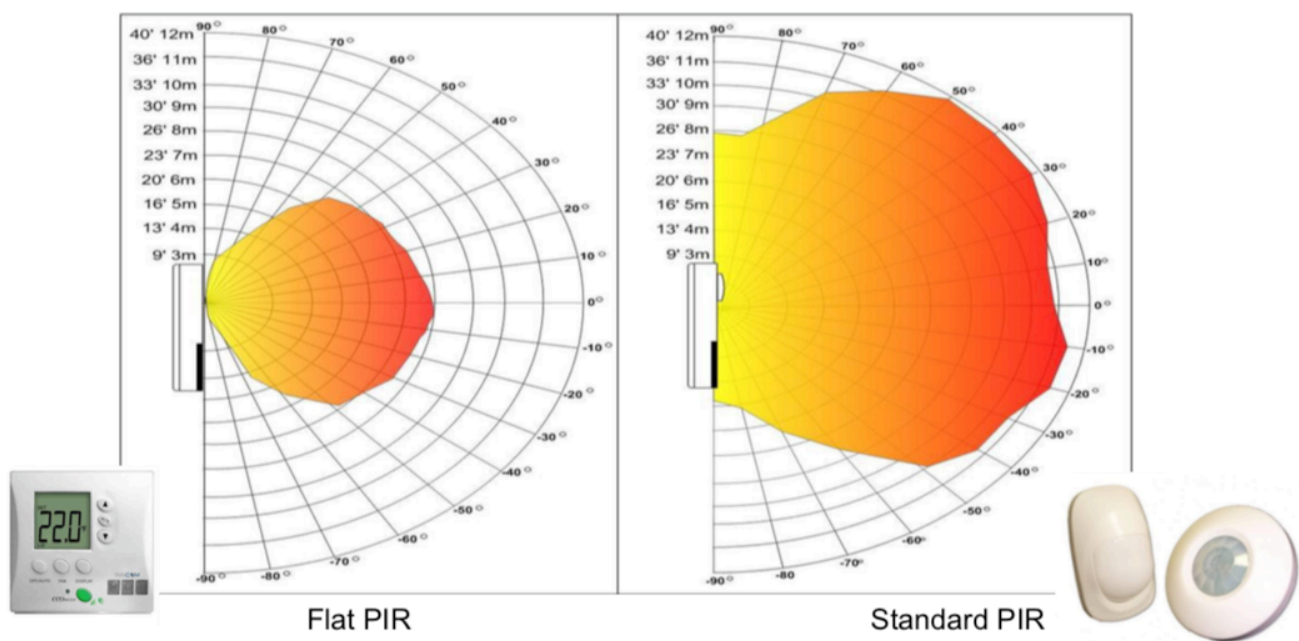
**OBRÁZEK 23 OPTIMÁLNÍ UMÍSTĚNÍ DETEKTORU**



**OBRÁZEK 24 NEVHODNÉ UMÍSTĚNÍ DETEKTORU**



OBRÁZEK 25 BEZDRÁTOVÁ VARIANTA K 594.RF



OBRÁZEK 26 DETEKČNÍ CHARAKTERISTIKA PLOCHÉHO MODULU A STANDADRNIHO MODULU (OBR. 23-26 A TABULKA Č. 3 DLE HONEYWELL, 2013)



Tabulka č. 3 Vlastnosti K594W a K594C

Parametr	K594W	K594C
Vstupní napětí	9 – 16 VDC	8-16VDC (12VDC jmenovité)
Proudový odběr	Max. 9 mA při 12 VDC	15mA při 12VDC
Údaje čoček:		
Počet Fesnelových paprsků	27	
Počet závěsových paprsků	9+5	
Maximální pokrytí	12 x 12m/90°	11 x 11m
Výstup alarmu	Solid state relé, NC, až do 100mA/30V, ~30Ω vnitřního odporu. Obvod se rozpíná na 2-3s po alarmu.	NC nebo NO reléový kontakt s 10Ω vnitřním odporem. Značení kontaktu: 28VDC, 0,1A
Indikace poplachu	LED diody po dobu 2-3s	
Čítač událostí	Volitelný, 1 až 2 případy pohybu	
Tamper kontakty	Normálně sepnuté, odporové pro 50mA/30VDC	
Provozní teplota	-10°C-50°C	-10°C-55°C
Skladovací teplota	-20°C-60°C	
Ochrana před EM interferencí	Více než 20V/m (20MHz)	

## 2.2.4 RELÉOVÁ JEDNOTKA X47

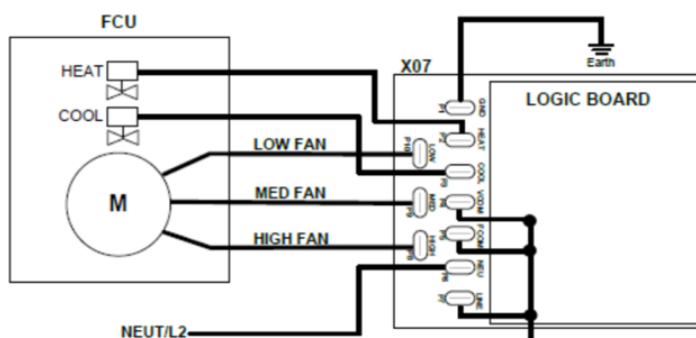
Reléová jednotka s označením X47 nabízí pět reléových výstupů k připojení mnoha různých zátěží včetně FCU. Je možné ji propojit s pokojovou sítí tak, aby přijímala data přes nízkonapěťovou sběrnici S5, infračerveným přenosem či přes radiofrekvenční kanál (ve spojení s PC502).

### Vlastnosti

- ovládá celé spektrum FCU jednotek, komplexní nízkonapěťové osvětlovací okruhy a další pokojové aplikace od 24 do 277 V (střídavě)
- podporuje tři komunikační módy: sběrnici S5, IR (infračervený port) a RF
- instaluje se spolu s FCU/HVAC
- možnost připojení vzdáleného termistoru pro externí měření teploty (přesnost  $\pm 1\%$  při  $25^{\circ}\text{C}$ )
- uzavřená schránka pro lepší ochranu citlivých obvodů (Honeywell, 2017c)



OBRÁZEK 27 JEDNOTKA X47



OBRÁZEK 28 TYPICKÉ ZAPOJENÍ FCU (OBRÁZEK 23 A 24 A TABULKA DLE HONEYWELL, 2017C)

Tabulka č. 4 Reléové funkce X47 u typických instalací

	4-trubkový, 3-ventilátorový Ohřívací/chladící FCU	2-trubkový, 3-ventilátorový, chladící FCU	Tepelné čerpadlo, 2-ventilátorové, dohřívací	Tepelné čerpadlo, 3 rychlosti ventilátoru	Těleso PTAC*, dva ventilátory s pásovým ohřivačem
K1	Ventilátor silně	Ventilátor silně	Ventilátor silně	Ventilátor silně	Ventilátor silně
K2	Ventilátor středně	Ventilátor středně	Teplo dohřev	Ventilátor středně	Nepřipojeno
K3	Ventilátor slabě	Ventilátor slabě	Ventilátor slabě	Ventilátor slabě	Ventilátor slabě
K4	Signál chladit	Signál chladit	Y-kompresor	Y-kompresor	Y-kompresor
K5	Signál topit	Nepřipojeno	B/O reverzní ventil	B/O reverzní ventil	Ohřev

\*Packaged Terminal Air Conditioner – Terminálová uzavřená klimatizace

### 2.2.5 OKRAJOVÝ ROUTER B574

Coby okrajový (edge) router propojuje Ethernetovou část sítě s radiofrekvenční Hlubokou mesh sítí. Může vytvářet zároveň vnitropokojové a zpáteční sítě až s několika stovkami pokojů na PAN ID (Personal Area Network ID). Podporuje vícero IP protokolů (mimo jiné UDP, ICMP). Okrajový router B574 zvyšuje bezpečnost a poskytuje protokolovou konverzi RF-Ethernet s možností PoE pro zařízení využívající napájení přes Ethernet neboli Power over Ethernet.

Zařízení tak může pracovat v režimu pokojové brány převádějící vnitropokojový signál ze sběrnice S5, IR či RF sítě na Ethernet směrem k serveru (Honeywell, 2017d).



OBRÁZEK 30 MODUL B574 VARIANTA INSTALOVANÁ NA ZEĎ



OBRÁZEK 29 MODUL B74 VARIANTA INSTALOVANÁ NA DIN LIŠTU

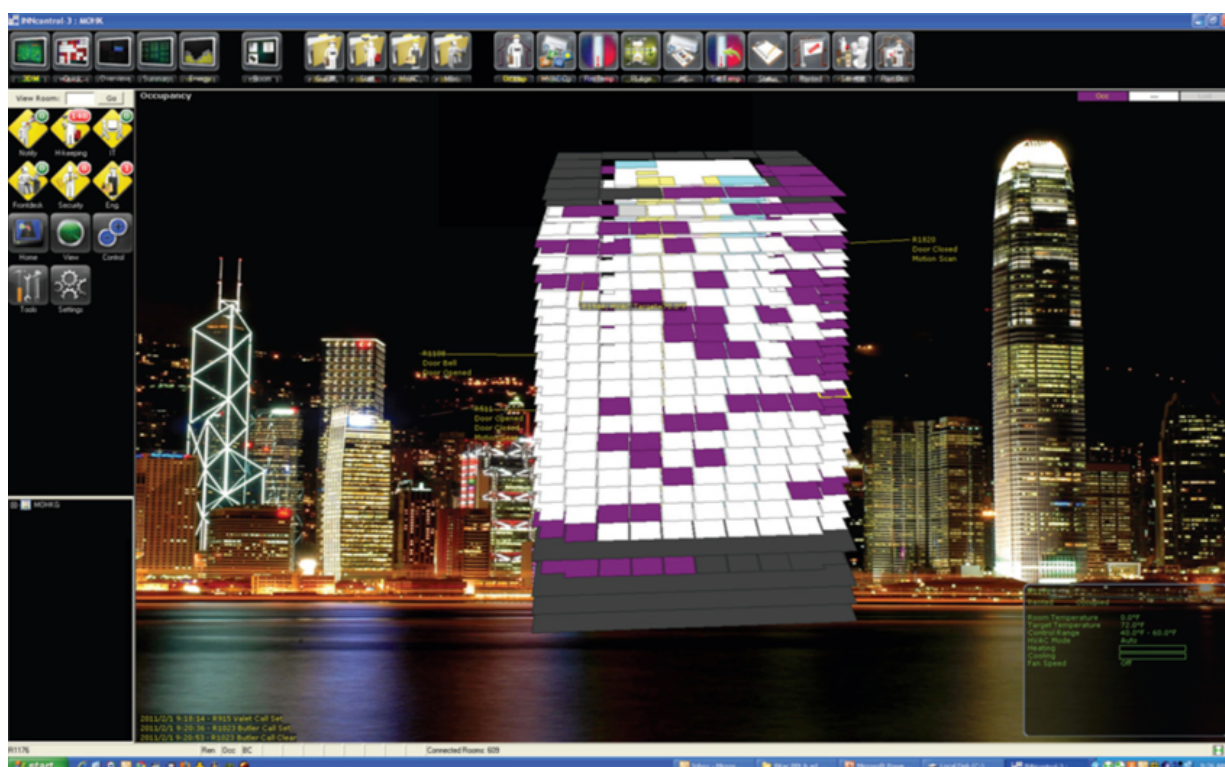
Obrázek a tabulka dle (Honeywell, 2017d).

Tabulka č. 5 Vlastnosti B574

Parametr	B574
Datová rychlost přes RF	250 kbps
Vnitřní/Vnější (v zástavbě) dosah	30m
Vysílací výkon	10 mW (+18dB) jako router 1 mW jako brána
Citlivost antény příjem	-94,6 dBm
Frekvenční pásmo	2,4 GHz
Šifrování	AES-128
Protokol	802.15.4
Frekvenční kanály	11-26
Síťová topologie	Mesh
Maximální počet zařízení na segment IP sítě	50 B574 PAN koordinátorů, 2000 PC-803 pokojových bran, 200 okrajových routerů
Maximální počet zařízení na HMS	Až 200 (dle aplikačního profilu a situace na místě)
Maximální počet vnitropokojových zařízení v místnosti	Až 50
Dosah IR čidla	30m
Napájecí napětí	12VDC
Proudový odběr	200mA
Provozní teplota okolí	0-40°C
Rozměry	86mm x 78mm x 40mm (DIN lišta); 20,65mm x 22,25 (okrajový router)

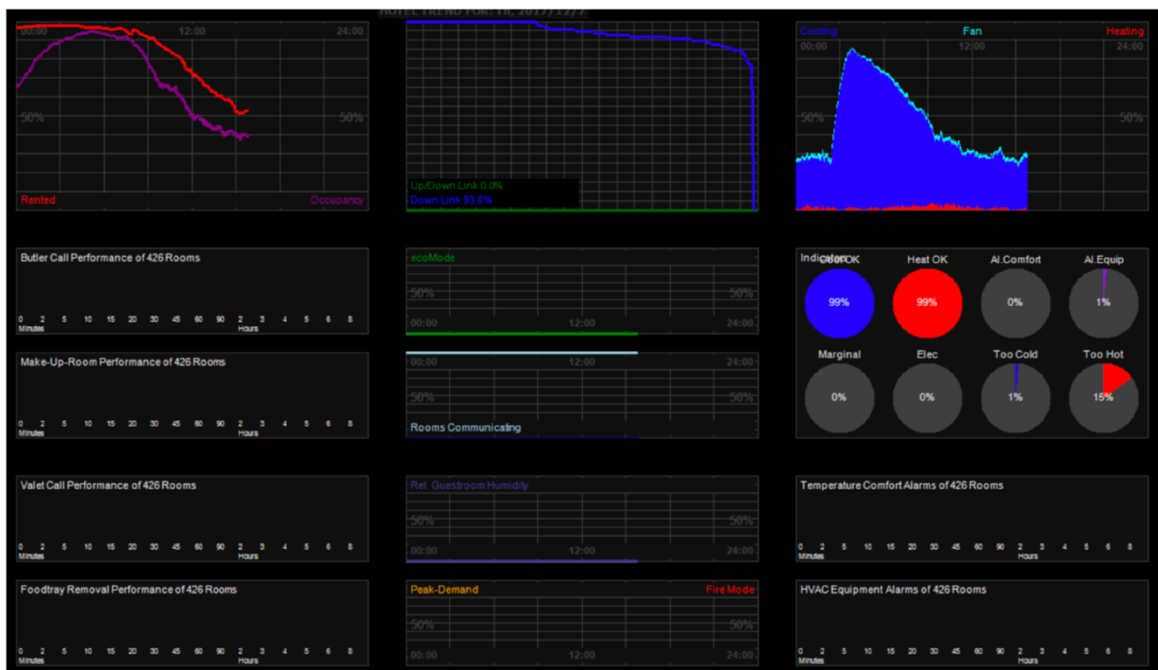
## 2.3 SOFTWARE

Software využívaný pro správu všech zařízení je v hotelu Hilton INNCOM INNcontrol 3. Ten umožňuje sledovat stav celé budovy (i více budov) a ihned zobrazit případné problémy v systému, zařízení která nefungují, atp. Systém dovoluje termostatu dosahovat ještě větších úspor, neboť mu posílá informace o rezervovanosti pokojů a ten tak může zvolit ještě úspornější provozní režim, jelikož ví, kdy bude třeba obnovit dodávku tepla a kdy je naopak nepotřebná. Jinými slovy, může přepnout do módu nepronajato neobsazeno. Hotelovým rezervačním systémem je v San Diegu jak již bylo uvedeno OnQueue PMS.



*OBRÁZEK 31 CELKOVÝ POHLED NA BUDOVU*

Obrázek č. 31 ukazuje celkový pohled na budovu, který systém Inncontrol 3 nabízí. Budovou je možné rotovat a sledovat tak stav jednotlivých pokojů skutečně ve 3D pohledu. Údaje o pokojích nabíhají v jednotlivých políčkách, přičemž barevně jsou odlišeny obsazené a neobsazené pokoje, komunikující a nekomunikující místnosti, atp. Na následujícím okně (obrázek č. 32) mohou facility manažeři sledovat celkové energetické přehledy v hotelu, stav vytápění a chlazení, údaje o pronajatosti a obsazenosti pokojů, výkonové statistiky personálu, přehled vlhkosti, tok elektřiny, spotřeby energií a stav komunikace jakož i alarmy a využití ekologického módu plus mnohé další.



OBRÁZEK 32 POHLED NA STATISTIKY GRAFICKÝ

Obrázek č. 33 pak ukazuje na rozdíl od předchozího méně grafický a více tabulkový přehled pokojů, jejich obsazenosti a pronajatosti jakož i shrnutí činnosti HVAC, senzorů a další. Podobné přehledy má management k dispozici i pro jednotlivé pokoje, přičemž právě tyto detailní průběhy sledovaných veličin přenášeny pokojovými termostaty byly použity v analytické části práce.

Numeric Summary	
Rented	224
Unrented	199
<b>Rooms</b>	<b>423</b>
Rented/Occ	94
Rented/Vac	130
Unrented/Occ	68
Unrented/Vac	131
<b>Rooms</b>	<b>423</b>
Engineered	423
Ad-Hoc	38
<b>Communicating</b>	<b>461</b>
Lost	3
Heating	3
Cooling	108
EMS Lite	3
Comfort Alarm	0
Equipment Alarm	3
Filter Alarm	0
Smoke Alarm	0
Peak Demand	0
ETM	9
Door	17
Ajar	0
Open Long	3
Lock Battery	0
Window	0
Privacy	44
Automation Disabled	0
ecoMode	0
Butler Call	0
Make-Up Room	18
Valet	0
Food Tray	0
Hearing Impaired	0
Cleaning Req.	0
Supervisor Req.	0
Out of Order	0
Hibernating	0
Bartech Cnt	423
BT Unlocked	220
BT Alt Proxy	63
BT Faults	1

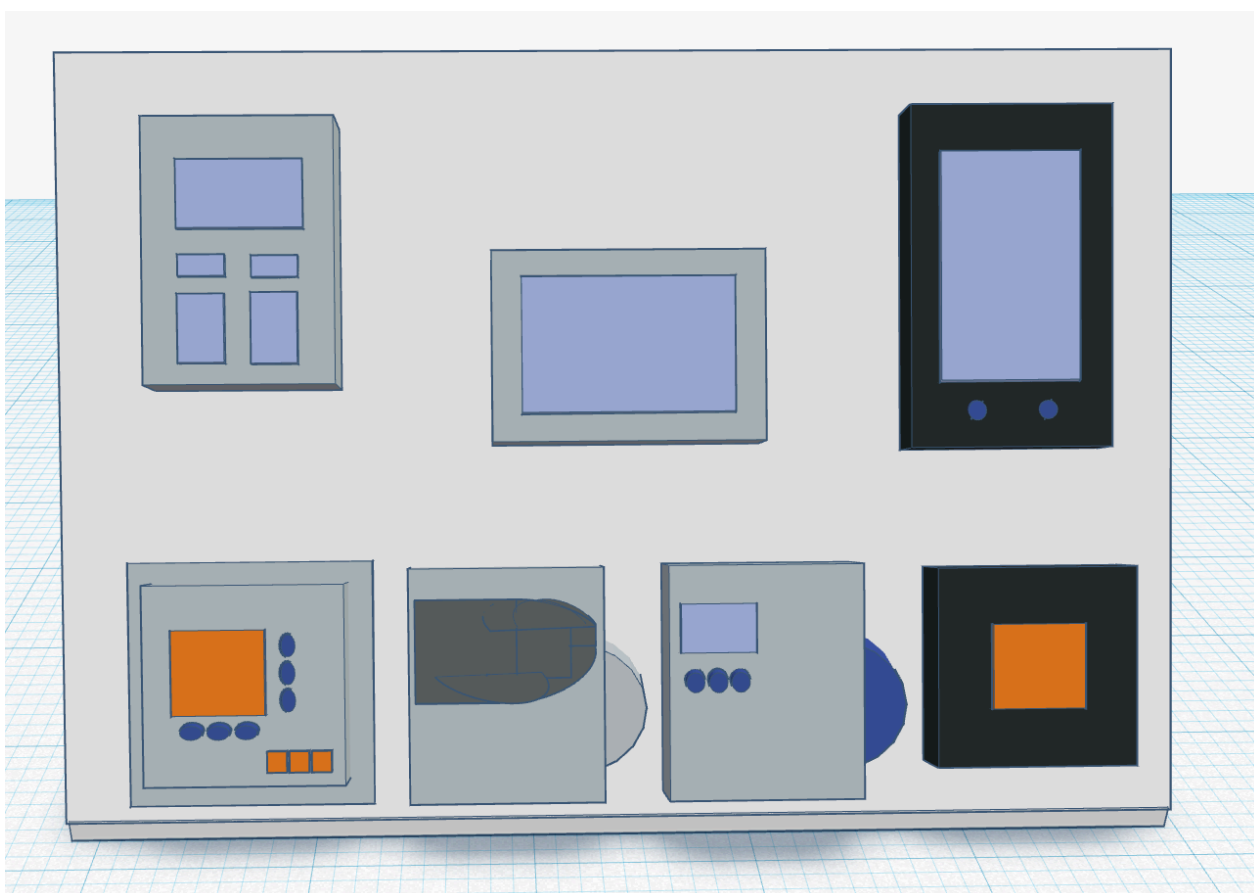
OBRÁZEK 33 POHLED NA STATISTIKY TABULKOVÝ (OBRÁZKY Č. 27-29 DLE HONEYWELL 2015)

### 3 DEMONSTRAČNÍ PANEL

Tato kapitola je věnována vytvoření demonstračního panelu, popisu modulů použitých přímo na něm, návrhu jejich zapojení a modelu, podle něhož byl celý panel sestaven. Samotné zhotovení desky není podrobněji rozebíráno, v zásadě se jednalo o elektrikářskou a řemeslnou práci s využitím elektrotechnického a mnohého dalšího nářadí za použití různých technik včetně pájení, frézování, apod.

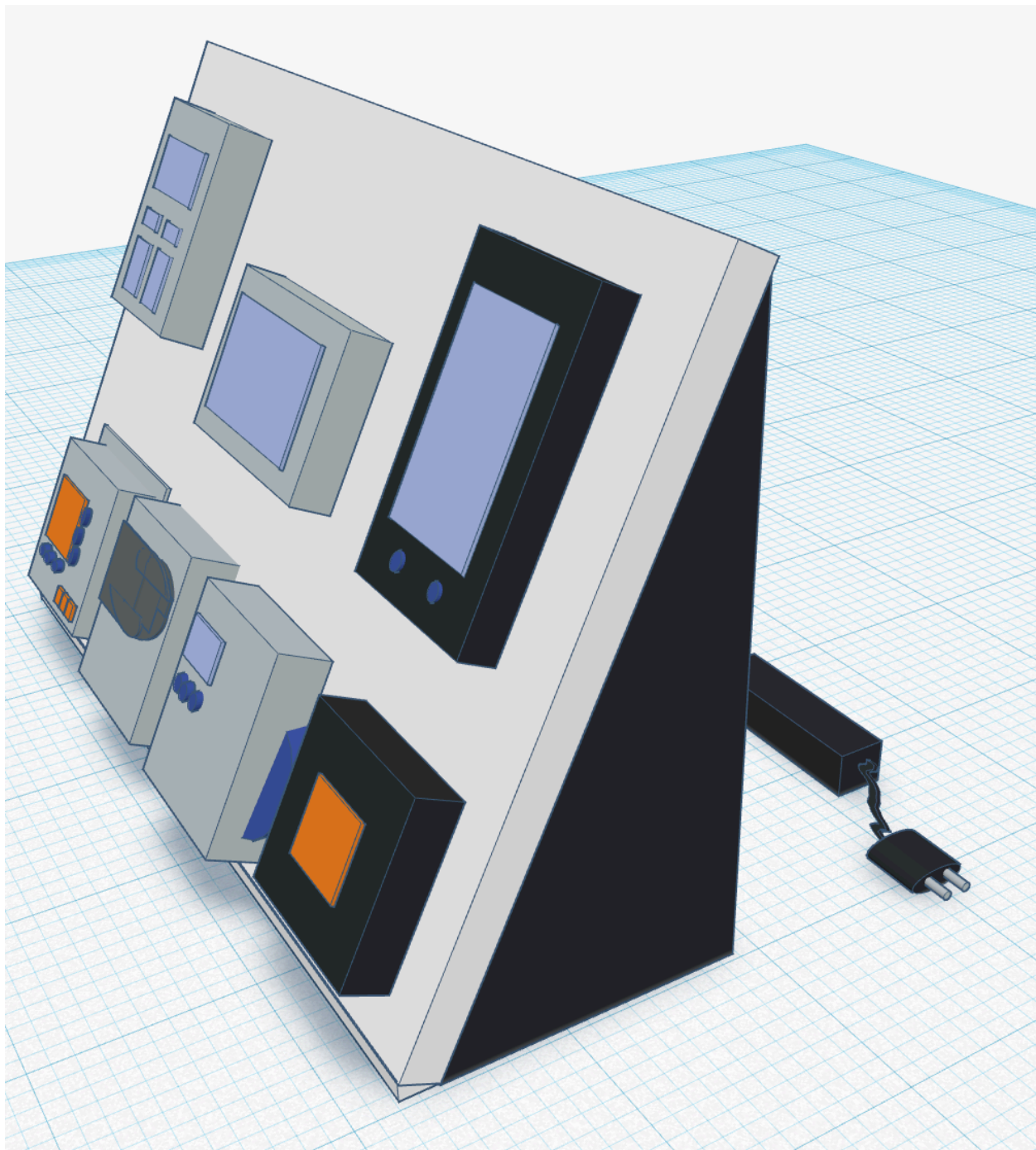
#### 3.1 CAD MODEL

Model vytvořený v Tinkercadu sloužil jako předloha pro demonstrační panel. S jeho pomocí bylo ověřeno rozmístění modulů na desce, výsledný vzhled, vedení vodičů (kabelů a sběrnic), využitelnost dutin na zadní straně jakož i pozice vrtů pro protažení kabelových propojek.



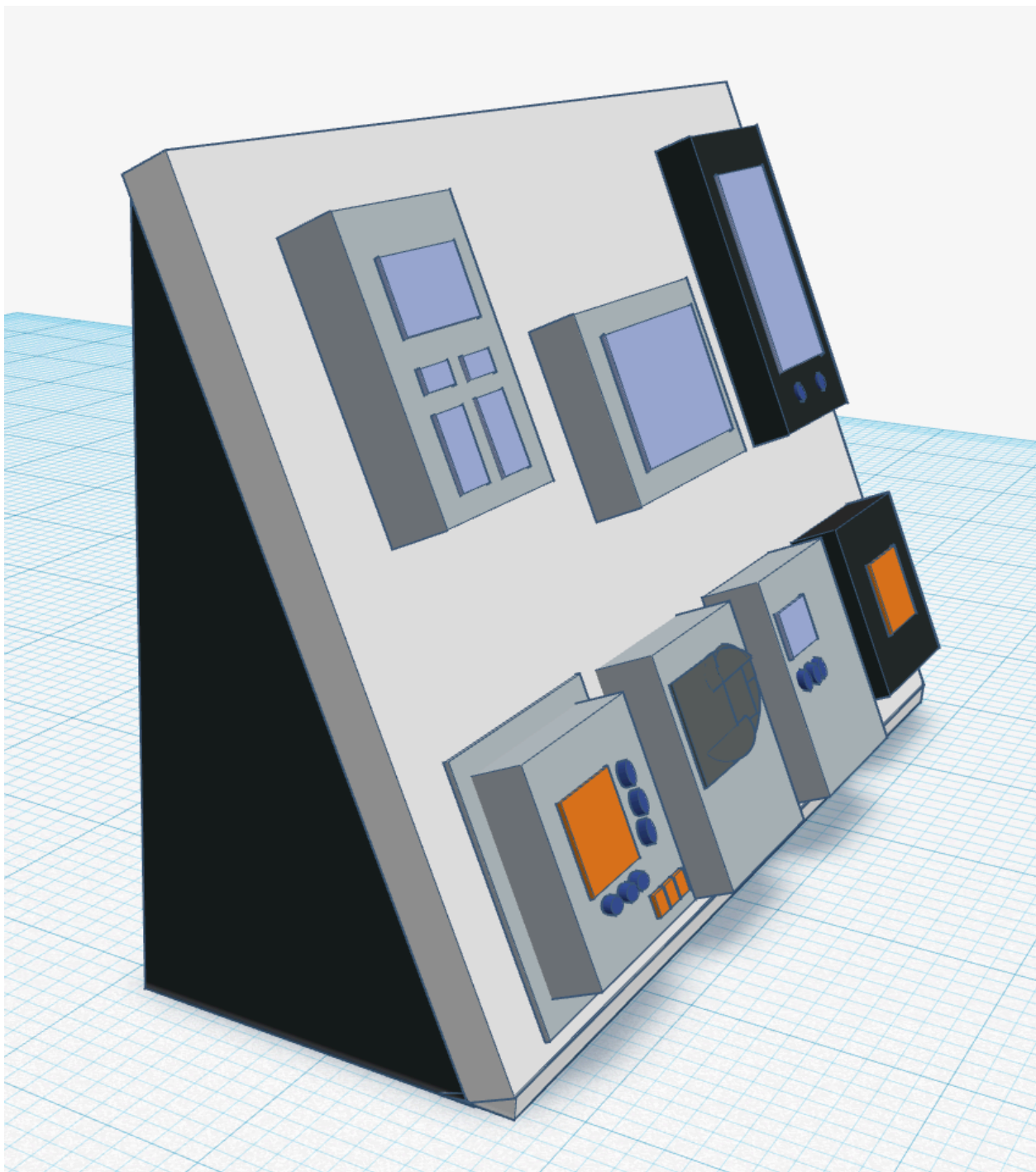
OBRÁZEK 34 ČELNÍ POHLED NA PANEL

Přínosem modelu pak bylo zejména přesnější umístění vrtaných otvorů a omezení chyb vznikajících z nedostatečného odhalení zadní strany modulů, což by znemožňovalo jejich správné napojení a zhoršovalo čitelnost údajů na štítcích.



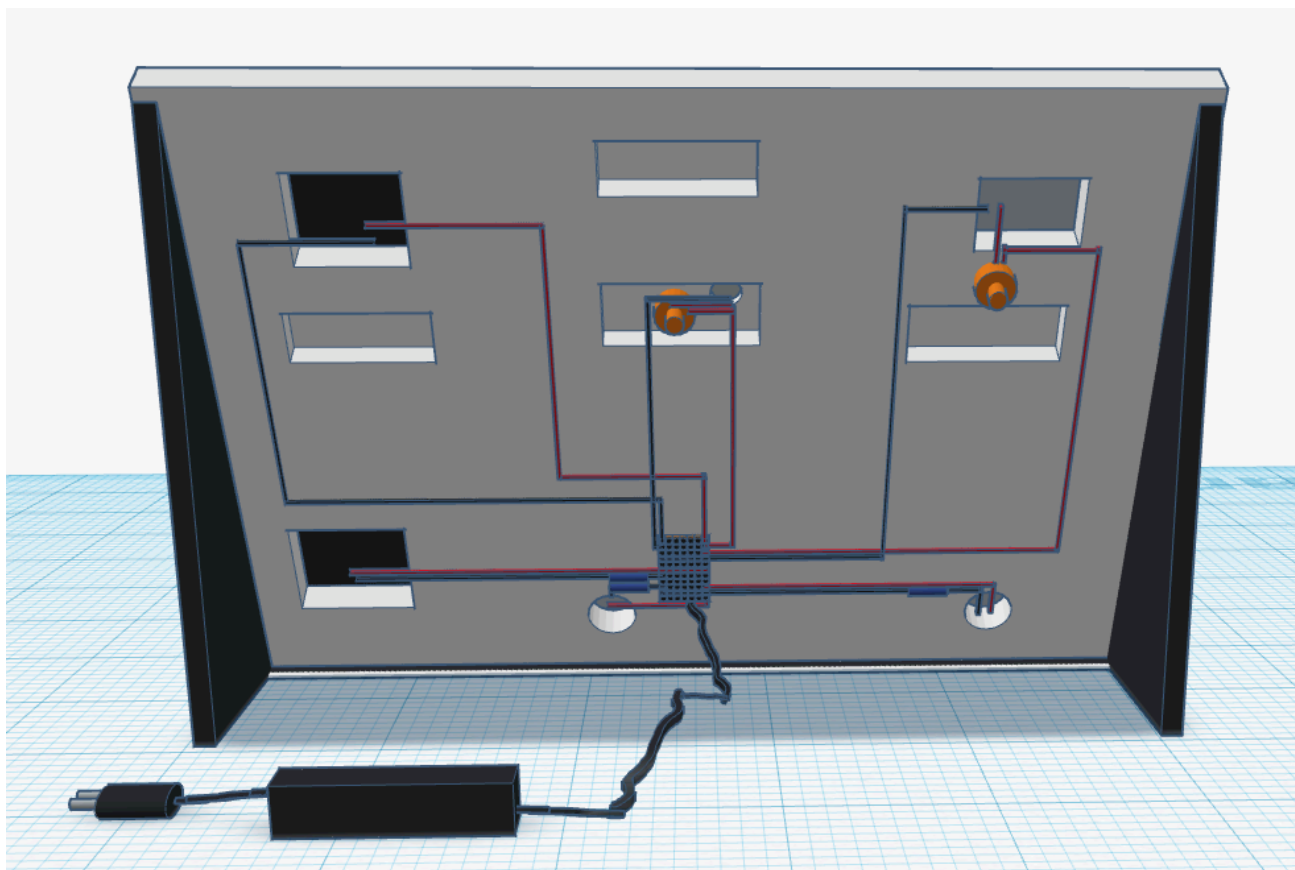
*OBRÁZEK 35 ŠIKMÝ POHLED NA PANEL (1)*





OBRÁZEK 36 ŠIKMÝ POHLED NA PANEL (2)

Při tvorbě modelu byla snaha o co nejuvěrnější zachycení všech detailů jednotlivých modulů, aby byly snáze identifikovatelné a hůř zaměnitelné, a také pro posouzení celkového designového dojmu.



*OBRÁZEK 37 ZADNÍ POHLED NA PANEL*

Zadní pohled detailně zobrazuje vedení vodičů a celkově zapojení zadní části. Modře jsou kromě záporných vodičů barveny i rezistory, jež jsou předřazeny před některé moduly kvůli jejich nižšímu jmenovitému napětí oproti napětí transformátoru/síťového adaptéru. Kromě tří rezistorů figurují v modelu ještě dva potenciometry, které byly využity u dvou modulů (RV-WMB, CLCMTR40-H-CO2), u nichž se mi nepodařilo dohledat jmenovité hodnoty proudu a napětí. Bylo tedy třeba zprovoznit je postupným zmenšováním hodnoty odporu z maximální možné (vzhledem ke zvolenému potenciometru) a minimální bezpečné (vzhledem k modulu) na nižší, dokud moduly nezačaly vykazovat aktivitu. Všechny vodiče se sbíhají na cuprexitovém plošném spoji, odkud jsou připojeny na vývody adaptéru. Termostaty Modeva a E527 jsou na rozdíl od ostatních připojeny přes sběrnici S5. Vyfrézované dutinky slouží k umístění čnějících prvků jako jsou již zmiňované potenciometry či smotané vodiče, dále (v případě horní dutiny) jako madlo.

### 3.2 ELEKTRICKÉ SCHÉMA A VÝPOČTY

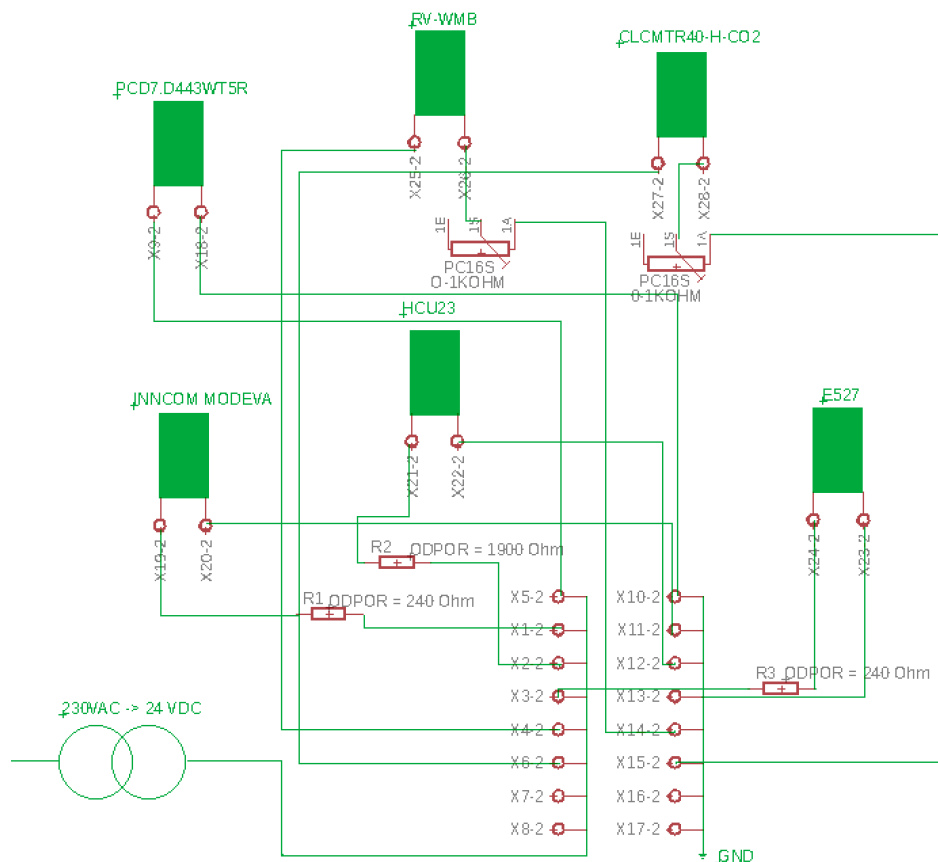


Schéma zapojení je jednoduché a zobrazuje to samé, co již bylo popsáno v předešlé sekci. Jsou zde uvedeny hodnoty jednotlivých odporů, tak jak jsou spočteny níže a rozpětí odporů potenciometrů. Pozice modulů je stejná jako na desce při zadním pohledu, křížící se vodiče se vzájemně neprotínají.

Následující tři výpočty představují výpočet odporů pro termostat Modeva, jednotku HCU23 a termostat E527.

$$U_{R1} = U_Z - U_1 \quad 12V = 24V - 12V \quad (2)$$

$$R_{R1} = \frac{U_{R2}}{I} \quad 240\Omega = \frac{12V}{0,05} \quad (3)$$

$$U_{R2} = U_Z - U_2 \quad 12V = 24V - 12V \quad (4)$$

$$R_{R2} = \frac{U_{R2}}{I} \quad 1900\Omega = \frac{12V}{0,0065} \quad (5)$$

$$U_{R3} = U_Z - U_3 \quad 12V = 24V - 12V \quad (6)$$

$$R_{R3} = \frac{U_{R3}}{I} \quad 240\Omega = \frac{12V}{0,05} \quad (7)$$

### 3.3 MODULY

Přehled modulů použitých na demonstračním panelu.

#### 3.3.1 CLCMTR42-H-CO<sub>2</sub>

Jedná se o nástěnné moduly, jež komunikují po dvoudrátové, na polaritě nezávislé, sběrnici typu Syk s volně programovatelnými regulátory řady LYNX. Vyrábí se ve dvou variantách – zde vyobrazená a použitá na desce se liší od druhé přítomností displeje. Dále existuje několik podvariant, podle toho jakým čidlem/čidly je ta která vybavena. Může jimi být čidlo teploty, vlhkosti a CO<sub>2</sub>. Modul na panelu je vybaven všemi třemi. Mezi základní funkce modulu patří schopnost ovládat otáčky ventilátoru připojeného zařízení, nastavení uživatelských jednotek teploty, relativní a absolutní nastavení požadované teploty. Ve speciálním režimu určeném pro techniky je dále možné provést teplotní a vlhkostní kalibraci, nastavit číselné nebo grafické zobrazení změny žádané hodnoty, nastavit meze a další.



OBRÁZEK 38 MODUL  
CLCMTR42-H-CO<sub>2</sub>

Tabulka č. 6 Vlastnosti CLCMTR42-H-CO<sub>2</sub>

Parametr	CLCMTR42-H-CO <sub>2</sub>
Přesnost senzoru teploty	±0,2°C při 25°C
Přesnost senzoru vlhkosti	+/-3% RV při 20-80% RV
Přesnost senzoru CO <sub>2</sub>	± (30 PPM + 3% z naměřené hodnoty)
Pracovní teplota	0-50°C
Skladovací a přepravní teplota	-40-65,5°C
Relativní vlhkost	5-95%, nekondenzující

\*RV = relativní vlhkost

Obrázek, tabulka a text dle (centraline.com, 2014)

### 3.3.2 RV-WMB

Modul Room View Display se připevňuje na stěnu, odkud je propojen s kontrolérem jedním polaritně nezávislým dvoudrátovým spojem určeným pro datový tok a napájení. Tím se šetří kabeláž. Je schopný sledovat teplotu a vlhkost, počítat rosný bod a předávat jej kontroléru, nabízí zobrazení a úpravu cílové teploty (set-point), regulaci běhu ventilátoru a další funkce. Až čtyři dotyková tlačítka, normálně používaná např. pro ovládání ventilátoru, se dají naprogramovat pro ovládání jiného vybavení, jmenovitě například závěsů, vytápění, světel, oken či jako ovládací tlačítka termostatu samotného.

Konfigurační nastavení RV-WMB je umístěno v nevolatilní EEPROM paměti, může tak být zálohováno na microSD kartu, odkud jej lze přenést na další RV-WMB, což zjednodušuje konfiguraci vícero jednotek. Změny a nastavení jsou obecně chráněny 4-číselným PINem, aby nedošlo k nepovolenému zásahu. Ventilátor je stavitelný v sedmi režimech přes parametr "Fan Configuration" buď přímo na modulu anebo na kontroléru. Informace mezi kontrolérem a RV-WMB jsou přenášeny pomocí tzv. Process Variables čili procesních proměnných. Ty mohou být vstupní i výstupní hodnotou RV-WMB a slouží k ukládání informací jako jsou teplota, vlhkost, rosný bod, apod.



OBRÁZEK 39 MODUL RV-WMB (TREND.COM, 2016)

### 3.3.3 SMART DIGITAL THERMOSTAT E527

Termostat jenž je přímo součástí systému integrované pokojové automatizace Incom, tedy systému SSP, nabízí digital direct control procesor, který umožňuje řídit v zásadě jakoukoli jednotku fan coilu, tepelného čerpadla či klimatizace v hotelovém pokoji. Vyrábí se v mezinárodním a americké provedení, může být vybaven bezdrátovým radiofrekvenčním vysílačem, a pasivním infračerveným detektorem pohybu/přítomnosti osob. Dále pak také čidlem vlhkosti, displejem venkovní teploty a patentovaným tlačítkem ecoMode. Rovněž má světelný senzor napomáhající detekci osob a může se připojit se k hluboké mesh síti přes RS485. Termostat může být využit



OBRÁZEK 40 TERMOSTAT E527 (HONEYWELL, 2017A)

samostatně - pouze s řízeným zařízením, v integrovaném zapojení Inncom anebo v centrálně řízené síti.

Je-li využíván jako kontrolér HVAC anebo termostat spojený s externím řídicím modulem, nastavuje automaticky rychlost ventilátoru, ventily a dobu provozu kompresoru, aby dosáhl nastavené teploty. Kromě již popisované funkcionality související s řízením teplotně-tolerančních režimů v závislosti na obsazenosti pokoje a případných informacích z centrálního hotelového systému, může sloužit i jako opakovač signálu. V takovém případě jej zesiluje pro další moduly a zařízení v místnosti (například ovládací jednotky světel, apod.).

Tabulka č. 7 Vlastnosti E527 (Honeywell, 2017a)

Parametr	E527
Rozměry	89x89x23 mm (š, v, h)
Napájení	12 VDC, 50 mA
Provozní teplota a vlhkost vzduchu	5°C-65°C, 0-95% nekondenzující
Teplota	±0,5°C pro 15- 30°C
Rozpětí měření termostatu	1-37°C
Zobrazení venkovní teploty	-18°C – 37°C
Rozlišení displeje	0,5°C
Standardní mrtvé pásmo	1°C mezi vytápěním a chlazením
Skladovací teplota	1-65°C
Rychlost přenosu dat přes RF	250 KBPS
Typ antény	SMT
Vnitřní dosah	21m
Frekvenční pásmo	2,4 GHz
Protokol	802.15.4
Frekvenční kanály	11-26



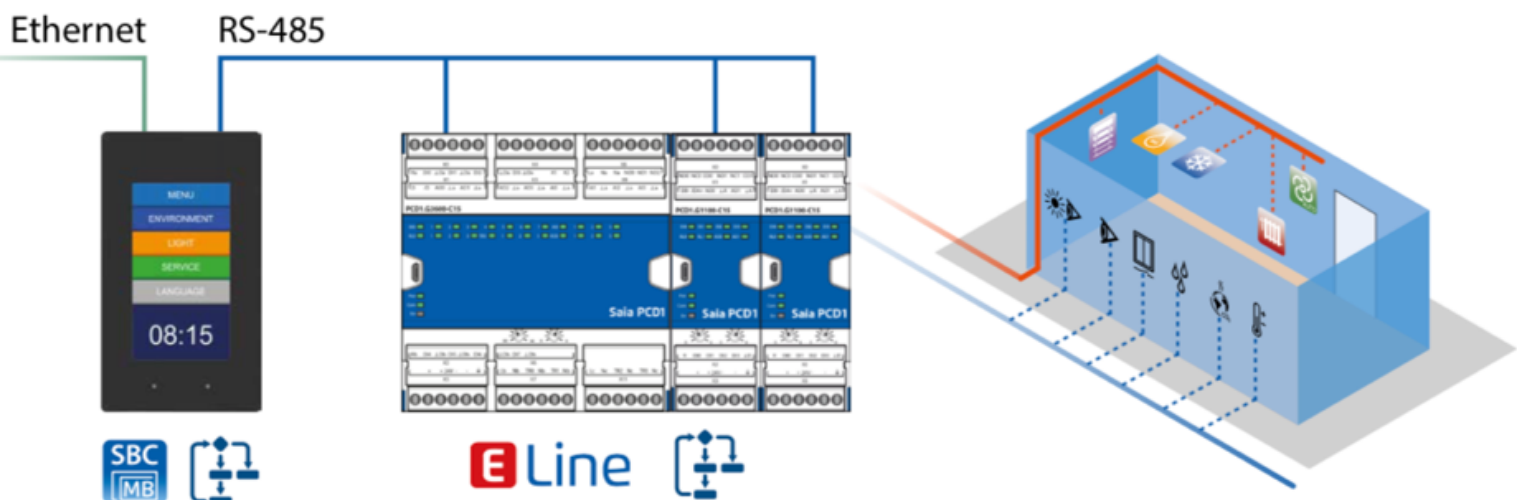
### 3.3.4 PCD7.D443WT5R

Plně programovatelný web panel (mikroprohlížeč) s integrovanou řídicí logikou umožňuje přímo řídit funkce připojených zařízení a zároveň nabízí výbornou ovladatelnost s vysokou čitelností díky kapacitnímu dotykovému TFT displeji. Implementace samostatných pokojových aplikací je založena na standardu RS-485, přes nějž probíhá komunikace mezi jednotkou a dalšími spolupracujícími zařízeními z produktové řady modulů E-line. Spojení s podlažním kontrolérem zajišťuje naopak Ethernet.

OBRÁZEK 41 WEB PANEL (SBC-SUPPORT.COM, 2018)

Tabulka č. 8 Vlastnosti PCD7.D443WT5R dle (sbc-support.com, 2018)

Parametr	Hodnota
Operační systém	Saia PCD cosinus s rozšířením micro browser (mikroprohlížeč)
Velikost displeje	4.3"
Rozlišení	WQVGA/480 X 272 pixelů
Dotyková technologie	PCAP
USB	1X (1.1/2.0)
Sériové rozhraní	RS-485
Ethernet	Ethernet 10/100 full-duplex, auto-sensing/auto-crossing
Senzor teploty přesnost	±1°C
Napájení	24 ± 20% VDC
Proudový odběr	160MA
Provozní teplota a vlhkost	0-50°C, 10-80% nekondenzující
Skladovací teplota a vlhkost	-25°C-70°C 10-80% nekondenzující
Ochranná třída	IP20
Hmotnost	200G
Souborový systém	128 MB
Uživatelský program ROM/DB/text	128 KB
RAM/DB/text	128 KB
Média	16 384 flagů/ 16 384 registrů
Paměť na zálohu parametrů (médií)	1000 nevolatilních registrů



OBRÁZEK 42 INSTALACE MODULU (SBC-SUPPORT.COM, 2018)

### 3.3.5 MODEVA

Termostaty řady Modeva nabízejí elegantnější, jednodušší a čistší rozhraní než většina ostatních v nabídce. Jsou vybaveny kapacitním dotykovým displejem, který je možné upravit podle potřeb hoteliéra tak, aby odpovídal nabízeným službám, čímž vznikne jedinečné uživatelské rozhraní. Termostat je vybaven pokročilým energetickým managementem, který lze doplnit tlačítkem a funkcionalitou ecoButton. V zájmu zachování čistého designu se upevňuje na zeď pomocí magnetů. Komunikace je zajištěna přes S5bus či radiofrekvenční síť, tudíž integrace do systému pokojové automatizace INNCOM je zcela přirozená a snadná. Napojení na Hlubokou mesh síť a centrální řízení přes INNcontrol 3 taktěž.



OBRÁZEK 43 TERMOSTAT MODEVA (HONEYWELL, 2015, TABULKA Č. 9 DTTO)



Tabulka č. 9 Vlastnosti Modeva dle (Honeywell, 2015)

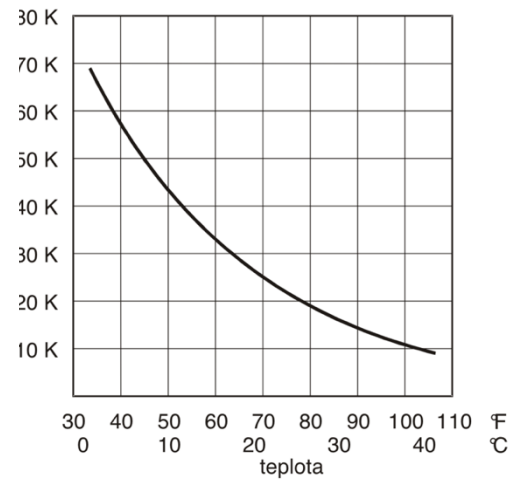
PARAMETR	MODEVA
Rozměry	86x86x10,8mm (v x š x h)
Napájení	12VDC, 50mA
Vnitřní dosah	21m
Vnější dosah bez překážek	165m
Vysílací výkon	1mw(+dBm)
Přijímací citlivost	-94,6dBm
Frekvenční pásmo	2,4GHz
Šifrování	AES-128
Rozlišení displeje	0,5°C
Protokol	802.15.4
Provozní teplota	1-65°C
Frekvenční kanály	11-26

### 3.3.6 CLCM1H112

Digitální nástěnný modul který patří do širší rodiny modulů, jež ve spolupráci s dalšími prvky (regulátory) dokáží poskytovat podobné služby jako termostat. V tomto případě se však jedná o variantu bez uživatelského rozhraní poskytující pouze údaje o teplotě a vlhkosti.



OBRÁZEK 44 MODUL CLCM1H112



Graf č. 1 Charakteristika teplotního čidla  
Teplota je zaznamenávána 20kΩ NTC teplotním čidlem, jež se řídí následující charakteristikou

Parametry vlhkostního čidla jsou potom následující:

Tabulka č. 10

Parametr	CLCM1H112
Měřící rozsah vlhkosti	10-95% RV
Výstupní signál	1 až 10VDC (10 – 100% RV)

\*RV = relativní vlhkost

A omezení:

Tabulka č. 11

Provozní teplota	6-40°C
Přepravní teplota	-40-65°C
Relativní vlhkost	5-95% nekondenzující

Vše dle (Centraline.com, 2008)

### 3.3.7 HCU23

Jedná se o jednoduchý termostat s voličem v podobě kolečka a několika základními tlačítky doplněné informativním displejem. Coby součást zónového řídicího systému vysílá údaje o cílové teplotě a teplotě místnosti modulu HCE40 skrze 4-5 žilový kabel. HCU23 je preferovaným řešením, pokud je stejný program využit ve více místnostech. To umožňuje nastavovat vlastní časy a dva stavitelné teplotní setpointy pro vytvoření vlastního vytápěcího programu pro každý den. Zařízení může být kdykoli přepnuto mezi automatickým a manuálním režimem. Dále je možné propojit jej s okenním kontaktem, přičemž při otevření okna je snížena teplota o osm stupňů. Napájení je realizováno modulem HCE40, při výpadku mohou jako náhradní zdroj sloužit baterie. (Vše dle centraline.com, 2009).



OBRAZEK 45 MODUL HCU23

Tabulka č. 12 Vlastnosti HCU23

PARAMETR	HCU23
Časový program	2 vytápěcí a 2 ochlazovací periody za den
Min. a max. nastavitelná teplota	12-28°C
Jemnost	0,5°C
Provozní teplota	0-40°C
Rel. vlhkost	max. 5-90%
Napájení	9-13,5 VA
Baterie (volitelné)	2 AA, 30 dní
Montáž	na stěnu
Rozměry	103 x 98 x 28 mm
Ochranná třída	IP 30
Vstupní okenní kontakt (volitelné)	HAC 30

### 3.4 ZÁZNAM DAT

Záznam dat z demonstračního panelu je realizován přenosem mezi termostatem E527, který je vybaven bezdrátovým komunikačním modulem a počítačem (případně tabletem). Přenos běží na frekvenci 2,4 GHz a dle protokolu 802.15.4. Komunikace je přímá, bez mezičlánků a na straně počítače/serveru jsou záznamy nahlíženy grafickou centrálou Inncontrol 3. Obdobným způsobem byla zaznamenávána i data v laboratoři během předchozí práce se systémem, ovšem s tím že šlo o data z reálného provozu. Tato instalace má spíš demonstrační charakter. Data je ovšem možné tak jako tak ukládat (jedním z hlavních úkolů RMS s centrálním serverem a přirozeně i SSB je archivace dat) a dále je analyzovat, ať už přímo v prostředí softwaru Honeywell anebo v tabulkových procesorech po otevření příslušných logů.



OBRÁZEK 46 SPUŠTĚNÝ DEMONSTRAČNÍ PANEL A ZÁZNAM DAT



OBRÁZEK 47 SPUŠTĚNÝ DEMONSTRAČNÍ PANEL A ZÁZNAM DAT

**OBRÁZEK 48ABC PROVÁZANOST SYSTÉMU INNCONTROL 3 A TERMOSTATU – NASTAVENÁ TEPLOTA ČILI SETPOINT (B), AKTUÁLNÍ (C)**

A



B



C



Nyní může přijít na řadu poslední část a tou je analýza dat.

## 4 DOPORUČENÍ NA SYSTÉMY DO HOTELŮ (ANALÝZA)

Otázka ideálního systému pokojové automatizace, který nabídne v první řadě efektivní management spotřeby energie a nesníží uživatelský komfort či v některých případech očekávání dokonce předčí, není jednoduše řešitelná. Je také nejisté, nakolik se systém osvědčí v praxi a zdali umožní snadnou integraci systémů třetích stran. Zejména pak s ohledem na správu dalších prvků jako je osvětlení, pokojové vybavení a služby. V následujícím textu budou proto uvedeny možnosti systému pro správu pokoje v praxi, konkrétně jím dosažené úspory při dodržení uživatelského komfortu. Opěrným bodem při tom budou studie energetické efektivity systémů ve Filadelfii a Nevadě a některé další, menší analýzy. Vzhledem k různým klimatickým podmínkám a uživatelským vzorcům v daných hotelích a lokalitách, pokrývají data relativně heterogenní oblast, což zvyšuje validitu výsledků.

V další části budou prezentovány výsledky vlastní datové analýzy sestavené na základě údajů z termostatů SSP instalovaných v hotelu Hilton Trento rozbor nabídne pohled na reálný provoz náhodně vybrané místnosti v hotelové budově napříč jedním týdnem. Metodicky je postupováno stejně jako v Projektu 2, proto je také nejprve ověřena schopnost systému reagovat na signály čidel, dále jsou pak ukázány průběhy obsazenosti a časových pásem v místnosti, což názorně ilustruje možnosti systému šetřit energii. Náhled dat probíhá v prostředí INNcontrol 3. Na rozdíl od projektu však není analyzována laboratorní místnost na Chodově ale skutečná hotelová data.

### 4.1 FILADELFIJE

Filadelfská studie probíhala v hotelu Marriott, kde bylo sledováno 10 pokojů v průběhu deseti měsíců. Sledovanými veličinami jsou spotřeba elektřiny na svícení a další spotřebiče, dále energie na chlazení a na vytápění. Poloha místností je v rámci hotelu taková, že leží na opačných stranách desátého podlaží, aby byl kompenzován vliv tepelných zisků ze slunečního záření a dalších zkreslení. Dále je design experimentu standardní – bylo zvoleno pět místností, kde byl systém INNCOM zapnutý, dalších pět sousedních místností jím bylo vybaveno také, ale byl zde deaktivován – sloužily jako kontrolní. Porovnávány jsou následně vždy páry sousedních místností, jedna testovaná, druhá kontrolní. Dodávka energie do pokojů je měřena systémem sestávajícím z BTU měřičů (British Thermal Unit meters) instalovaných na přívod teplé a studené vody fan-coilu. Pásmo tolerance je nastaveno na  $\pm 0,5$  °C kolem požadované teploty v režimu pronajato obsazeno (2) a  $\pm 2,2$  °C kolem požadované teploty v režimu pronajato neobsazeno (1) a intervalově pak na 10-32 °C v režimu nepronajato neobsazeno. Místnost vstupuje do režimu 1 z režimu 2 po 10 minutách od současného otevření a zavření dveří, kdy není zaregistrován žádný pohyb.

#### 4.1.1 BILANCE

Výpočet úspory probíhá přes konverzi změřené spotřeby energie v kWh na britské tepelné jednotky (BTU) a těch poté na jednotky RF (refrigeration ton) při současné znalosti „účinnosti chlazení 1,7 kW/tuna, účinnosti ohřevu v bojleru 75% a množství energie obsažené v krychlové stopě plynu rovného 1000 BTU a při použití tehdy aktuálních cen elektřiny \$0,091/kWh a plynu \$1,83/CCF (setina kubické stopy).

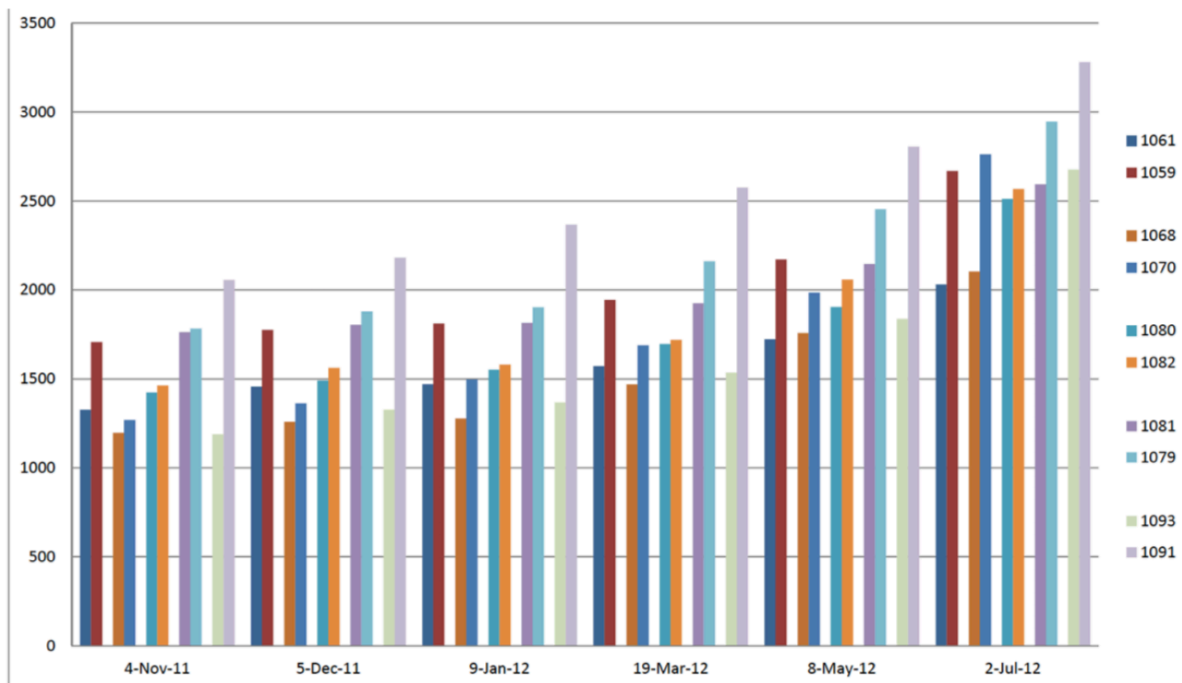
Sledované pokoje jsou pro přehlednost uvedeny ještě jednou v tabulce č. 13

<b>Pokoje s SSP v normálním režimu</b>	<b>Pokoje s deaktivovaným SSP</b>
<b>(podle čísel)</b>	<b>(podle čísel)</b>
<b>1061</b>	1059
<b>1068</b>	1070
<b>1080</b>	1082
<b>1081</b>	1079
<b>1093</b>	1091

Srovnání spotřeby energie vycházející ze studie je prezentováno na následujících třech grafech.

Graf č. 2 zobrazuje vývoj dodané elektrické energie v kWh v průběhu všech sledovaných období. Spotřeba je neustále rostoucí, neboť není mezi obdobími nulována – hodnoty jsou kumulativní.

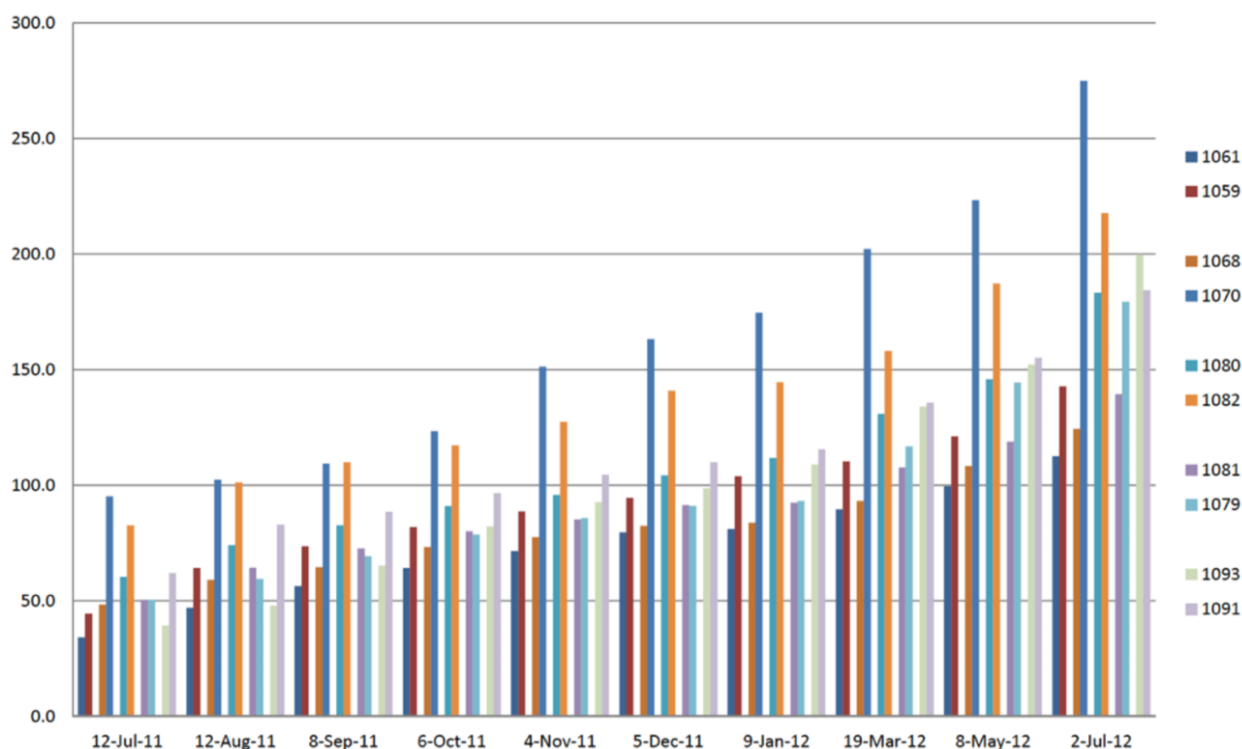
V grafu vidíme, že na konci všech sledovaných období byla energie dodaná místnostem se zapnutým systémem pro správu pokoje nižší než v místnostech, kde byl SSP deaktivován. Odlišná situace je jen u páru místností s čísly 1093 a 1091, kde systém simulující režim klasického digitálního termostatu bez automatického přepínání režimů spotřeboval menší množství energie, než bylo dodáno pokoji se zapnutou celou funkcionalitou SSP. Tento stav ovšem nastává až v posledním sledovaném úseku, ve všech předchozích SSP fungoval úsporněji. Zajímavá je dále dvojice 1081 a 1079, kde SSP vykazoval jen zanedbatelné či dokonce negativní úspory až do 19. března 2012, kdy dochází k obratu a SSP začíná výrazně převyšovat výsledky kontrolní místnosti. To může být způsobeno například větším podílem chlazení v celkové spotřebě energie a faktem, že chlazení bylo s SSP vždy efektivnější, jak je ilustrováno dále. Větší spotřeba SSP v celkovém součtu je naopak důsledkem nejspíše ještě hospodárnějšího chování hostů, než bylo úsporné nastavení termostatu. SSP, jak se ukáže níže, jednoduše chladil víc, třebaže sám vypínal, když pokoj nebyl obsazen. S tím pak souvisí i větší elektrický výdej na řízení a pohyb ventilátoru.



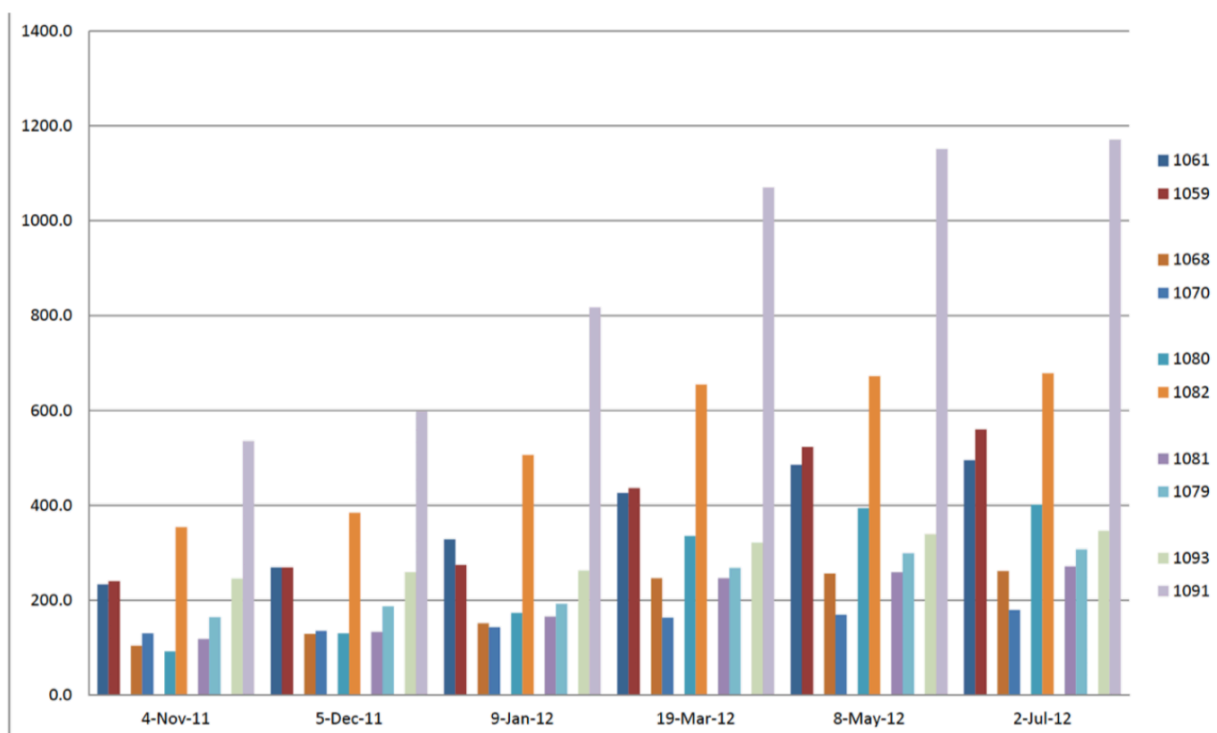
Graf č. 2 Dodaná elektrické energie [kWh] Pro každé období je zobrazeno pět dvojic sloupců odpovídajících pěti dvojicím místností. Vždy první z dvojice má systém pro správu pokoje zapnutý.

V grafu zobrazujícím množství energie spotřebované na chlazení je situace podobná jako v prvním případě, nicméně s tou odlišností, že SSP poskytuje lepší výsledky dokonce ve všech případech a napříč všemi sledovanými místnostmi. Takový výsledek je přitom důležitý i proto, že objemy energie dodané na chlazení byly řádově vyšší než té na vytápění a elektrické energie. Relativně menší úspory pozorujeme jen u páru 1080 a 1082, přesto jsou znatelné. Taková situace může mít vícero příčin, nejvíce se nabízí možnost, že hosté v tomto pokoji byli v průměru důslednější a vypínali klimatizaci při odchodu z místnosti. To že by šlo o chladnější pár pokojů, kde nebylo třeba tolik klimatizovat se naopak zdá nepravděpodobné, neboť spotřeba je zde na obdobné úrovni jako v ostatních jednotkách. U poslední dvojice a posledního období je zase možné pozorovat větší nárůst objemu chlazení u pokoje řízeného systémem SSP než v sousedním, což souvisí s předchozím grafem. Zatímco spotřeba elektřiny byla u tohoto jediného páru kvůli tomu vyšší u řízeného pokoje, poměr spotřebované chladící energie zůstal lepší ve prospěch SSP i zde.





Graf č. 3 Energie dodaná na chlazení [kWh]



Graf č. 4 Energie spotřebovaná na vytápění [kWh]

Poslední z grafů vývoje spotřeby ilustruje případ energie na vytápění. I zde jsou řízené místnosti méně náročné na spotřebovanou energii, s výjimkou páru 1068-1070, kde na konci sledovaného období lze pozorovat opačný výsledek. Nejvýraznější úspory jsou pak vidět u párů 1080-1082 a 1093-1091. Zde jsou neřízené místnosti až řádově „nenasytnější“.

Celková bilance tedy opět svědčí ve prospěch aktivního řízení energetické spotřeby místností dle obsazenosti.

Shrnutí nabízí následující dvě tabulky. Detailní údaje jsou pak součástí přílohy (viz závěr práce).

Tabulka č. 14

Služba [kWh]	Párové delta [%] (rozdíl mezi sousedními místnostmi)			Průměrná úspora energie
	Max	Min	Průměr	
Elektřina	121,1	-7,8	35,6	\$2,70
Chlazení	73,1	1,1	22,3	\$15,81
Vytápění	284,8	-34,0	71,6	\$14,87

Tabulka č. 15

Dvojice pokojů	Úspora energie (poslední sledovaný měsíc)			
	Elektřina	Chlazení	Vytápění	Celkem
1061-1059	\$2,76	\$28,11	\$5,41	\$36,28
1068-1070	\$13,70	\$28,99	\$-6,83	\$35,87
1080-1082	\$3,14	\$2,42	\$23,06	\$28,62
1081-1079	\$3,64	\$15,53	\$3,00	\$22,17
1093-1091	\$-1,40	\$26,57	\$68,69	\$93,85

Z tabulek je patrné, že úspory SSP jsou značné, neřízené místnosti v porovnání s řízenými mají o více než třetinu větší spotřebu elektřiny, o 22,3% větší spotřebu energie na chlazení a dokonce o 71,6% větší spotřebu energie na vytápění. Za tento výsledek mohou nejspíš i v grafu viditelné výsledky některých jednotek, kde neřízená spotřeba přestřelila řízenou o řád. Nedostatkem studie a z ní vyplývajících závěrů je pochopitelně skutečnost, že pokoje nebyly z principu obsazeny těmi samými lidmi a tudíž uživatelské profily jednotlivých jednotek se lišily. Negativní či zkreslující efekt z toho vyplývající je ovšem statisticky kompenzován délkou sledovaného období a počtem sledovaných jednotek, tedy rozsahem měření. Do výsledků bezpochyby promlouvá také vnější klimatická podmíněnost, neboť je představitelné že úspory budou jiné pro různá klimatická pásma a oblasti, podobně budou mít vliv tepelné ztráty a kvalita zateplení/izolace pokojů. S tímto a dalším se nicméně zase dá do určité míry vypořádat analýzou většího počtu studií z různých míst. Takovou další analýzou je například studie z Nevady (text, grafy a tabulky dle Inncom.com, 2012 a Miňovský, 2017).

## 4.2 NEVADA

Další dostupná studie se zabývá situací hotelu v Las Vegas v Nevadě. Nevada a zejména Las Vegas představuje ideální místo pro aplikaci SSP, neboť hosté sem často cestují za zábavou a obsazenost pokojů se tak velmi dynamicky mění. Pro účely této studie byly vybrány dva hotely s podobnými vnějšími tepelnými zisky a srovnatelnou technologií přívodu tepla a chladu do místností. Konkrétně se jednalo o dvoutrubkový a čtyřtrubkový ventilátorový konvektor. Každý z hotelů měl po osmi místnostech, které se nacházely na prostředních patrech objektů a všechny byly vybaveny systémem pro správu pokojů s integrovaným systémem energetického managementu. Všech osm místností bylo rozděleno do čtyř směrů podle světových stran. Na každý směr tedy vycházely dvě místnosti, které vzájemně sousedily. Vždy jedna z místností měla SEM spuštěný a druhá neaktivní. Stejné uspořádání bylo zvoleno i ve druhém hotelu. Místnosti se spuštěným systémem byly tedy testovací a místnosti s vypnutým kontrolní. Prostřední podlaží se volila proto, že představují oblast, kde se nachází nejvíc „typických“ pokojů, v tom smyslu že horní podlaží jsou často vyčleněna pro nestandardní, prémiové a jiné pokoje.

Samotné měření probíhalo ve čtyřech intervalech zhruba od července 2012 až do konce května 2013. Profily hostů ve srovnávaných pokojích a hotelech, tedy mezi jednotlivými systémy, nebyly samozřejmě nutně shodné. Jinými slovy, nebylo kontrolováno, zdali hosté v pokojích kontrolovaných SSP/SEM a pokojích bez této regulace, trávili uvnitř stejný čas a stejným způsobem se chovali k nastavení termostatů. Na druhou stranu, jednotlivá sledovaná období byla podstatně delší, než je průměrná délka pobytu v hotelu. V každém z nich se tedy vystřídali v hotelu různí lidé pobývající zde po různě dlouhou dobu. Tím pádem jsou v datech zastoupeny různorodé vzorce uživatelského chování, přestože formální statistické vzorkování nebylo provedeno (Kumpanon, et al., 2015).

Po technické stránce probíhalo měření tak, že byla nainstalována měřící zařízení sledující parametry jako teplota vstupní a výstupní vody a vzduchu fan-coilů, relativní vlhkost a výkon ventilátoru vždy po jednodominutových intervalech během všech sledovaných období. Celková dodaná energie se skládá z energie na chlazení, vytápění a provoz ventilátoru. Celková energie na chlazení je množstvím latentního a citelného tepla, které FCU z pokoje odejme. Citelné teplo je energie vyměněná termodynamickým systémem, jež mění svou teplotu při stálém objemu a tlaku. Latentní tepelná energie je energií, která je vyměněna skrytě, tzn. přenos energie probíhá beze změny teploty. Přenos latentního tepla ústí ve fázovou změnu, obvykle přeměnu vody v páru. Latentní tepelná energie však nemohla být kvůli technickým omezením zaznamenána, a tak se celková energie na chlazení počítala z entalpie vnitřního vzduchu (Kumpanon et al., 2015).

Co se týče ventilátoru, má dvě různé provozní rychlosti a odběr elektřiny nezáleží na venkovní teplotě, stačí tak změřit odběr v obou provozních stavech a pronásobit jej průměrným napětím na pohonu ventilátoru a účinníkem. Nakonec energie na vytápění byla spočtena obdobným způsobem jako proudový odběr pásových ohřivačů integrovaných do FCU vynásobený napětím a účinníkem.

Jaký je potenciál úspor? V tabulce č. 16 jsou zobrazeny hodnoty pro dva kontrolní pokoje a jednotlivá sledovaná období. Je zřejmé, že zejména u pokoje č. 8102 je potenciál vskutku obrovský, neboť množství energie spotřebované v neobsazeném pokoji dosahuje téměř poloviny veškeré spotřebované energie (první sloupec č. 4). Naopak místnost č. 8109 nabízí menší potenciál úspor, ale ani zde není nevýznamný, viz úplně poslední sloupec.

Tabulka č. 16

Sledované období		Místnost č. 8102				Místnost č. 8109			
Od	Do	1	2	3	4	1	2	3	4
mm/dd/rr	mm/dd/rr	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(%)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(%)
07/12/12	08/29/12	1116	29	N/A	44,3	828	29	N/A	14,5
09/10/12	10/30/12	893	32	N/A	49,7	325	38	N/A	17,1
01/07/13	02/25/13	210	27	136	45,0	64	25	94	14,3
04/01/13	05/31/13	1167	35	N/A	38,4	363	34	N/A	12,0

\*1 Energie na chlazení

\*2 Energie ventilátor

\*3 Energie na vytápění

\*4 Podíl energie spotřebované, když je místnost neobsazená, N/A nedostupná data

Na závěr to nejdůležitější – míra úspor SEM/SSP vůči pokojům bez řízení fan coilu na základě obsazenosti. Z tabulky č. 17 je vidět, že míra úspor dosahuje 20-ti %, s tím, že jde o roční procento úspor. Jelikož měření probíhalo zhruba jen deset měsíců, byla roční míra úspor získána interpolací sledované části roku na celý rok.

Tabulka č. 17

Roční spotřeba energie kontrolního pokoje (kWh)	Roční úspora energie na pokoj a rok (kWh)	Roční procento úspor na pokoj a rok (%)
3856	773	20,05

Tabulky a text dle (Kumpanon, et al., 2015 a Miňovský, 2017).

Před analýzou vlastních dat je na závěr třeba podotknout, že k podobným výsledkům došly také další studie, podle kterých leží úspory systému pro správu pokoje v porovnání s individuální prostorovou regulací bez sledování obsazenosti, v rozmezí 24 – 56% (Inncom.com, n.d.a & Inncom.com, n.d.b).

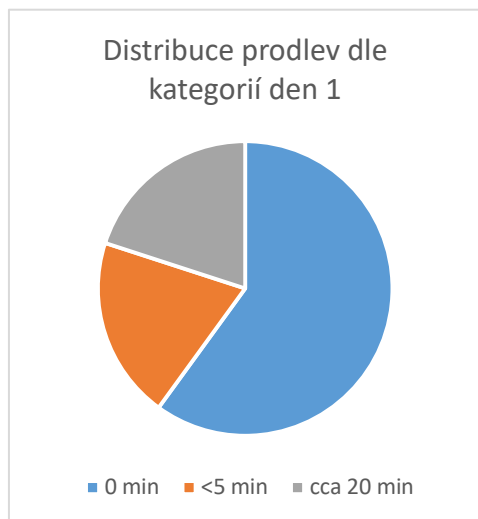
## 4.3 ANALÝZA VLASTNÍCH DAT

Na následujících stranách je prezentována analýza vlastních dat z hotelu Hilton. V první části jsou rozebrány prodlevy změn teplotně-tolerančních pásem a to v tom smyslu, zdali jsou obdobné jako v Miňovský (2018) a data je možné analyzovat stejnou metodikou. Ta spočívá v porovnávání podílů jednotlivých teplotně-tolerančních pásem a údajů o obsazenosti. Předpokládá se přitom, že úsporná pásma a neobsazené časy vypovídají o úsporách realizovaných SSP, případně o jeho potenciálu. Stejně tak je důležité ověřit, jestli systém funguje dle očekávání a režimy jsou skutečně střídány v závislosti na změně obsazenosti. Realizované úspory jsou během sledovaného období obrovské, viz koláčové grafy v další sekci. Tzn. systém pro správu pokojů je vysoce vhodný nástroj na efektivní management spotřeby energií v hotelích za současného zachování uživatelského komfortu.

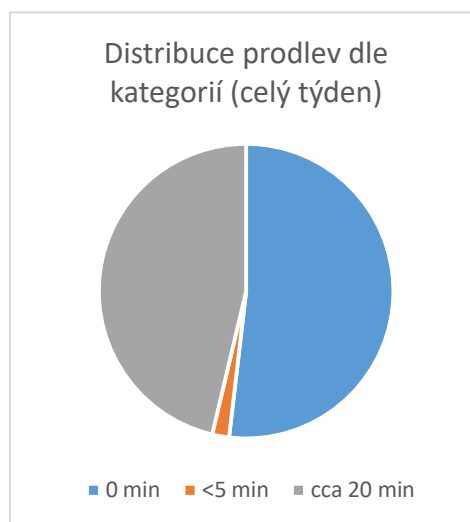
### 4.3.1 PRODLEVY

Data byla zaznamenávána pomocí software INNcontrol 3. Následně byla exportována do MS Excel, kde byla dále analyzována. Získaný datový soubor obsahuje souhrn informací o průbězích teplotně-tolerančních pásmech v hotelovém pokoji č. 617 (zvolen náhodně z pokojů na prostředních podlažích). Jednotlivá pásma jsou široká cca 9°C, 4,75°C, 2,75°C a 1,5°C. Pásma 22,5°C a 3,75°C nebyla ve zkoumaném vzorku zaznamenána. Záznam probíhal po dobu 168 hodin, s tím že některé úseky byly postiženy výpadkem datové komunikace a musely tak být vynechány. Jejich poměr však není zásadní. Vzorkování v průběhu hodinových úseků probíhalo po minutě, přesnost je tedy vzhledem k délce sledovaného období vysoká.

Co se týče samotné analýzy, porovná-li se prodleva mezi signálem PIR plus signálem dveřního kontaktu a spuštěním příslušného teplotně-tolerančního pásma, lze pozorovat podobnou strukturu jako v laboratorních datech v Miňovský (2018), kdy byly detailně monitorovány průběhy signálů a spuštění jednotlivých režimů termostatu. Je zastoupena jak rychlá reakce odpovídající vstupu osoby do pokoje, kdy je třeba co nejrychlejšího náběhu systému, tak prodlevy větší (cca 20 min) odrážející chování systému v případě opuštění pokoje. Změny stavu termostatu jsou samozřejmě přesně definovány a naprogramovány, takto se však podařilo získat i empirické potvrzení o souhře jednotlivých prvků systému. Závěrem je možné říci, že chování systému odpovídá očekávání a hotelová data lze analyzovat zvoleným způsobem. Pokud by naopak prodlevy byly nepřiměřeně dlouhé, údaje o teplotně-tolerančních pásmech by podhodnocovaly obecný potenciál SSP a vypovídaly by pouze o jeho konkrétní testované implementaci. Údaje o obsazenosti by naopak nebylo možné na základě dat považovat za obecný potenciál úspor.

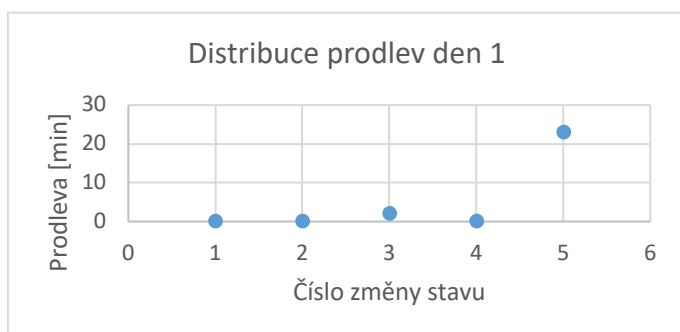


Graf č. 5

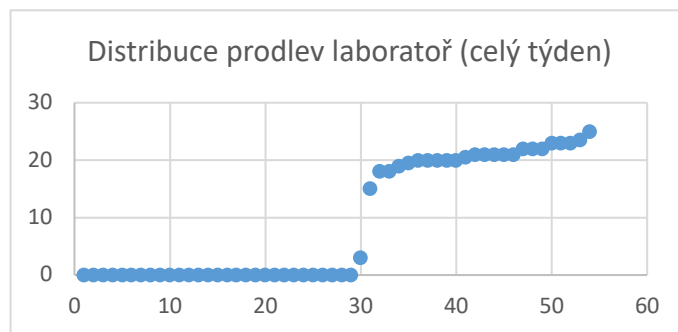


Graf č. 6

Na grafu vlevo je vidět distribuce prodlev během prvního den v hotelu. Na grafu vpravo pak distribuce pro týdenní měření v laboratoři (Miňovský, 2018). Je zřejmé, že nejvíce zastoupené jsou okamžité reakce s horizontem zpoždění = 0 min. Reakce do pěti minut jsou jednak případy, kdy je zaznamenán nejasný, protichůdný signál (dveře se otevřou, PIR nereaguje, atp.), dále se může jednat o chyby přepisu, neboť hodnoty se v INNcontrol 3 místy obtížně odečítaly. Těchto hodnot je obecně minimum. Podíl dlouhých prodlev je pak v obou případech nadpoloviční. Důležité je, že jsou v grafu nalevo i napravo zastoupeny všechny případy.



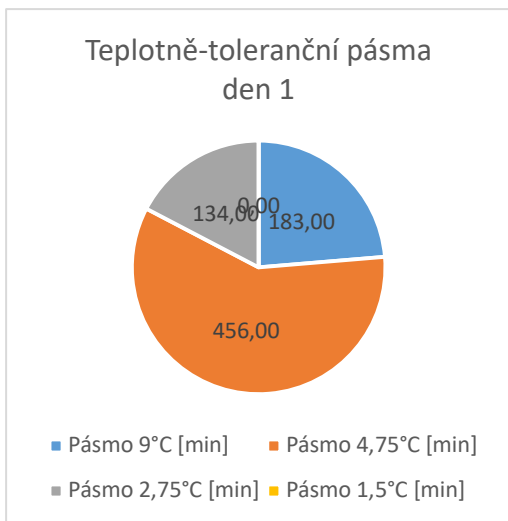
Graf č. 7



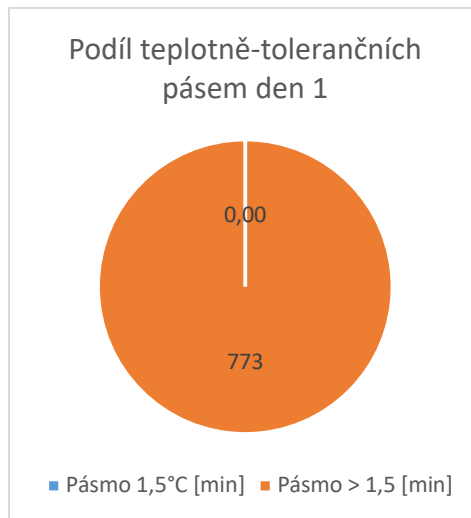
Graf č. 8

Levý graf opět ukazuje situaci během prvního den v hotelu, napravo vidíme týdenní měření v laboratoři. Na těchto grafech je ještě jednou ukázána distribuce prodlev, zde je přitom jasněji patrné, že podíl prodlev do pěti minut je marginální. Vzhledem k této všeobecné podobnosti nebyly prodlevy dále zaznamenávány a realizoval se pouze záznam pásem.

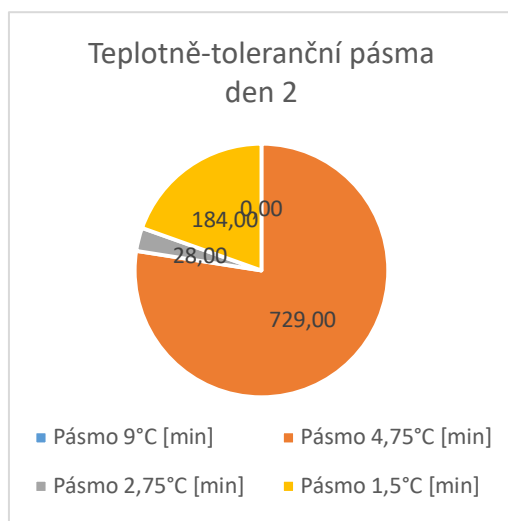
### 4.3.2 TEPLTNĚ-TOLERANČNÍ PÁSMA



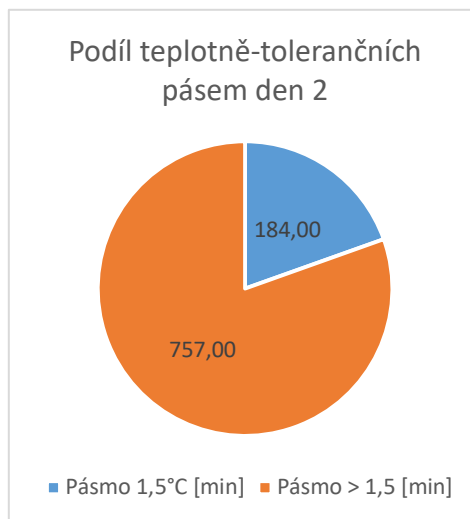
Graf č. 9



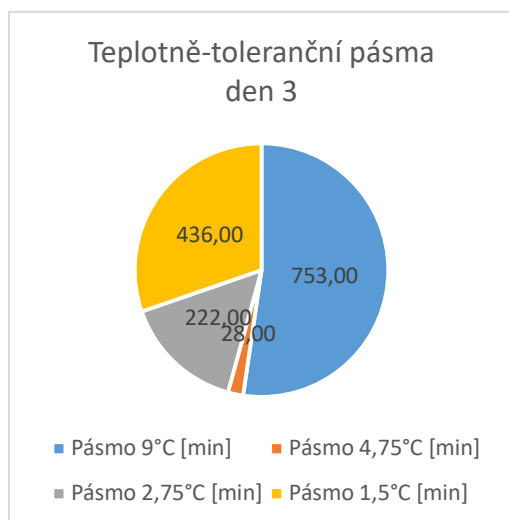
Graf č. 10



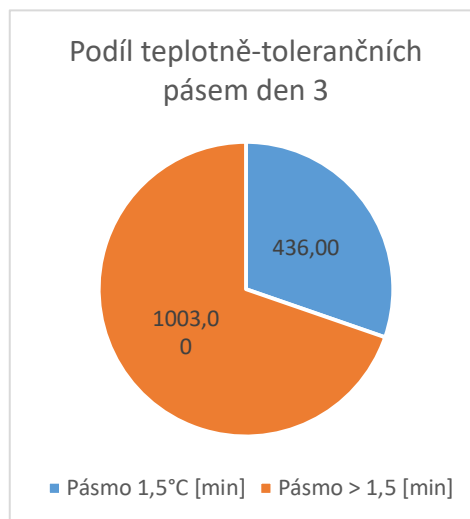
Graf č. 11



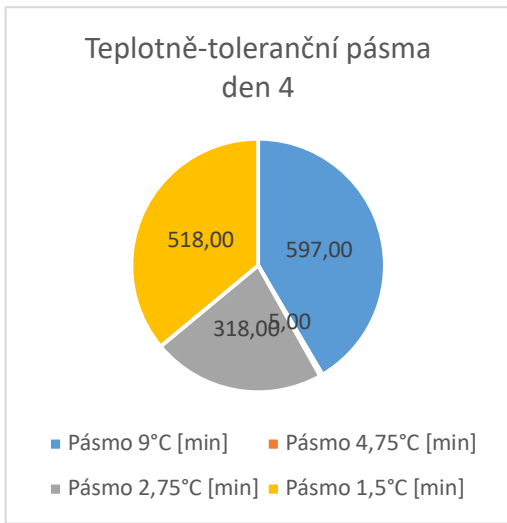
Graf č. 12



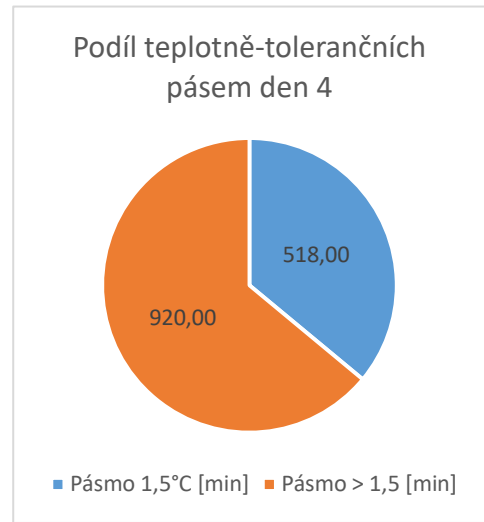
Graf č. 13



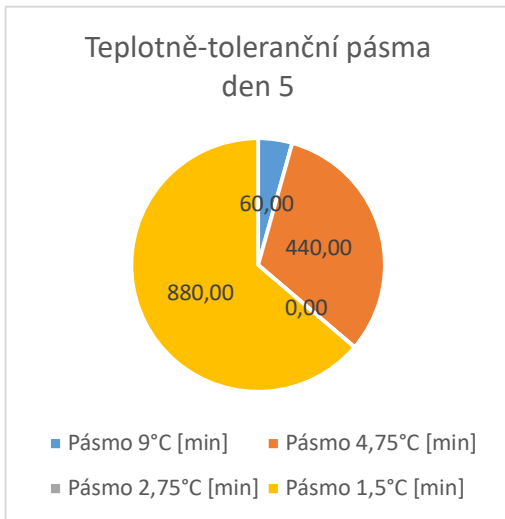
Graf č. 14



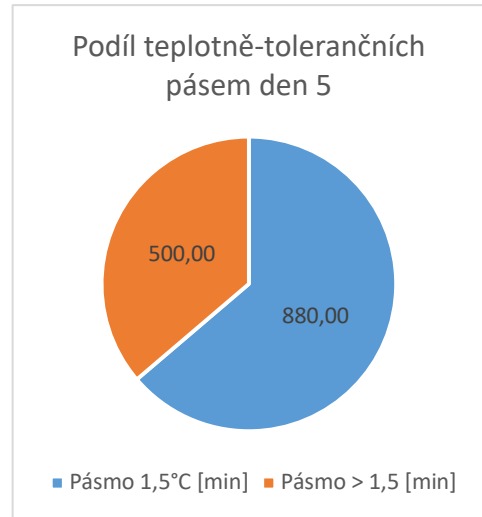
Graf č. 15



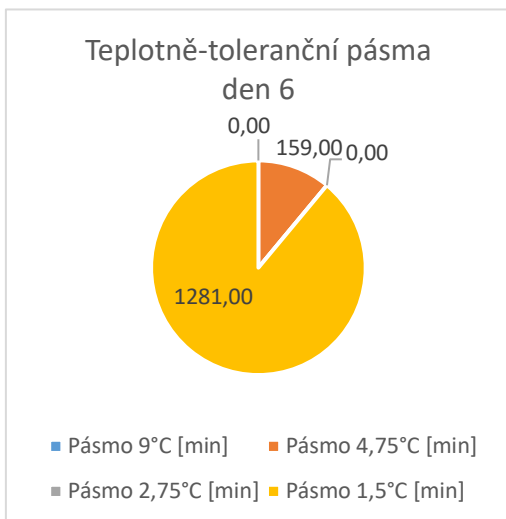
Graf č. 16



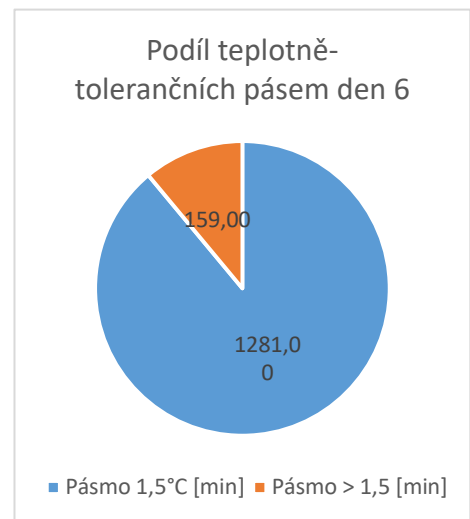
Graf č. 17



Graf č. 18

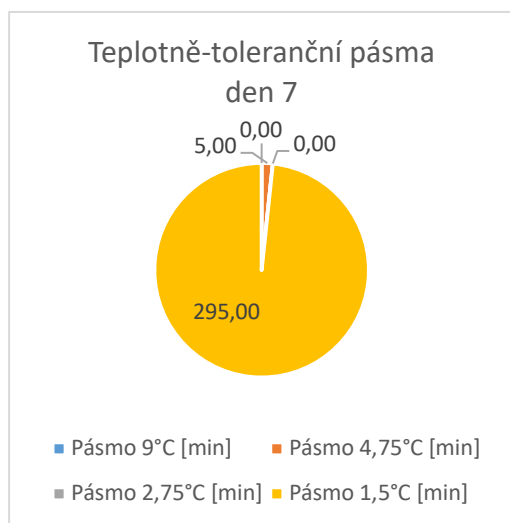


Graf č. 19

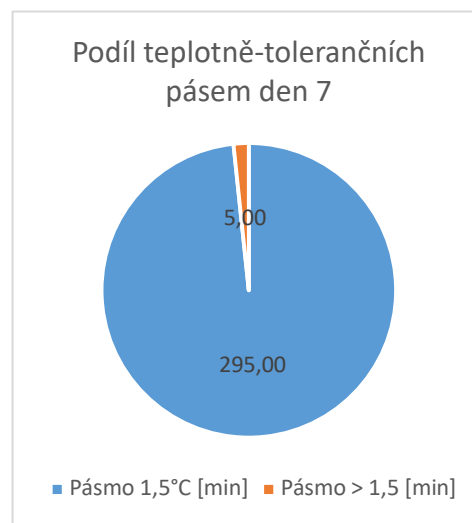


Graf č. 20





Graf č. 21



Graf č. 22

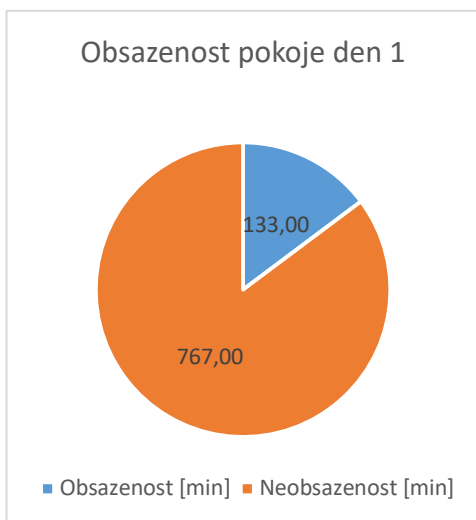
Z grafů vyplývá, že podíl pásem větších než 1,5°C je až do čtvrtého dne nadpoloviční, první dva dny dokonce větší než  $\frac{3}{4}$ . V posledních třech dnech se tento podíl zmenšuje, vyjma posledního dne však nikdy není zanedbatelný. Uváží-li se klasická instalace bez možnosti sledování obsazenosti pokoje, tento podíl by připadl na nejužší a tedy energeticky nejnáročnější pásmo. Úspora s využitím systému pro správu pokoje je tedy realizována během některých dní i  $\frac{3}{4}$  času dne – za předpokladu, že tepelné ztráty pokoje nejsou tak výrazné, aby došlo k překročení hranic rozšířeného teplotního pásma. Že nedojde k překročení horní či podkročení dolní teplotní hranice je celkem bezpečné uvažovat zejména v prvním, třetím a čtvrtém dni, kdy významný podíl zastává nejširší devítistupňové pásmo. Poměrně slušnou garanci dává i pásmo široké 4,75°C, které je zcela dominantní první a druhý den a nezanedbatelný podíl má i v pátém dni. Je samozřejmě pravda, že devítistupňové pásmo odpovídá času, kdy pokoj je nejen neobsazený ale hlavně nepronajatý. V takové situaci si lze představit, že hotelový management přijme opatření, aby termostaty byly nastaveny například na protizámrznou teplotu. Tím by bylo dosaženo srovnatelného úsporného efektu, v čase kdy je pokoj nepronajatý. Háček je ovšem v tom, že se na zaměstnance v tomto ohledu nedá sto procentně spoléhat. HVAC by bylo rovněž možné vypnout centrálně, instalace takové funkcionality by však byla asi neekonomická, pokud by měla sloužit jen pro tento účel. Zaměstnanci budou tedy vypínat komfortní nastavení termostatu nejspíš důsledněji než hosté na výzvu umístěnou například vedle dveří, ale automatizované řešení systému pro správu pokoje je jasně lepší.

Shrnou-li se předchozí grafy, pak nezbyvá než konstatovat, že energetické a ekologické důsledky řízeného přístupu jsou velmi pozitivní a analýza svědčí ve prospěch řízení teploty vzduchu s ohledem na obsazenost místnosti.

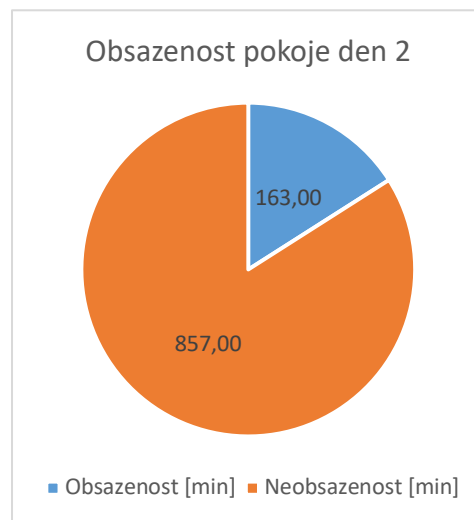
Zde je rovněž třeba podotknout, že se bohužel nepodařilo získat dostatečná data pro pokojovou regulaci zapojenou do systému BMS, resp. byly získány jen časové průběhy nastavených a aktuálních teplot. V každém případě i samotná data z SSP jasně ukazují, jaký

je v obecné rovině jeho úsporný potenciál. Jedna možnost totiž je, termostaty a regulátory zapojené do SSB udržují teplotu na komfortní úrovni trvale po jejím nastavení hostem a v takovém případě je možné kvantifikovat úspory skutečně jako v předchozím odstavci. Je možné je kvantifikovat jako podíl dne, kdy termostaty SSP vysílají regulátoru požadavek na udržování širšího teplotního pásma, než jaké by udržoval regulátor bez řízení dle obsazenosti. Druhá a pravděpodobnější varianta ovšem je, že systém zapojený do SSB bude naplno využívat časových programů. V takovém případě není z čistě energetického hlediska SSP nutně o tolik úspornější, protože SSB může termostaty dálkově jednoduše přenastavit. Dopad na komfort hosta by byl v takovém případě ovšem drastický. Takové řešení je tedy pro hotely zcela nevhodné a smysluplné je porovnávat úspory jen mezi SSP a klasickými prostorovými termostaty nepřijímajícími časové programy zvnějšku. Tam je efekt v energetické rovině jasně pozitivní. Efekt vůči SSB je pak jasně pozitivní z hlediska kombinace kritérií efektivity a komfortu nebo jinými slovy – poměr úspor a komfortu je u SSP optimální, u SSB a časových programů není.

### 4.3.3 OBSAZENOST



Graf č. 23



Graf č. 24



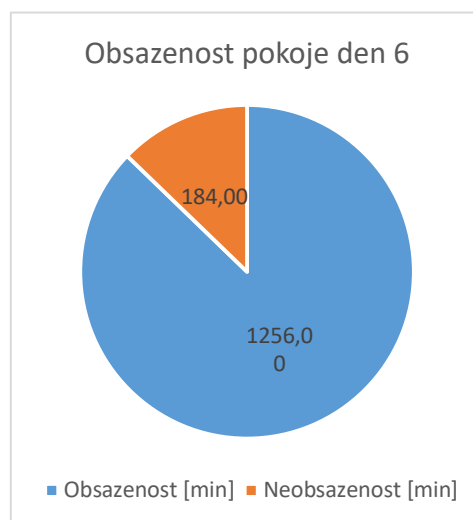
Graf č. 25



Graf č. 26



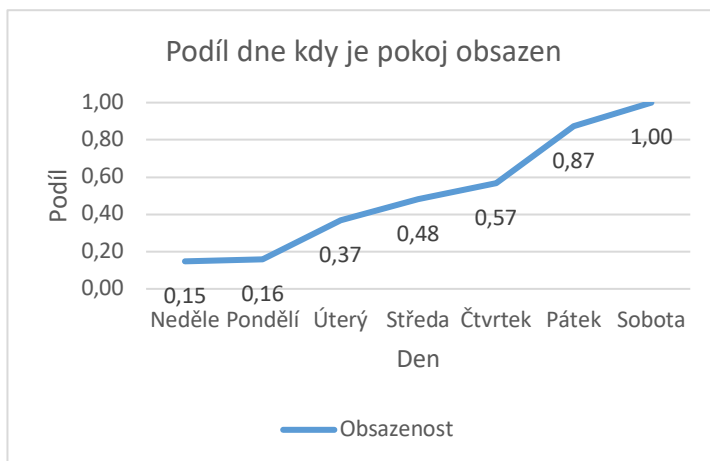
Graf č. 27



Graf č. 28



Graf č. 29



Graf č. 30

Obsazenost pokoje se v čase mění, na začátku je relativně nízká, dále stoupá až ke stu procentům v posledním dni. Pokoj není v žádný dni neobsazen. Jak je vidět, pokoj je až do čtvrtého dne z nadpoloviční většiny času neobsazený. Pátý den je neobsazený méně, ale stále téměř z jedné poloviny a další dny, ovšem jen poslední dva, je většinu času obsazený. Neobsazené hodiny a minuty představují úplný potenciál systému energetického managementu (resp. SSP). Porovnáním s grafy v předchozí sekci vidíme, kolik se ho podařilo využít. Jinými slovy, čas kdy je pokoj neobsazený je možné využít k energetickým úsporám, kvůli prodlevám systému však obvykle není využit celý. Na druhou stranu, jak je vidět ze zmíněných grafů (vždy graf Teplotně-toleranční pásma denX vs. graf Obsazenost pokoje denX ale i z grafů prodlev), testovaný systém je schopen využít velkou většinu neobsazeného času. To je nakonec vidět i z následující tabulky korelací mezi obsazeností a teplotně-tolerančními pásmy.

#### 4.3.4 KORELACE

Korelace jsou počítány podle následujícího vzorce:

$$\text{Correl}(X, Y) = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}} \quad (8)$$

a postupu - pro každou hodinu v rámci jednoho dne jsou sečteny minuty, kdy je pokoj obsazen a minuty, kdy je aktivní příslušné pásmo. Mezi těmito hodinovými součty je následně spočítán koeficient korelace. To je provedeno pro všechny sledované dny. Výsledky jsou potom následující:

Tabulka č. 18

Den	korObs. 1,5	korObs. 2,75	korObs. 4,75	korObs. 9
1	-	0,89	-0,57	-0,10
2	0,78	0,27	-0,76	-
3	0,88	0,05	-0,17	-0,87
4	0,76	0,24	-0,12	-0,94
5	0,97	-	-0,87	-0,28
6	0,98	-	-0,98	-
7	-	-	-	-

Tabulka korelací odpovídá očekávání a to v tom smyslu, že korelace mezi nejužším pásmem a obsazeností je značná. I pro druhé pásmo 2,75°C definované jako pronajato obsazeno je korelace kladná, ale už ne tak silná. Buňky neobsahující hodnotu jsou případy, kdy příslušné pásmo bylo zastoupeno nulovými hodnotami a korelace tak nešla kvůli nulové standardní odchylce vypočítat. Korelace mezi obsazeností a širšími pásmy je naopak dle očekávání negativní, neboť čím více minut je pokoj v rámci jedné hodiny obsazen, tím méně minut připadá na „široká“ pásma. Systém tedy funguje, jak má a realizuje úspory tehdy, kdy je to vhodné.

## 5 ZÁVĚR

V hotelových pokojích lze využít vícero různých systémů, ale jen některé z nich poskytují optimální úroveň komfortu a zároveň prokazatelně snižují energetickou náročnost. Přestože se nepodařilo získat dostatečně kvalitní data z regulace řízené časovými programy, je z analýzy hotelového pokoje v Hiltonu i ze syntézy dalších studií jasné, že SSP nabízí největší potenciál úspor. Zároveň SSP, z podstaty věci, nesnižuje uživatelský komfort, či jen minimálně (příchod do chladnějšího či teplejšího pokoje). I zde lze ovšem spekulovat, že je pro tělo přirozenější, pokud kontrast není tak velký, a tudíž i po této stránce představují systémy pro správu pokojů nejspíše ideální variantu. Úspory sledované v průběhu monitoringu hotelového pokoje dosahovaly až desítek procent oproti systému, který nereflektuje, zdali je pokoj obsazený či ne. Prodlevy mezi časem vstupu a odchodu osoby z místnosti byly naopak krátké, což znamená, že systém nesnižoval uživatelský komfort a zároveň využíval maximum úsporného potenciálu.

Moderní systémy pro správu budovy naopak nabízejí mnoho různých funkcí, základní omezení však zůstává a řešení pomocí časových programů není pro hotely vhodné. Hoteloví hosté mají zcela odlišný denní režim než kancelářští zaměstnanci, především pak méně pravidelný. Takový stav se jen těžko řeší centrálním řízením dodávky tepla či chladu, aniž by zároveň docházelo k vážné újmě na komfortu. Ten přitom mohou hosté oprávněně očekávat, neboť za něj platí.

Další možnosti jakými jsou programovatelné termostatické hlavice či prostorové termostaty bez centrální regulace a sledování obsazenosti nenabízejí ve srovnání s SSP výhody žádné, neboť jejich provoz je zcela závislý na hostech, kteří nemají motivaci vypínat komfortní režim/snižovat nastavenou teplotu, když odcházejí.

Srovnáme-li tedy ještě jednou individuální prostorovou regulaci bez centrálního řízení, regulaci využívající centrálně zasílaných časových programů a regulaci založenou na sledování obsazenosti, jeví se pro hotely jako nejefektivnější třetí varianta. Termostaty a další komponenty využitelné v SSP i SSB jsou představeny na demonstračním panelu.

## 6 LITERATURA

- Airedale.com, (2018a). *HVAC Energy Upgrades*. [online] Dostupné na: <http://airedale.com/web/Aftersales/HVAC-Energy-Upgrades.htm> [Navštíveno 20. května 2018].
- Airedale.com, (2018b). *ACIS™ Building Energy Management System*. [online] Dostupné na: <http://airedale.com/web/Controls/Building-Energy-Management-BEMS/ACISTM-Building-Energy-Management-System.htm> [Navštíveno 20. května 2018].
- Bašta, J. (2014). *Regulace v technice prostředí staveb*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT.
- Centraline (2009). *BHCU23*. Ninatic: Honeywell.
- Centraline.com, (2008). *CLCM1H,6h,6T Digital Wall Modules*. [online] Dostupné na: <https://products.centraline.com/en/pdf/en0z0902-ge51r1008.pdf> [Navštíveno 20. května 2018].
- Centraline.com, (2014). *Zio Wall Modules*. [online] Dostupné na: <http://products.centraline.com/cz/pdf/en1z0990-ge51r0514a.pdf> [Navštíveno 20. května 2018].
- Centraline.com, (2016). *Wireless Zone Control*. [online] Dostupné na: [https://products.centraline.com/en/ecatdata/md\\_auto18.html](https://products.centraline.com/en/ecatdata/md_auto18.html) [Navštíveno 20. května 2018].
- Hemzal, K. (2007). *Regulace klimatizace*. Praha: Nakladatelství ČVUT.
- Honeywell (2013). *Passive Infrared Detector*. Ninatic: Honeywell.
- Honeywell (2014). *Core Energy Management Strategies*. [online] Ninatic: Honeywell. 1-4. Available at: [https://pages1.honeywell.com/INNCOM-Energy-Strategies\\_INNCOM-Energy-Strategies.html](https://pages1.honeywell.com/INNCOM-Energy-Strategies_INNCOM-Energy-Strategies.html) [Navštíveno 21. května 2018].
- Honeywell (2015). *Inncom by Honeywell*. Ninatic: Honeywell.
- Honeywell (2017a). *E527*. Ninatic: Honeywell.
- Honeywell (2017b). *E528*. Ninatic: Honeywell.
- Honeywell (2017c). *B574*. Ninatic: Honeywell.
- Honeywell (2017c). *X47*. Ninatic: Honeywell.
- honeywellsmartgrid.com, (2012). *Inncom System Monitoring*. [online] Dostupné na: <https://www.honeywellsmartgrid.com/Resource%20Library/INNCOM%20System%20Monitoring%20Marriott%20Hotel%20Downtown%20Philadelphia%20PA%20070212.pdf> [Navštíveno 20. května 2018].
- Inncom.com, (2012). *Inncom System Monitoring*. [online] Dostupné na: <https://www.honeywellsmartgrid.com/Resource%20Library/INNCOM%20System%20Monitoring%20Marriott%20Hotel%20Downtown%20Philadelphia%20PA%20070212.pdf> [Navštíveno 20. května 2018].
- Inncom.com, (2013). *S241 – Magnetic Door Switches*. [online] Dostupné na: <https://www.inncom.com/component/rsfiles/preview?path=Sales+Materials%2FTradeShow%2FThumbdrives%2FMagnetic+Door+Switch+-+S241.pdf> [Navštíveno 20. května 2018].

- Inncom.com, (2017). *PC-502 Module Product Guide*. [online] Dostupné na: [https://www.inncom.com/images/TechnicalDocs/PC-502Productguide\\_V1.6\\_Mar17.pdf](https://www.inncom.com/images/TechnicalDocs/PC-502Productguide_V1.6_Mar17.pdf) [Navštíveno 20. května 2018].
- Inncom.com, (n.d.a). *Hilton San Deigo Bayfront*. [online] <https://www.inncom.com/images/casestudies/Hiltonsandiego.pdf> [Navštíveno 20. května 2018].
- Inncom.com, (n.d.b). *Starwood Properties Striving Towards '30/20 by 20' Initiative with INNCOM* [online] Dostupné na: <https://www.inncom.com/images/casestudies/Sheraton.pdf> [Navštíveno 15. května 2018].
- Kabele, K. (2016). Měření a regulace vytápění. [online] [tzb.fsv.cvut.cz](http://tzb.fsv.cvut.cz). Dostupné na: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125esb1,125esbb/prednasky/125esb1,125esbb-13.pdf> [Navštíveno 20. května 2018].
- Kučera, A. (2014). BMS na Masarykově univerzitě. [online] Dostupné na: <https://www.tzb-info.cz/facility-management/11078-bms-na-masarykove-univerzite> [Navštíveno 21. května 2018].
- Kumpanon, A. P., Greco, J., Pahor, R., Chai, B., Carrillo, R., Wyllie, D., & McGinley, K. (2015). Guest Room Energy Management System. *Energy Engineering*, 112(5), 50-65.
- Matz, V. (2009a). Využití termostatických ventilů a termostatických hlavice pro regulaci vytápění. [online] Dostupné na: <https://vytapeni.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/5917-vyuziti-termostatickych-ventilu-a-termostatickych-hlavice-pro-regulaci-vytapeni> [Navštíveno 18. května 2018].
- Matz, V. (2009b). Programovatelné termostatické hlavice. [online] Dostupné na: <https://vytapeni.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6000-programovatelne-termostaticke-hlavice> [Navštíveno 20. května 2018].
- Matz, V. (2009c). Mechanické a digitální prostorové termostaty, možnosti úspor při vytápění domů. [online] Dostupné na: <https://vytapeni.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6092-mechanicke-a-digitalni-prostorove-termostaty-moznosti-uspor-pri-vytapeni-domu> [Navštíveno 21. května 2018].
- Matz, V. (2010a). Zónové regulační systémy a jejich využití při úsporném efektivním vytápění. [online] Dostupné na: <https://vytapeni.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6203-zonove-regulacni-systemy-a-jejich-vyuziti-pri-uspornem-efektivnim-vytapeni> [Navštíveno 21. května 2018].
- Matz, V. (2010b). Ekvitermní regulace – princip a využití v systémech regulace vytápění. [online] Dostupné na: <https://vytapeni.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6294-ekvitermni-regulace-princip-a-vyuziti-v-systemech-regulace-vytapeni> [Navštíveno 21. května 2018].
- Matz, V. (2011). Popis řídicích systémů a obvodů využívaných pro řízení technologií v moderních budovách. [online] <https://elektro.tzb-info.cz/mereni-a-regulacni-technika/8032-popis-ridicich-systemu-a-obvodu-vyuzivanych-pro-rizeni-technologie-v-modernich-budovach> [Navštíveno 21. května 2018].
- Miňovský, M. (2017). *Projekt 1*. Magisterský. ČVUT.
- Miňovský, M. (2018). *Projekt 2*. Magisterský. ČVUT.



- sbc-support.com, (2018). *PCD7.D443WT5 R*. [online] Dostupné na: <https://www.sbc-support.com/en/product-index/pcd7/dxxx-hmi/d4xxxt5x-pweb-panel/d443wt5r-43-room-web-panel/> [Navštíveno 20. května 2018].
- Tipa (2018). *Termostat Honeywell CM707*. [format] Available at: [https://www.tipa.eu/cz/termostat-honeywell-cm707/d-178115/?gclid=CjwKCAjwi6TYBRAYEiwAOeH7GR05JBrBohIrPjPhSMdYFG6qMzrOnmYAHW4KEGZAWtcS9l0Sw8QYXRoCKrgQAvD\\_BwE](https://www.tipa.eu/cz/termostat-honeywell-cm707/d-178115/?gclid=CjwKCAjwi6TYBRAYEiwAOeH7GR05JBrBohIrPjPhSMdYFG6qMzrOnmYAHW4KEGZAWtcS9l0Sw8QYXRoCKrgQAvD_BwE) [Navštíveno 21. května 2018].
- trendcontrol.com, (2016) *Trend Wallbus Room Display*. [online] Dostupné na: <https://partners.trendcontrols.com/trendproducts/cd/en/pdf/en-ta201354-ukOyr0316b.pdf> [Navštíveno 20. května 2018].

## 7 PŘÍLOHY

Naměřené a vypočtené hodnoty ze studie ve Filadelfii (Inncom.com, 2012)

Date/Room	Energy Delivered kW-Hr		Room Pair Delta	Percent Diff	Cost	Cooling Delivered kW-Hr		Room Pair Delta	Percent Diff	Cost	Heating Delivered kW-Hr		Room Pair Delta	Percent Diff	Cost
	1061	1059				kW-Hr	%				\$	1061			
12-Jul-11	34.2	44.3	10.1	29.5	0.92	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
12-Aug-11	46.9	64.1	17.2	36.7	1.57	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8-Sep-11	56.3	73.6	17.3	30.7	1.57	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6-Oct-11	64.1	81.8	17.7	27.6	1.61	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4-Nov-11	71.4	88.6	17.2	24.1	1.57	1327	1707	380.0	28.6	16.72	233.0	240.0	7.0	3.0	0.58
5-Dec-11	79.6	94.5	14.9	18.7	1.36	1457	1775	318.0	21.8	13.99	269.0	269.0	0.0	0.0	0.0
9-Jan 2012	81.0	103.9	22.9	28.3	2.08	1470	1811	341.0	23.2	15.00	328.0	274.0	-54.0	-16.5	-4.50
19-Mar-2012	89.5	110.2	20.7	23.1	1.88	1572	1944	372.0	23.7	16.36	426	436	10.0	2.3	0.83
8-May-2012	99.5	121.1	21.6	21.7	1.97	1723	2171	448.0	26.0	19.71	485	523	38.0	7.8	3.16
2-July-2012	112.5	142.8	30.3	26.9	2.76	2030	2669	639	31.5	28.11	495	560	65	13.1	5.41
	<b>1068</b>	<b>1070</b>	<b>kW-Hr</b>	<b>%</b>	<b>\$</b>	<b>1068</b>	<b>1070</b>	<b>kW-Hr</b>	<b>%</b>	<b>\$</b>	<b>1068</b>	<b>1070</b>	<b>kW-Hr</b>	<b>%</b>	<b>\$</b>
12-Jul-11	48.3	95.2	46.9	97.10	4.27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
12-Aug-11	59.0	102.3	43.3	73.39	3.94	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8-Sep-11	64.5	109.3	44.8	69.46	4.08	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6-Oct-11	73.2	123.3	50.1	68.4	4.56	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4-Nov-11	77.5	151.2	73.7	95.1	6.71	1196	1269	73.0	6.1	3.21	104.0	130.0	26.0	25.0	2.16
5-Dec-11	82.3	163.1	80.8	98.2	7.35	1259	1362	103.0	8.2	4.53	129.0	135.0	6.0	4.7	0.50
9-Jan 2012	83.7	174.6	90.9	108.6	8.27	1278	1497	219	17.1	9.63	151.0	143.0	-8.0	-5.3	-0.67
19-Mar-2012	93.1	202.2	109.1	117.2	9.93	1469	1689	220.0	15.0	9.68	246.0	163.0	-83.0	-33.7	-6.91
8-May-2012	108.2	223.3	115.1	106.4	10.47	1757	1986	229.0	13.0	10.07	256	169	-87.0	-34	-7.24
2-July-2012	124.4	275	150.6	121.1	13.70	2103	2762	659	31.3	28.99	261	179	-82.0	-31.4	-6.83

Date/Room	Energy Delivered kW-Hr		Room Pair Delta	Percent Diff	Cost	Cooling Delivered kW-Hr		Room Pair Delta	Percent Diff	Cost	Heating Delivered kW-Hr		Room Pair Delta	Percent Diff	Cost
	1081	1079				kW-Hr	%				\$	1081			
12-Jul-11	50.4	50.4	0.0	0	0.00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
12-Aug-11	64.3	59.3	-5.0	-7.8	-0.46	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8-Sep-11	72.6	69.2	-3.4	-4.7	-0.31	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6-Oct-11	80.0	78.6	-1.4	-1.8	-0.13	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4-Nov-11	85.1	85.7	0.6	0.7	0.05	1763	1782	19.0	1.1	0.84	118.0	164.0	46.0	39.0	3.83
5-Dec-11	91.4	91.0	-0.4	-0.4	-0.04	1804	1878	74.0	4.1	3.26	133.0	187.0	54.0	40.6	4.50
9-Jan 2012	92.4	93.1	0.7	.06	0.8	1815	1902	87.0	4.8	3.83	165.0	192.0	27.0	16.4	2.25
19-Mar-2012	107.6	116.7	9.1	8.5	.83	1925	2161	236.0	12.3	10.38	246.0	268.0	22.0	8.9	1.83
8-May-2012	118.8	144.4	25.6	21.5	2.33	2146	2453	307.0	14.3	13.50	259	299	40.0	15.4	3.33
2-July-2012	139.4	179.4	40	28.7	3.64	2593	2946	353	13.6	15.53	271	307	36	13.3	3.00
	<b>1093</b>	<b>1091</b>	<b>kW-Hr</b>	<b>%</b>	<b>\$</b>	<b>1093</b>	<b>1091</b>	<b>kW-Hr</b>	<b>%</b>	<b>\$</b>	<b>1093</b>	<b>1091</b>	<b>kW-Hr</b>	<b>%</b>	<b>\$</b>
12-Jul-11	39.3	61.9	22.6	57.5	2.06	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
12-Aug-11	47.9	82.9	35.0	73.1	3.19	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8-Sep-11	65.1	88.4	23.3	35.8	2.12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6-Oct-11	82.1	96.5	14.4	17.5	1.31	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4-Nov-11	92.6	104.5	11.9	12.9	1.08	1188	2056	868.0	73.1	38.18	245.0	535.0	290.0	118.4	24.14
5-Dec-11	98.7	109.9	11.2	11.3	1.02	1327	2182	855.0	64.4	37.61	259.0	598.0	339.0	130.9	28.22
9-Jan 2012	108.9	115.5	6.6	6.1	0.60	1368	2367	999.0	73.0	43.94	262.0	817.0	555.0	211.8	46.21
19-Mar-2012	134.0	135.7	1.7	1.3	0.15	1535	2575	1040.0	67.8	45.75	321.0	1070	749.0	233.3	62.36
8-May-2012	152.1	155.1	3.0	2.0	0.27	1837	2805	968.0	52.7	42.58	339.0	1151	812.0	239.5	67.60
2-July-2012	199.7	184.3	-15.4	-7.7	-1.40	2676	3280	604	22.6	26.57	346.0	1171	825	238.4	68.69

	1080	1082	kW-Hr	%	S	1080	1082	kW-Hr	%	S	1080	1082	kW-Hr	%	S
12-Jul-11	60.3	82.5	22.2	36.8	2.02	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
12-Aug-11	74.0	101.2	27.2	36.8	2.48	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8-Sep-11	82.5	109.9	27.4	33.2	2.49	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6-Oct-11	90.9	117.2	26.3	28.9	2.39	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4-Nov-11	95.7	127.4	31.7	33.1	2.88	1423	1463	40.0	2.8	1.76	92.0	354.0	262.0	284.8	21.81
5-Dec-11	104.2	140.9	36.7	35.2	3.34	1491	1562	71.0	4.8	3.12	130.0	384.0	254.0	195.4	21.15
9-Jan-2012	111.7	144.5	32.8	29.4	2.98	1551	1580	29.0	1.9	1.28	173.0	506.0	333.0	192.5	27.72
19-Mar-2012	130.8	158.1	27.3	20.9	2.48	1696	1720	24	1.4	1.06	335.0	655.0	320.0	95.5	26.64
8-May-2012	145.8	187.2	41.4	28.4	3.77	1904	2058	154.0	8.1	6.77	394	672	278.0	70.6	23.15
2-July-2012	183.2	217.7	34.5	18.8	3.14	2512	2567	55	2.2	2.42	401	678	277	69.1	23.06

## Vyexportované průběhy sledovaných veličin v hotelu po dnech

Den 1																	
Hodina	Pásmo 9°C	Pásmo 4,75°C	Pásmo 2,75°C	Pásmo 1,5°C [min]	PirAkt [ml PIR I [%]	H/C Chlad	H/C Chlad I [%]	H/C Vydá	H/C Vydá Dvře N	Obsazení	Promítláto	Zatv. sítý	Případně další	Pásmo > 1	Neobsazenost [min]		
0-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0		
1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0		
2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0		
3-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0		
4-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0		
5-6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0		
6-7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0		
7-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0		
8-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0		
9-10	24	0	0	0	24	0,1	-	-	3	23	0	V/P	0	0	0		
10-11	33	0	0	0	3	0,25	-	-	-	3	0	-	-	0	0		
11-12	18	0	0	0	13	0	-	-	-	0	0	-	-	0	0		
12-13	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0		
13-14	48	0	0	0	7	0,5	10	0,1	0	2	12	0	V/P	2	0		
14-15	0	0	0	0	5	0,25	0	15	0,3	2	43	20	-	17	0		
15-16	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	V/P	23	0	0		
16-17	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0		
17-18	0	60	0	0	50	0,25	0	0	0	0	0	-	-	0	0		
18-19	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0		
19-20	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0		
20-21	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0		
21-22	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0		
22-23	0	43	0	0	14	0,25	0	0	0	1	14	60	-	0	0		
23-24	0	0	0	0	38	0,25	0	0	0	0	38	38	-	0	22		
SUMA	183,00	456,00	134,00	0,00	154,00	1,85	10,00	0,10	15,00	0,30	9,00	133,00	538,00	0,00	25,00		
REL. 1 DNE	0,13	0,32	0,09	0,00	0,11	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	0,37			773	767,00		
PODIL VŠ. PÁSEM. 1,5°C [min]	0,54																

Hodina	Pásmo 9°C Pásmo 4,75°C Pásmo 2,75°C Pásmo 1,5°C [min]	PR Δt [min]	PR I [%]	H/C Chladí [H/C Chladí I [%]	H/C Chladí II [%]	H/C Vypár [H/C Vypár Dvete N I] Obsazení	Promíjator	Pásmo	Prípravné dáta	Pásmo > 1 [Neobsazenost [min]	
Dent 2											
PODIL VŠ. PÁSEM - 1,5°C [min]	0,54										
0-1	0	0	28	0	-	-	-	-	-	28	32
1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
3-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
4-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
5-6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
6-7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
7-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
8-9	0	16	0	0	-	-	-	-	-	16	60
9-10	0	60	0	0	-	-	-	-	-	0	60
10-11	0	60	0	0	-	-	-	-	-	0	60
11-12	0	22	0	38	-	-	-	-	-	38	22
12-13	0	17	0	43	-	-	-	-	-	17	53
13-14	0	60	0	0	-	-	-	-	-	0	60
14-15	0	60	0	0	-	-	-	-	-	0	60
15-16	0	60	0	0	-	-	-	-	-	0	60
16-17	0	60	0	0	-	-	-	-	-	0	60
17-18	0	37	0	23	-	-	-	-	-	7	60
18-19	0	59	0	1	-	-	-	-	-	0	60
19-20	0	60	0	0	-	-	-	-	-	0	60
20-21	0	60	0	0	-	-	-	-	-	0	60
21-22	0	60	0	0	-	-	-	-	-	0	60
22-23	0	38	0	22	-	-	-	-	-	23	38
23-24	0	0	-	57	-	-	-	-	-	60	60
SUMA	0,00	729,00	28,00	184,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	165,00	944,00
REL. DNE	0,00	0,51	0,02	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,66	0,00
PODIL VŠ. PÁSEM - 1,5°C [min]	0,53										

Hodina	Pásmo 9°C Pásmo 4,75°C Pásmo 2,75°C Pásmo 1,5°C [min]	PR Δt [min]	PR I [%]	H/C Chladí [H/C Chladí I [%]	H/C Chladí II [%]	H/C Vypár [H/C Vypár Dvete N I] Obsazení	Promíjator	Pásmo	Prípravné dáta	Pásmo > 1 [Neobsazenost [min]	
den 3											
0-1	0	0	0	60	-	-	-	-	-	60	60
1-2	0	0	0	60	-	-	-	-	-	60	60
2-3	0	0	0	60	-	-	-	-	-	60	60
3-4	0	0	0	60	-	-	-	-	-	60	60
4-5	0	0	0	60	-	-	-	-	-	60	60
5-6	0	0	0	60	-	-	-	-	-	60	60
6-7	0	0	0	60	-	-	-	-	-	60	60
7-8	28	0	16	16	-	-	-	-	-	10	12
8-9	0	28	32	0	-	-	-	-	-	0	16
9-10	3	0	57	0	-	-	-	-	-	34	0
10-11	57	0	3	0	-	-	-	-	-	0	0
11-12	27	0	2	0	-	-	-	-	-	3	0
12-13	0	33	0	0	-	-	-	-	-	4	0
13-14	38	0	22	0	-	-	-	-	-	1	0
14-15	60	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0
15-16	60	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0
16-17	60	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0
17-18	60	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0
18-19	60	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0
19-20	60	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0
20-21	60	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0
21-22	60	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0
22-23	60	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0
23-24	3	0	57	0	-	-	-	-	-	57	50
SUMA	753,00	28,00	222,00	438,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	529,00	507,00
REL. DNE	0,52	0,02	0,15	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,35	0,00
PODIL VŠ. PÁSEM - 1,5°C [min]	0,70										

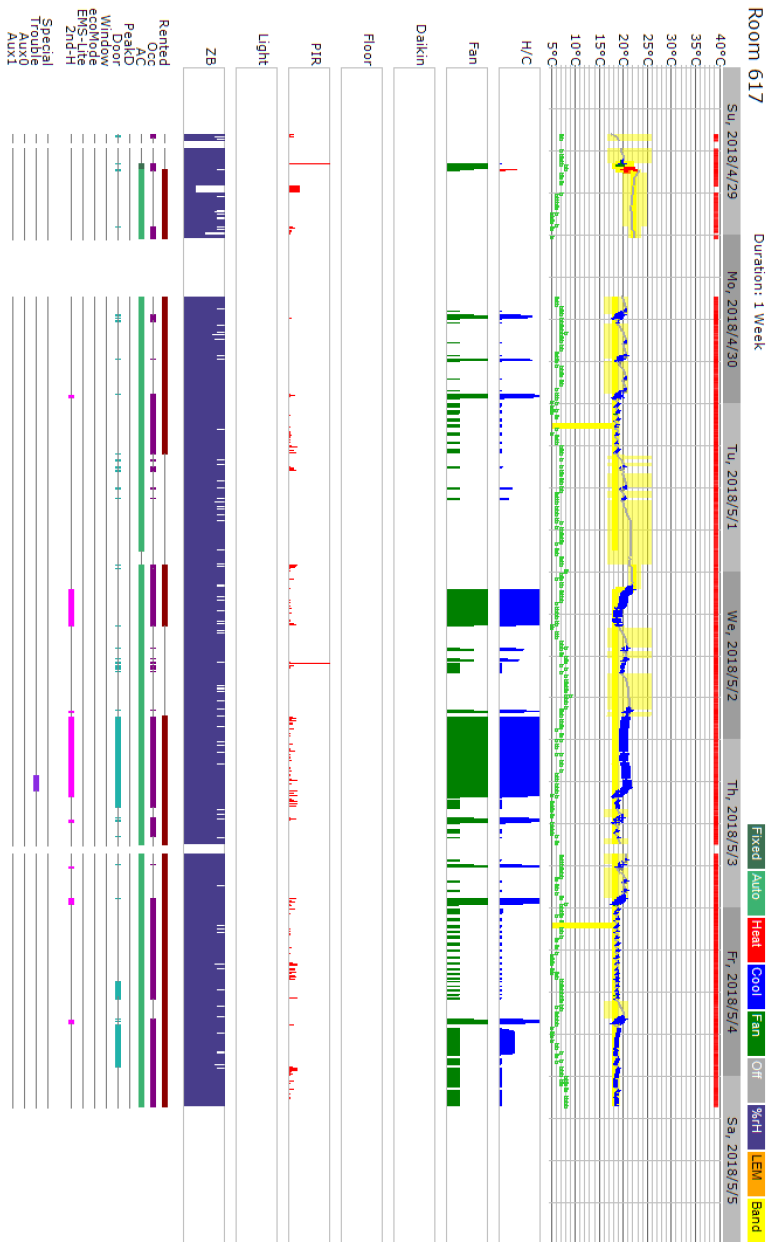
Hodina	Pásmo 9°C Pásmo 4,75°C Pásmo 2,75°C Pásmo 1,5°C (min)	PIRAI (min)	PIRE (h)	H/C Chadi (H/C Chadi) (%)	H/C Vydá (H/C Vydá Dvete N) (Obsazeno) Proniženo (%)	Základní Průtok (m³/h)	Připravené dle (m³/h)	Pásmo > 1 (Neobsazeno) (min)					
den 4 - stř	0	0	60	0	-	-	-	60	0				
0-1	0	0	60	0	-	-	-	60	0				
1-2	0	0	30	30	-	-	-	60	0				
2-3	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
3-4	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
4-5	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
5-6	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
6-7	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
7-8	0	0	28	32	-	-	-	40	43				
8-9	58	0	2	0	-	-	-	0	0				
9-10	60	0	0	0	-	-	-	0	0				
10-11	52	0	3	0	-	-	-	3	0				
11-12	40	0	0	20	-	-	-	0	0				
12-13	40	0	20	0	-	-	-	2	0				
13-14	0	0	60	0	-	-	-	35	0				
14-15	25	0	35	0	-	-	-	3	0				
15-16	60	0	0	0	-	-	-	0	0				
16-17	60	0	0	0	-	-	-	0	0				
17-18	60	0	0	0	-	-	-	0	0				
18-19	60	0	0	0	-	-	-	0	0				
19-20	48	0	12	0	-	-	-	1	0				
20-21	31	5	8	16	-	-	-	13	18				
21-22	0	0	0	60	-	-	-	59	60				
22-23	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
23-24	3	0	0	60	-	-	-	60	0				
SUMA	597,00	5,00	318,00	518,00	0,00	0,00	0,00	696,00	661,00	0,00	0,00	320,00	744,00
REL. 1 DNE	0,41	0,00	0,22	0,36	0,00	0,00	0,00	0,48	0,46				
PODIL VŠ. PÁSEM-1,5°C (min)	0,64												

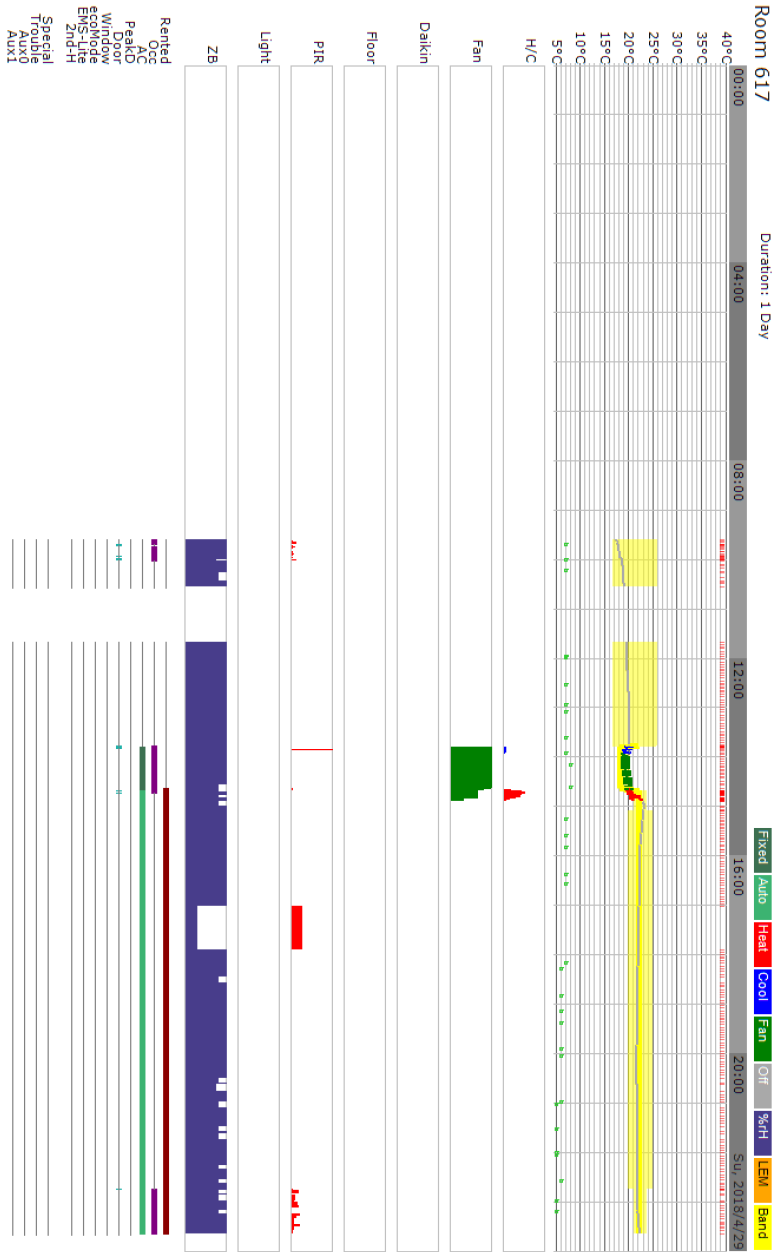
Hodina	Pásmo 9°C Pásmo 4,75°C Pásmo 2,75°C Pásmo 1,5°C (min)	PIRAI (min)	PIRE (h)	H/C Chadi (H/C Chadi) (%)	H/C Vydá (H/C Vydá Dvete N) (Obsazeno) Proniženo (%)	Základní Průtok (m³/h)	Připravené dle (m³/h)	Pásmo > 1 (Neobsazeno) (min)					
den 5 stř	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
0-1	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
1-2	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
2-3	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
3-4	0	5	0	55	-	-	-	60	5				
4-5	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
5-6	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
6-7	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
7-8	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
8-9	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
9-10	0	5	0	55	-	-	-	32	60				
10-11	0	60	0	0	-	-	-	0	60				
11-12	0	7	0	53	-	-	-	50	60				
12-13	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
13-14	0	0	0	60	-	-	-	46	60				
14-15	0	0	0	7	-	-	-	0	60				
15-16	0	53	-	-	-	-	-	0	60				
16-17	60	0	0	0	-	-	-	0	60				
17-18	0	30	0	10	-	-	-	4	60				
18-19	0	45	0	15	-	-	-	0	60				
19-20	0	60	0	0	-	-	-	0	60				
20-21	0	60	0	0	-	-	-	0	60				
21-22	0	60	0	0	-	-	-	0	60				
22-23	0	35	0	25	-	-	-	25	60				
23-24	0	0	0	60	-	-	-	60	0				
SUMA	60,00	440,00	0,00	880,00	0,00	0,00	0,00	817,00	1380,00	0,00	0,00	500,00	623,00
REL. 1 DNE	0,04	0,31	0,00	0,61	0,00	0,00	0,00	0,57	0,96				
PODIL VŠ. PÁSEM-1,5°C (min)	0,35												

Hodina	Pásmo 9°C	Pásmo 4,75°C	Pásmo 2,75°C	Pásmo 1,5°C	PIR d1 [m]	PIR l [%]	H/C Chladí	H/C Chladí I	H/C Vydá	H/C Vydá Dvite	N I	Odsazení	Pronáhlaz	Práma	Základní	Práma	Připadné další	Pásmo > 1	Neobsazenost [m]
den 6 pond 0-1	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
1-2	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
2-3	0	2	0	0	58	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	2	0	0
3-4	0	5	0	0	55	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	5	0	0
4-5	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
5-6	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
6-7	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
7-8	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
8-9	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
9-10	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
10-11	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
11-12	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
12-13	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
13-14	0	39	0	0	21	-	-	-	-	-	-	55	60	-	-	-	0	5	0
14-15	0	60	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	60	-	-	-	39	60	0
15-16	0	53	0	0	7	-	-	-	-	-	-	2	60	-	-	-	60	60	58
16-17	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	59	60	-	-	-	0	1	0
17-18	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
18-19	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
19-20	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
20-21	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
21-22	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
22-23	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
23-24	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
<b>SUMA</b>	<b>0,00</b>	<b>159,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1281,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1256,00</b>	<b>1440,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>159,00</b>	<b>184,00</b>	<b>0</b>
<b>REL. 1 DNE</b>	<b>0,00</b>	<b>0,11</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,89</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,87</b>	<b>1,00</b>							
<b>PODIL VŠ. PÁSEM - 1,5°C</b>	<b>0,11</b>																		

Hodina	Pásmo 9°C	Pásmo 4,75°C	Pásmo 2,75°C	Pásmo 1,5°C	PIR d1 [m]	PIR l [%]	H/C Chladí	H/C Chladí I	H/C Vydá	H/C Vydá Dvite	N I	Odsazení	Pronáhlaz	Práma	Základní	Práma	Připadné další	Pásmo > 1	Neobsazenost [m]
den 7 sob 0-1	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
1-2	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
2-3	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
3-4	0	5	0	0	55	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	5	0	0
4-5	0	0	0	0	60	-	-	-	-	-	-	60	60	-	-	-	0	0	0
5-6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6-7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10-11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12-13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13-14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14-15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15-16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16-17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17-18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18-19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22-23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SUMA</b>	<b>0,00</b>	<b>5,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>295,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>300,00</b>	<b>300,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>5,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0</b>
<b>REL. 1 DNE</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,20</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,21</b>	<b>0,21</b>							
<b>PODIL VŠ. PÁSEM - 1,5°C</b>	<b>-</b>																		

Průběhy sledovaných veličin v hotelu dle Inncontrol 3. Celý týden a následně jednotlivé dny.







Room 617

Duration: 1 Day

00:00 04:00 08:00 12:00 16:00 20:00 No. 2018/4/30

Fixed | Auto | Heat | Cool | Fan | Off | %RH | LEM | Band

