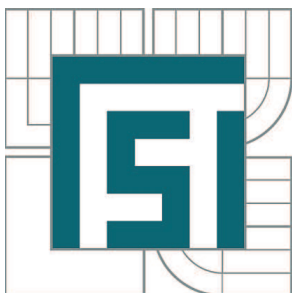


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

## TECHNIKA INTELIGENTNÍCH BUDOV

THE TECHNIQUE OF INTELLIGENT BUILDINGS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. TOMÁŠ BOJANOVSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JOSEF ŠTĚTINA, Ph.D.

BRNO 2012



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Tomáš Bojanovský

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Technika prostředí (2301T024)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Technika inteligentních budov**

v anglickém jazyce:

### **The technique of intelligent buildings**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Technika inteligentních budov a domů se díky obecnému rozvoji automatizace a informačních systémů dynamicky rozvíjí. V současné době, ale díky rozvoji, ještě neprošla standardizací. Tato práce by měla přispět k přehledu této techniky a zmapování trendů.

Cíle diplomové práce:

Provést rešerši inteligentních budov a to jak komerčních prostor, bytových domů a rodinných domů. Přehled by se měl zaměřit zejména na technologie řídicí vytápění, větrání a klimatizace. Zhodnocení by mělo být provedeno zejména z ohledu na úsporu energií a komfortu. Navrhněte konkrétní řešení z oblasti inteligentních budov pro budovy A5, A2 a A4 areálu Technická 2.

Seznam odborné literatury:

- [1] Merz, H., Hansemann, T., Hubner, Ch., Automatizované systémy budov, Grada Publishing 2009
- [2] Wang Shengwei, Intellogent Buidings and Building Automation, Spon Press 2010h
- [3] Engineering Manual of Automatic Control fo Commercial Buildings, Honeywell
- [4] Sinopoli James, Smart Building System for Architects, Owners, and Builders, Elsevier 2010

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Josef Štětina, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 19.11.2011

L.S.

---

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

V práci je podána základní představa o pojmu inteligentní budova a s tím související oblasti, pro které je tato technologie vhodná. V další části jsou popsány systémy používané v tomto oboru, a to především tzv. komunikační sběrnice a protokoly. Pro přehled o vývoji ve zmíněné oblasti jsou také uvedeny významné firmy zabývající se touto technologií. Jako praktický příklad je poté popsána regulace teploty vzduchu a regulace vzduchotechnického zařízení v budově A2 respektive v budově A5 nacházející se v areálu Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně. Pro oba případy jsou dále navrženy možné úpravy.

## **ABSTRACT**

The thesis provides a basic concept of intelligent building and related fields where this technology is appropriate. The next section describes the systems used in this field, especially the so-called communication buses and protocols. For an overview of developments in this area there is also a list of major companies involved in this technology. As a practical example is then described by air temperature and air control facilities in the building A2 or A5 in a building located within the Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology. For both cases are also proposed possible treatment.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Inteligentní budova, automatizace budov, komunikační sběrnice a protokoly, řídicí systémy budov, DDC regulátor, regulace vytápění, TRNSYS

## **KEYWORDS**

Intelligent building, building automation, communication protocols and bus, building controls, DDC controller, heating control, TRNSYS

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

BOJANOVSKÝ, T. *Technika inteligentních budov*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 69 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Josef Štětina, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma technika inteligentních budov vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

19. května 2012

.....

Tomáš Bojanovský

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto doc. Ing. Josefu Štětinovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Pojem inteligentní budova .....</b>	<b>12</b>
1.1 Automatizace budov .....	12
1.1.1 Automatizace soukromých budov.....	12
1.1.2 Automatizace účelových budov .....	13
1.2 Přehled základních funkcí systémů v inteligentních budovách .....	13
1.2.1 Energetické a ekologické funkce pro inteligentní domy .....	13
1.2.2 Bezpečnostní funkce.....	14
1.2.3 Komfortní funkce inteligentních budov.....	14
1.2.4 Funkce pro řízení dopravy uvnitř budov.....	14
1.2.5 Funkce sociálního charakteru .....	14
1.2.6 Zábavní a komerční funkce inteligentních budov .....	14
<b>2. Komunikační sběrnice a protokoly .....</b>	<b>16</b>
2.1 Sběrnice EIB .....	16
2.2 Sběrnice KNX.....	17
2.3 Sběrníkový systém LON Works .....	17
2.4 Protokol BACnet.....	18
2.5 Sběrnice CIB .....	19
2.6 Sběrnice M-Bus .....	20
2.7 Komunikační protokol ModBus .....	21
<b>3. Integrace řídicích systémů a komponent .....</b>	<b>22</b>
3.1 Řídicí systémy a jejich komponenty.....	22
3.2 Integrace řídicích systémů .....	23
<b>4. Přehled firem zabývajících se systémy pro řízení inteligentních budov.....</b>	<b>25</b>
4.1 Společnost Honeywell.....	25
4.2 Společnost ABB .....	26
4.3 Společnost Siemens .....	27
4.4 Společnost CMS .....	30
4.4 Společnost Tecno a.s.....	31

<b>5. Návrh úpravy regulace teploty vzduchu v budově A2</b> .....	<b>32</b>
5.1 Současný stav regulace teploty v budově A2.....	32
5.2 Simulace průběhu teploty vzduchu v programu TRNSYS.....	33
5.2.1 Program TRNSYS.....	33
5.2.2 Vstupní údaje pro simulace .....	34
5.2.3 Popis simulace .....	36
5.2.4 Vyhodnocení simulace .....	38
5.3 Porovnání reálných a nasimulovaných průběhů teplot vzduchu.....	38
5.3.1 Průběh teplot získaných pomocí programu EBI .....	38
5.3.2 Porovnání výsledků simulace s hodnotami z programu EBI .....	39
5.4 Úprava regulace teploty vzduchu ve čtvrtém patře budovy A2 .....	40
5.4.1 Popis regulace .....	40
5.4.2 Návrh řídicího systému .....	41
<b>6 Návrh úpravy regulace vytápění pro budovu A4</b> .....	<b>44</b>
6.1 Současný stav regulace vytápění v budově A4 .....	44
6.2 Úprava regulace vytápění v budově A4 .....	45
6.2.1 Centrální způsob regulace vytápění .....	45
6.2.2 Úprava regulace vytápění v učebně č. A4/302.....	47
6.2.1 Decentralizovaný způsob regulace vytápění .....	48
<b>7 Návrh úpravy regulace vzduchotechniky v budově A5</b> .....	<b>49</b>
7.1 Princip regulace vzduchotechniky.....	49
7.2 Porovnání hodnot koncentrace CO <sub>2</sub> .....	50
7.2.1 Hodnoty koncentrace CO <sub>2</sub> získané měřením .....	50
7.2.2 Hodnoty koncentrace CO <sub>2</sub> získané pomocí programu EBI.....	51
7.2.3 Vyhodnocení získaných průběhů koncentrace CO <sub>2</sub> .....	51
7.3 Úprava regulace vzduchotechniky v posluchárně P1 budovy A5 .....	52
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>53</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>54</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>56</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>57</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>58</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>59</b>

## ÚVOD

Dnešní technicky vysoce vyspělá společnost, která však stále objevuje a vyvíjí nové technologie, se v poslední době stále více zajímá o technologie potřebné pro výstavbu a následný provoz budov. Stále častěji se v současnosti můžeme setkat s pojmem tzv. inteligentní budova. Význam tohoto pojmu si lze jistě vyložit různě a je tedy blíže specifikován v první kapitole této práce.

Obecně by se však dalo říci, že cílem při výstavbě a hlavně při provozu budov je využívání moderních systémů a technologií k řízení a monitorování těchto budov. Nemusí se však jednat pouze o budovy nové, ale také rekonstruované. Tento fakt umožňuje velký rozvoj zmíněných nových technologií, jelikož velká část stavitelství se zabývá právě rekonstrukcí. S ohledem na tuto skutečnost vznikl v minulých letech nový obor, který se nazývá automatizace budov. Jak již bylo řečeno, tento obor zahrnuje především technologie využívané ke komplexnímu řízení a správě celých budov, a to budov účelových (kancelářské budovy, školy, nemocnice, nákupní centra, letištní terminály atd.), tak i budov v soukromé bytové výstavbě. U obou druhů výstavby se nové systémy využívají pro podobné účely, zejména poté pro úsporu energie, bezpečnost, ale také pro možnou flexibilitu a komfort.

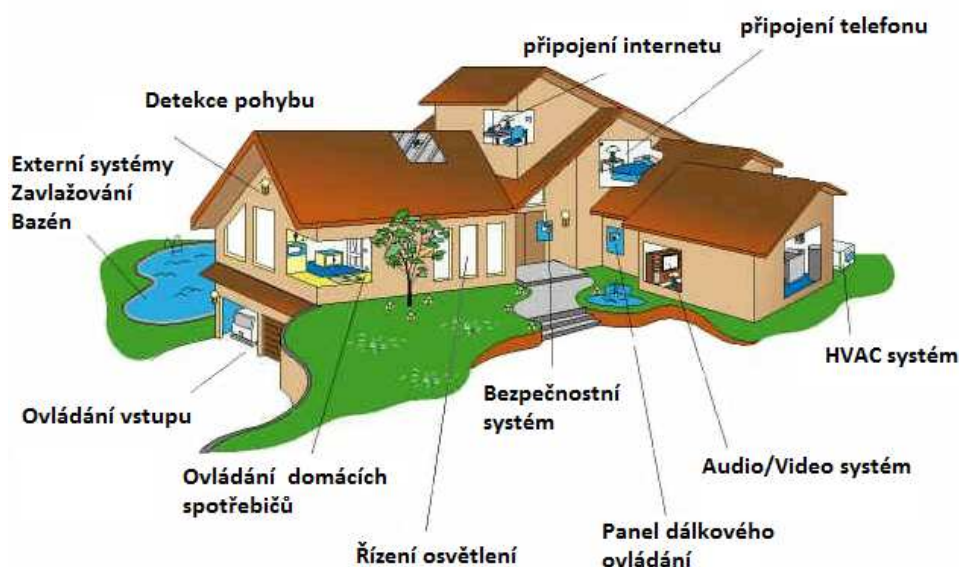
Mezi hlavní části u systémů pro automatizaci budov patří tzv. komunikační sběrnice a protokoly. Tyto komunikační sběrnice a protokoly zajišťují předávání dat mezi jednotlivými systémy instalovanými v inteligentních budovách. Těmito systémy je myšleno například vytápění, zabezpečení či osvětlení. Všechny tyto systémy často mohou komunikovat po různých komunikačních sběrnících a různými komunikačními protokoly. Důvodem je fakt, že velká část firem zabývajících se touto problematikou, instaluje do svých zařízení vlastní komunikační protokoly. S ohledem na tuto skutečnost je vhodné poukázat na některé důležité firmy z této oblasti a ukázat si přehled současně nejpoužívanějších systémů určených pro inteligentní budovy. V poslední době je však snaha zavádět pro tyto systémy určité standardy.

# 1. Pojem inteligentní budova

Je otázkou, co si lze představit pod pojmem inteligentní budova. Jisté však je, že se tento výraz objevuje stále častěji a lze snadno předpokládat, že v budoucnosti jej bude používáno stále více. Jakou budovu tedy můžeme považovat za inteligentní? Existuje definice, která říká, že budova je inteligentní v případě, kdy obsahuje takové technologie a systémy, které si mezi sebou předávají důležitá data. Na základě výměny těchto dat a následné analýzy, je systém v budově zpětně ovládán a efektivněji řízen. Pod pojmem inteligentní budovy rozumíme tedy takové budovy, které mají jednotlivé systémy navzájem propojeny do jednoho komplexního celku. Může tedy docházet k postupné optimalizaci navržených řídicích algoritmů tak, aby bylo dosaženo co nejlepší energetické účinnosti. [2], [3]

## 1.1 Automatizace budov

Jak bylo řečeno již v úvodu, je automatizace budov nový a stále se rozvíjející obor, který se zabývá instalací moderních systémů a technologií do nových či rekonstruovaných budov. Takové budovy lze poté označit za inteligentní.



Obr. 1.1: Příklad budovy s instalovanými moderními systémy [5]

### 1.1.1 Automatizace soukromých budov

V oblasti soukromé bytové výstavby se často hovoří o tom, že použití automatizovaných systémů a moderních technologií je finančně velmi náročné a nutno říci, že v minulých letech tomu tak bylo. Dnešní rychlý rozvoj tohoto oboru a stále větší zájem o něj vede k poměrně dobré finanční dostupnosti. I když to není zcela patrné, tak se celá řada těchto systémů stává u soukromé bytové výstavby nenápadným standardem. Jasným příkladem tohoto jevu jsou například systémy pro vytápění, či systémy pro řízení osvětlení. Velká většina nových domů je těmito systémy automaticky vybavena, a to především z důvodu úspory energie. V současnosti je však velký důraz také kladen na systémy spojené s bezpečností a komfortem.

### 1.1.2 Automatizace účelových budov

Oproti soukromému sektoru je provoz účelových budov zajišťován mnoho dalšími systémy. Kromě již zmíněného vytápění, řízení osvětlení a bezpečnostních systémů, je v těchto budovách zapotřebí například chlazení a vzduchotechnika, řízení výtahů a eskalátoru, přístupové a kamerové systémy, protipožární signalizace a některé další. Z důvodu mnohdy poměrně značné spotřeby energie v těchto objektech, je často zapotřebí také řízení a kontrola této celkové spotřeby energie.

Oblast účelové výstavby je velmi rozsáhlá a spadají do ní samozřejmě také objekty provozované podnikatelským sektorem. V takových budovách je snaha docílit pomocí integrovaných moderních řídicích systémů, co nejvhodnějšího prostředí pro činnost, pro kterou je budova určena. Důvodem je samozřejmě snaha dospět k co nejlepší efektivitě a tudíž i k co největším ziskům.

Kromě optimalizace spotřeby energie a efektivity, jsou však moderní systémy výhodné tím, že se díky nim stává účelová budova flexibilní. Při změně koncepce pro provoz budovy, lze pouze přeprogramovat integrované inteligentní komponenty tak, aby jejich provoz vyhovoval novému konceptu.

## 1.2 Přehled základních funkcí systémů v inteligentních budovách

Systémy v inteligentních budovách mohou zajišťovat mnoho funkcí. Tyto funkce pak lze rozdělit do různých kategorií dle jejich účelu. Budova nemusí obsahovat všechny zmíněné systémy, aby mohla být považována za inteligentní budovu. U různých budov mohou být požadovány rozdílné funkce inteligentních systémů. Možné rozdělení zmíněných funkcí je uvedeno níže.

- Energetické a ekologické
- Bezpečnostní
- Komfortní
- Dopravní
- Sociální
- Zábavní
- Komerční

### 1.2.1 Energetické a ekologické funkce pro inteligentní domy

Mezi energetické a ekologické funkce systémů v inteligentních budovách patří především řízení technických zařízení určených pro zajištění kvality prostředí v budově. Mezi tyto technické zařízení patří především systémy pro vytápění, větrání a klimatizaci či chlazení.

Hlavním důvodem řízení těchto systémů je snaha o snížení spotřeby energie s ohledem na ekonomické, ale i na ekologické hledisko. Úspora energie je dosažena především vhodným nastavením jednotlivých systémů podle konkrétních požadavků uživatele a jejich následném řízení při dosažení minimální spotřeby energie. V současnosti se lze stále častěji setkat se systémy využívajícími obnovitelných zdrojů energie, jako například solární energie nebo energie ze země, vody či vzduch.

Tyto systémy si však mohou často navzájem konkurovat a nemusí proto vždy pracovat zcela efektivně. Proto je třeba je navzájem propojit a řídit podle aktuálně nejvhodnějších parametrů. Typickým příkladem mohou být systémy s akumulací tepla získaného ze solárních kolektorů nebo systémy využívající tepelné čerpadlo.

### *1.2.2 Bezpečnostní funkce*

Tato kategorie funkcí systémů integrovaných v inteligentních budovách patří mezi nejvíce se rozvíjející. Radí se sem například kamerové či protipožární systémy nebo zabezpečení proti havarijním stavům různých systémů instalovaných v budově. Důvodem rychlého rozvoje přímo této oblasti je paradoxně opačná činnost lidí, a to neustálá snaha nějakým způsobem obejít, či vyřadit tyto bezpečnostní systémy, které jsou proto stále zdokonalovány. Příkladem mohou být systémy pro identifikaci člověka na základě otisku prstu, analýzy oka nebo slin.

### *1.2.3 Komfortní funkce inteligentních budov*

Tyto funkce jsou úzce spojené s funkcemi energetickými. Jedná se především o řízení systémů, které zajišťují kvalitu vnitřního prostředí v budově, a to zejména systémů pro vytápění, chlazení či větrání a klimatizaci. Díky tomuto řízení lze individuálně nastavit parametry vnitřního prostředí a dosáhnout tak požadovaného komfortu prostředí. Patří sem ale také například řízení osvětlení, kdy je využíváno nejrůznějších scénářů umělého osvětlení. Dalším příkladem může být také dálkové ovládání vstupních vrat, které je zase spjato s bezpečnostním hlediskem. Mezi komfortní lze zařadit i zábavní a komerční funkce moderních domů, které jsou zmíněny níže.

### *1.2.4 Funkce pro řízení dopravy uvnitř budov*

Inteligentního řízení dopravních systémů v budovách je využíváno především v komerčních budovách, jako jsou například nákupní střediska, kulturní zařízení či dopravní terminály. Snaha je zejména o optimalizaci provozu výtahů, eskalátorů atd.

### *1.2.5 Funkce sociálního charakteru*

Tyto funkce jsou spojeny se snahou zajistit přístup a vhodnost budovy pro tělesně postižené, nemocné či seniory. Proto se mezi tyto funkce řadí například možnost přivolání pomoci v případě nouze, systémy pro eliminaci nejrůznějších handicapů nebo dokonce monitorování základních životních funkcí. Jedná se tedy o systémy určené pro nemocniční budovy či různé sociální zařízení, jako jsou například domovy důchodců.

### *1.2.6 Zábavní a komerční funkce inteligentních budov*

Důležitou roli zde hraje rozvoj informační techniky a internetu. V této oblasti se jedná o nejrůznější audiovizuální systémy řízené například pomocí domácího počítače, které umožňují přehrávání hudby a videí, příjem televizního signálu, hraní nejrůznějších her atd.

Vedle dnes již běžných služeb je v budovách s inteligentním řízením zajímavou aplikací možnost vytváření tzv. uživatelských profilů, které jsou obdobou uživatelských profilů na mobilním telefonu. Například v profilu "opuštění domu" proběhne vypnutí spotřebičů, uzavření oken a přepnutí větrání na minimální výměnu vzduchu. Uživatelsky zajímavou oblastí je také možnost vzdáleného monitorování parametrů objektu využívající webového rozhraní pro sledování stavu objektu, případně pro nastavení žádaných systémových hodnot.

## 2. Komunikační sběrnice a protokoly

V předešlé části této práce byly několikrát použity pojmy technologie, či systémy určené pro inteligentní budovy. Pro další pochopení bude tedy vhodné si říci, co vlastně těmito pojmy je myšleno. Pod pojmem technologie je možné si představit systémové celky (soubor komponent a zařízení), které vykonávají specifickou funkci. Pokud vztáhneme pojem technologie na budovy a slaboproudé systémy v nich, můžeme říci, že se jedná o celky, které se starají a řídí budovu z hlediska její automatizace. Za systém lze poté považovat skupinu nebo soubor komponent a zařízení. V případě automatizace budov se jedná o slaboproudé technologie a systémy. Za technologie budov je tedy možné považovat systémy: vytápění, požární, přístupové, kamerové, zabezpečovací a další, jak bylo uvedeno výše.

Jak již bylo řečeno v úvodu, patří komunikační sběrnice a protokoly mezi hlavní části technologií používaných v inteligentních budovách. Je proto nezbytné si nyní osvětlit i tyto pojmy. S ohledem na komplikované názvosloví a jasně vytyčené pojmy je v následující kapitole využito literatury [2].

**Protokol:** „*Protokol je soubor pravidel pro komunikaci mezi dvěma nebo více uzly systému.*“ [2]

**Sběrnice:** „*Sběrnice je skupina signálových vodičů, kterou lze rozdělit na skupiny řídicích, adresových a datových vodičů v případě paralelní sběrnice, nebo sdílení dat a řízení na společném vodiči (nebo vodičích) u sériových sběrnic. Sběrnice má za účel zajistit přenos dat a řídicích povelů mezi dvěma a více elektronickými zařízeními. Přenos dat na sběrnici se řídí stanoveným protokolem.*“ [2]

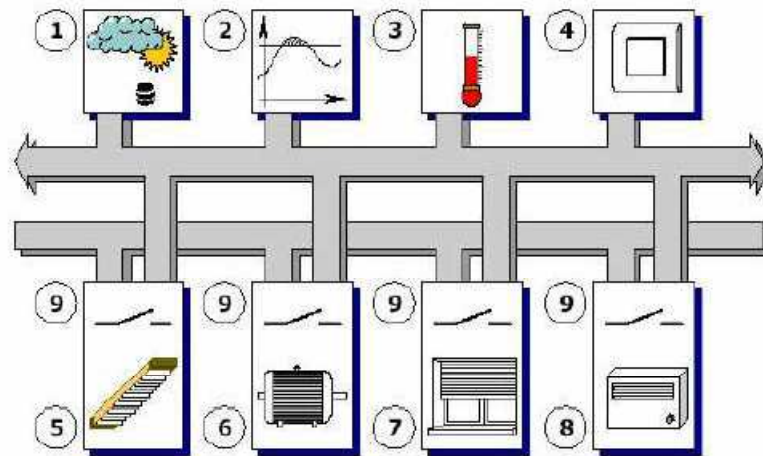
### 2.1 Sběrnice EIB

Sběrnice EIB (European Installation Bus) je evropská instalační sběrnice, která má decentralizovanou strukturu s liniovou, kruhovou nebo větvenou topologií. Jednotlivá zařízení jsou propojena pomocí vodičů, které mezi nimi přenášejí signál, ale také je napájí. Důležité signály lze upřednostnit tak, aby mohly rychleji projít celou sítí. Sběrnice EIB je tvořena tzv. pátevní sítí, na kterou lze připojit až 12 větví pomocí tzv. liniových spojek. Na každou z připojených větví může být poté napojeno až 64 zařízení. Avšak maximální délka větve je 100 metrů.

Pomocí sběrnice EIB lze připojit zařízení od různých výrobců, což se řadí mezi její hlavní výhody. Další výhodou této sběrnice je relativně jednoduché propojení a nastavení připojených zařízení. V podstatě se jedná o nastavení parametrů daného systému pomocí zadání příslušných adres, které poté přiřadí jednotlivým akčním členům v systému dané snímače.

„*Programování jednotlivých účastníků a celého systému EIB se provádí počítačem pomocí programu ETS (EIB Tool Software). Jako základní přenosové médium je použito krouceného páru vodičů (EIB-TP).*“ [2]

Dále může být použito síťové vedení (EIB-PL - Power Line) nebo přenos signálů rádiiem (EIB-RF - Radio Frequency).



- |                    |                   |                         |
|--------------------|-------------------|-------------------------|
| 1 Čidlo jasu       | 2 Prahová detekce | 3 Teplotní čidlo        |
| 4 Monitorování     | 5 Osvětlení       | 6 Řízení motoru         |
| 7 Žaluzie a rolety | 8 Vytápění        | 9 Spínací kontakty 230V |

Obr. 2.1: Sběrníkový systém EIB [3]

## 2.2 Sběrnice KNX

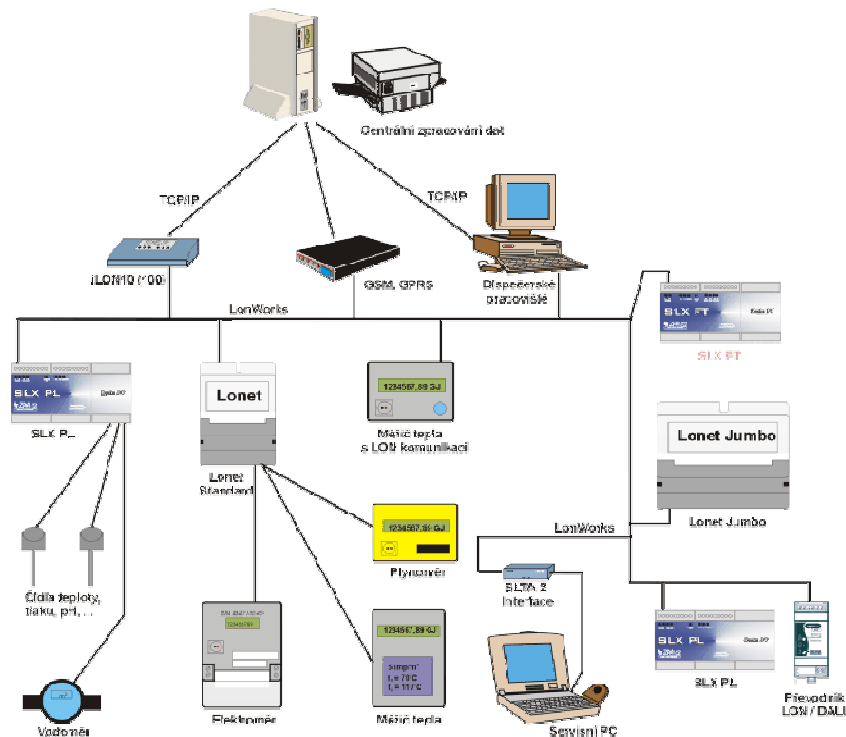
Sběrnice KNX je v podstatě mezinárodně standardizovaná sběrnice. Jako základ pro tento mezinárodní standard KNX byla využita výše uvedené sběrnice EIB, a to s ohledem na její vlastnosti. Jedná se zejména o možnost propojení zařízení od různých firem a poměrně jednoduchou instalaci. Výhodou sběrnice KNX oproti EIB je větší počet funkcí, díky kterým lze propojit také větší počet zařízení, ale také integrovat různé nové zařízení uváděné na trh.

## 2.3 Sběrníkový systém LON Works

Standard LON (Local Operating Network) je univerzální a levná komunikační sběrnice, kterou vyvinula společnost Echelon. Základem je čip s názvem Neuron, který obsahuje veškeré požadované funkce. Komunikační protokol, který se u technologie LON Works používá, se nazývá LON Talk. Pro přenos dat lze využít několik typů přenosových médií, které jsou uvedeny níže.

- kroucený pár
- rádiový kanál
- napájecí silová vedení 230V až 10 kV
- optický kabel
- infračervený přenos
- napájecí vedení 48 V  $\approx$

„Přenosová rychlost se pohybuje mezi 600 b/s až 1,25 Mb/s podle použitého média a délky spojení. Například u kroucených párů vodičů se na vzdálenost 2 700 m dosahuje rychlosti 10 kb/s, zatímco na vzdálenost 1500 m až 78 kb/s a na 130 m až 1 250 kb/s.“ [2]



Obr. 2.2: Příklad využití sběrnice LON Works [6]

Sběrnice LON je vhodná pro aplikace, u kterých je rozhodující délka sběrnice a na přenosové rychlosti dat tolik nezáleží. Propojení sběrnice například s PC se provádí pomocí adaptéru, který převádí data pro možnost jejich následného zobrazení.

## 2.4 Protokol BACnet

BACnet (Building Automation and Control Network) je standardní komunikační protokol, který vytvořila společnost ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers). Rovněž je vhodný pro integraci zařízení od různých výrobců a dá se používat bez licenčních poplatků.

Přenos zpráv protokolem BACnet lze realizovat několika různými způsoby: [2]

1. Prostřednictvím sítě Ethernet (BACnet/IP). V současnosti je tato komunikace v systémech automatizace budov nejvyužívanější. Přenos dat se na tomto přenosovém médiu pohybuje rychlostí 10MBps a 100MBps.
2. Prostřednictvím sítě RS-485. Sběrnice RS-485 je sériová linka, typ protokolu Master - Slave/Token - Passing (MS/TP). MS/TP má jeden nebo více uzlů (MASTER), které spolupracují v logickém kruhu. Sběrnice může mít i účastnické uzly (SLAVE), které ovšem nemohou vysílat zprávy bez jejich vyžádání.

Protokol BACnet specifikuje tři hlavní části: [2]

1. Definuje "OBJEKTY" jako datové body, požadované hodnoty, časové programy, kalendáře
2. Definuje "SLUŽBY" jako sdílení dat, alarmy a správu událostí, časování, trendy, správu zařízení a síť
3. Definuje standardy komunikačních médií: BACnet přes Ethernet, BACnet přes LonTalk, BACnet přes RS232

Protokol BACnet je z výše uvedeného tedy vhodné použít u systémů, které využívají komunikaci po Ethernetu (internetovém připojení). Některá zařízení mohou mít integrovaný webserver, což k nim umožňuje přístup pomocí odpovídající IP adresy.

## 2.5 Sběrnice CIB

Tato sběrnice se snadno instaluje, jelikož propojení akčních členů a senzorů je provedeno pomocí dvou vodičového kabelu. Sběrnice však může být libovolně větvená. Výhodou je zde také fakt, že data a napájecí napětí jsou vedena společně po dvou vodičích, což umožňuje instalaci minimálního počtu vodičů.

Sběrnice CIB viz [7], má velký dosah a je snadno rozšiřitelná. Systém založený na sběrnici CIB je modulární a konfigurovatelný. Komunikace probíhá v modelu master-slave. Na jednu větev může být připojeno až 32 jednotek, a je-li třeba více větví, než má příslušná centrální jednotka rozhraní CIB, lze systém rozšiřovat pomocí externích modulů master obsahujících dvě větve CIB. To umožňuje nejen rozšířit počet připojených akčních členů a senzorů, ale i významně zvětšit rozlehlost systému, protože modul master lze umístit až do vzdálenosti 300 m od řídicí jednotky při připojení metalickým kabelem nebo až 1,7 km při připojení optickým kabelem, a to bez snížení rychlosti odezvy.

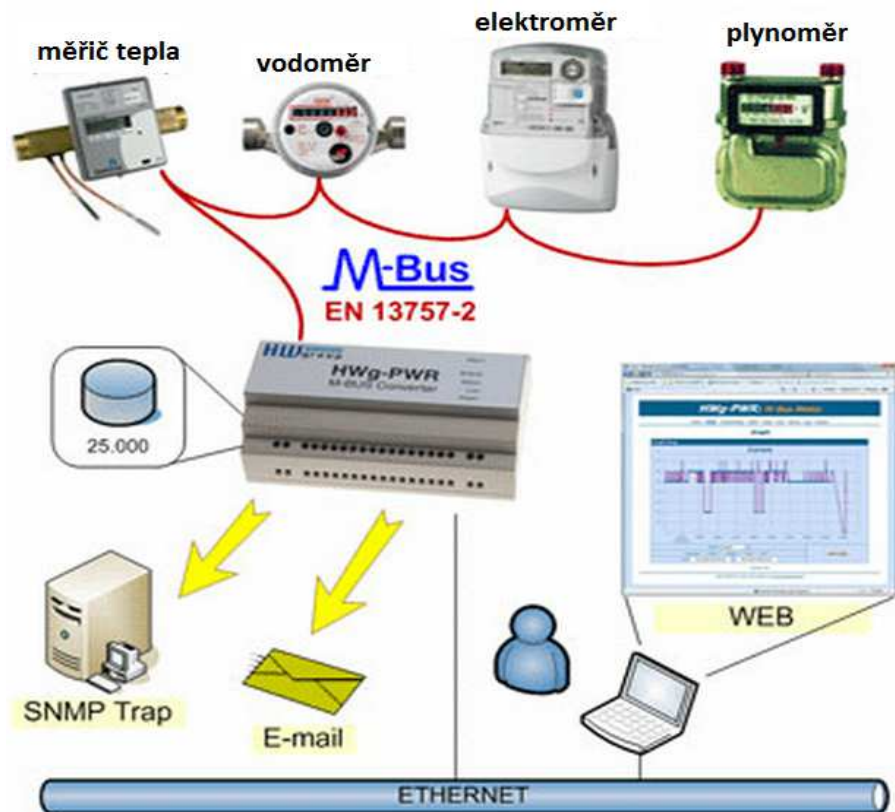
Komunikační systém je odolný proti výpadkům a poruchám napájení. Ačkoliv sběrnice má nominální napájecí napětí 24 V, doporučuje se použít napětí 27 V. Díky tomu je možné trvalé dobíjení připojených akumulátorů 2×12 V, které potom při výpadku sítě zajistí trvalý chod centrální jednotky včetně všech jednotek na sběrnici CIB. Samozřejmě nebudou fungovat spotřebiče napájené ze sítě 230 V, ale systém je i nadále schopen vykonávat zabezpečovací a komunikační funkce.

Odezva systému je do 150 ms i při plném zatížení, tj. osazení maximálního počtu jednotek na všech připojených větvích sběrnice CIB. Tato hodnota je hluboko pod 300 ms, tedy pod hodnotou, kterou člověk ještě vnímá jako okamžitou reakci. Pro regulaci tepelných procesů je to rychlost zbytečná, ale umožňuje systém bez problému využít i v osvětlovacích soustavách. Garantované rychlosti odezvy sběrnice je dosaženo přenosovou rychlostí 19,2 kb/s a optimalizovaným přenosovým protokolem.

Pro to, aby byly minimalizovány činnosti spojené se správnou adresací jednotek, má každá jednotka svoji vlastní unikátní šestnáctibitovou adresu, vyjádřenou jako čtyři hexadecimální číslice uvedené na krytu každé jednotky. Zároveň je tuto adresu možné přečíst v centrální jednotce elektronicky.

## 2.6 Sběrnice M-Bus

Sběrnice M-Bus (z anglického Meter-Bus) slouží pro sběr dat z měřičů odběru různých médií (například pitné a užitkové vody, plynu, tepla, elektrické energie). Proto tato sběrnice musí umožnit propojení poměrně velkého počtu zařízení na značné vzdálenosti a přenos dat musí být chráněn proti vzniku možných chyb. Na druhé straně, typickou vlastností této aplikace je nepříliš časté odečítání naměřených hodnot s nízkými nároky na odezvy v reálném čase. To spolu s nízkými požadavky měřičů na výpočetní výkon procesoru umožňuje implementovat všechny protokolové vrstvy modelu programově.



Obr. 2.3: Sběr dat pomocí sběrnice M-Bus [8]

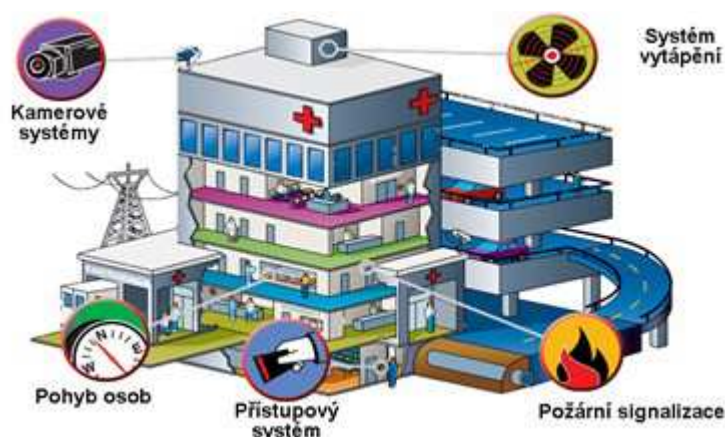
Data na sběrnici M-bus jsou přenášena asynchronně s délkou 8 bitů a sudou paritou (sudý počet jedničkových bitů ve slově). Mezi jednotlivými znaky nesmí být časové mezery. Přenos dat na sběrnici odpovídá komunikaci Master-Slave. To znamená, že na sběrnici je vždy jedna řídicí jednotka (Master), která posílá a přijímá data od jednotlivých účastnických stanic (SLAVE). Přenos dat (bitů) mezi řídicí jednotkou a účastnickou stanicí odpovídá hodnotám logická 0 a logická 1, přičemž tyto logické úrovně jsou odlišeny hodnotami napětí a proudu. Maximální počet stanic, které mohou komunikovat na sběrnici je 250. Přenosová rychlost je úzce svázána s délkou kabelového segmentu a může se pohybovat v rozsahu 300 - 9600 Bd. Maximální délka kabelového segmentu nesmí překročit 1000 m (350 m pro 9600 Bd). Pro rozsáhlejší systémy je nezbytné přejít ke složitějším konfiguracím, kdy je celý systém rozdělen na tzv. zóny. Jednotlivé zóny se skládají ze segmentů připojených prostřednictvím vzdálených opakovačů a jsou řízeny tzv. řadiči zóny. [2]

## **2.7 Komunikační protokol ModBus**

ModBus je otevřený komunikační protokol vhodný pro vzájemnou komunikaci různých zařízení, který umožňuje přenášet data po různých sítích a sběrnicích. Tento protokol má hlavní využití v průmyslových aplikacích, nicméně v systémech automatizace budov má také již své pevné postavení. Komunikace protokolu funguje na principu předávání datových zpráv mezi klientem a serverem. V systémech automatizace budov se tento protokol využívá spíše pro integraci průmyslových zařízení do centrální stanice systému automatizace budov. Většina systémů v budovách totiž dnes vyžaduje informace i z průmyslových zařízení, jako například z frekvenčních měničů, které ovládají čerpadla nebo pohony.

### 3. Integrace řídicích systémů a komponent

Technologie v budovách zaznamenala prudký vzrůst s nástupem informačních technologií. Jeden z hlavních požadavků, při řešení problematiky technologie inteligentních budov, je proto kladen na integraci jednotlivých systémů. Tedy na možnosti předávání hodnot různých veličin z jednoho systému do druhého. Tato kapitola je proto zaměřena na možnosti integrace různých systémů, určených pro automatizaci budov, v závislosti na komunikačních protokolech a jejich využití.



Obr. 3.1: Příklad budovy s integrovanými systémy [9]

#### 3.1 Řídicí systémy a jejich komponenty

Pro pochopení pojmu řídicí systémy, je vhodné si uvést jednoduchý a názorný příklad využití. Praktickým příkladem může být systém vytápění, u kterého se v současnosti velice často využívá tzv. prostorového termostatu. Tento prostorový termostat obsahuje teplotní snímač a výstupní kontakt, který spíná zdroj tepla. Na základě snímané teploty a porovnáním s nastavenou požadovanou teplotou je pak tento kontakt a tedy zdroj tepla ovládán. Dá se tedy říci, že prostorový termostat obsahuje jistý řídicí a vyhodnocovací algoritmus, pomocí kterého je regulován výstup termostatu na základě vstupní hodnoty teploty. To znamená, že termostat lze považovat za regulátor či velmi jednoduchý řídicí systém. V oboru automatizace budov mají regulátory označení DDC (Direct Digital Control), které tedy v návaznosti na hodnotách vstupních parametrů určují své výstupy. V případě propojení jednotlivých regulátorů se vstupními a výstupními obvody, vstupními snímači (teplota, tlak, pohyb atd.) a jednotlivými výstupními zařízeními (pohony, motory či signalizační zařízení), můžeme hovořit již o řídicích systémech.

Řídicí systémy lze rozdělit do dvou základních skupin: [9]

1. Některé řídicí systémy obsahují pouze samotný regulátor a vstupní a výstupní obvody se k němu připojují prostřednictvím vybraných komunikačních sběrnic, které byly uvedeny výše. Samotný regulátor tedy provádí naprogramovanou řídicí strategii a ovládá vstupy/výstupy zasíláním dotazů a povelů prostřednictvím komunikačního protokolu do příslušného vstupního/výstupního (I/O) modulu. V jedné komunikační sběrnici může být připojeno více I/O modulů, kde jsou jednotlivé vstupy a výstupy rozlišeny fyzickou adresou.



Obr. 3.2: DDC regulátor bez (nalevo) a s I/O moduly [9]

2. Druhou skupinou řídicích systémů jsou regulátory, které přímo na sobě obsahují vstupní/výstupní moduly a není tedy nutné je připojovat pomocí komunikačních sběrnic. Avšak u většiny těchto řídicích systémů je možné další I/O moduly ještě připojit.

Po rozdělení řídicích systémů je vhodné si uvést také základní typy zmíněných I/O modulů, na kterých je toto rozdělení závislé. Vstupní i výstupní moduly můžeme rozlišit na dvě základní skupiny, a to na moduly obsahující analogové vstupy/výstupy a na moduly obsahující fyzické digitální vstupy respektive výstupy.

*„U analogových vstupů bývá nejčastěji vstupem veličina napětí, proud nebo elektrický odpor. Hodnoty uvedených veličin se mění spojitě v závislosti na tom, jak se mění hodnota měřené veličiny. Například tlakové snímače mají v sobě často integrovaný převodník tlak/proud, jehož proudový výstup je snímán modulem analogového vstupu. U analogových výstupů je to samozřejmě obráceně. Výstupem jsou nejčastěji stejnosměrné hodnoty napětí nebo proudu. To, jaká je hodnota výstupu, je určeno nejčastěji v regulátoru pomocí programu. Také je vhodné zmínit, že moduly a regulátory jsou samozřejmě napájené ze zdroje stejnosměrného nebo střídavého napětí (nejčastěji 10, 24, 230 V). Pod pojmem digitální neboli binární (vstup/výstup) je možné si představit dvě diskrétní hodnoty některých veličin. V praxi se nejčastěji používají hodnoty napětí nebo proudu a jsou definovány logické úrovně, jako například napětí 0 V (proud 0 A) odpovídá logické úrovni 0 a napětí 10 V (proud 20 mA) odpovídá logické úrovni 1. Taktéž jako digitální výstup je možné si představit sepnuté či rozepnuté relé a jako vstup sepnutý či rozepnutý kontakt.“ [9]*

### 3.2 Integrace řídicích systémů

Jak bylo již několikrát řečeno, téměř všechny nově postavené nebo zrekonstruované moderní budovy v dnešní době obsahují sofistikované řídicí systémy, které řídí určité instalované technologie. Mnohdy může být využito i více řídicích systémů v jedné budově. Poté je nezbytná vhodná integrace jednotlivých technologií tak, aby si řídicí systémy byly schopny mezi sebou spolehlivě předávat potřebná data.

Propojení technologií s různými komunikačními protokoly není možné provést jednoduchým způsobem, ale téměř vždy musí být přidán určitý převodník či adaptér, který je připojen například k řídicímu počítači. Na tomto řídicím počítači je nainstalován odpovídající systém pro správu budov, který obsahuje potřebné ovladače a je tak schopen vytvořit grafickou vizualizaci integrovaných systémů.

Druhým způsobem integrace jednotlivých technologií je použití regulátorů, které v podstatě nahradí řídicí počítač. Tenhle způsob integrace má tu výhodu, že tak lze jednodušeji integrovat různé technologie komunikující po různých protokolech, protože regulátory již obsahují potřebné převodníky a adaptéry. Pro integraci komunikačních protokolů je nutné pouze zvolit příslušný ovladač a regulátor je následně připraven na integraci dané technologie. Zvolením požadovaných datových bodů (parametrů) může systém operovat s daným datovým bodem a předávat jeho hodnotu do jiné technologie, která třeba komunikuje po jiném komunikačním protokolu. Vybrané regulátory mohou obsahovat konektory pro připojení LAN (TCP/IP a BACnet) a konektory pro připojení sériové linky RS232 a RS485. Dále je možné systémy libovolně doplnit o další komunikační rozhraní, jako jsou například LON, Modbus, Mbus, EIB atd. Dle uvedených komunikačních rozhraní je patrné, že některé systémy umožňují v jednom zařízení používat několik komunikačních protokolů najednou. Využitím komunikačních protokolů je pak možné předávat hodnoty vybraných veličin z jednoho systému (např. přístupový systém) do systému druhého (např. vytápění). Díky těmto informacím může například systém aktivovat vytápění v dané místnosti v budově až po přiložení přístupové karty. Takovýto systém se pak významně podílí na snížení vydané energie v budově. Díky tomu se pak regulátory stávají plnohodnotnými systémy pro integraci současných technologií v moderních budovách.



Obr. 3.3: Možnosti propojení různých komunikačních protokolů [2]

## **4. Přehled firem zabývajících se systémy pro řízení inteligentních budov**

Po základním přiblížení problematiky týkající se technologie a systémů inteligentních budov, je vhodné si tyto systémy ukázat v konkrétních případech. Nejlepší způsob, jak to udělat, je popis konkrétních systémů, které jsou v současnosti prezentovány nejvýznamnějšími firmami z tohoto oboru. Mezi tyto firmy zcela jistě patří Honeywell, ABB, Siemens či CMS.

### **4.1 Společnost Honeywell**

Firma Honeywell je v České republice jedna z nejvýznamnějších společností v oblasti řízení inteligentních budov a působí na území ČR již od roku 1962. Mezi hlavní produkt od této společnosti, určený pro řízení a regulaci budov patří systém Enterprise Buildings Integrator. Tento systém využívá také VUT v Brně, a proto je použit pro získání potřebných informací o stavu měření a regulace systémů instalovaných v budovách A2, A4 a A5 areálu Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně. Pro tyto budovy jsou v další části práce navrženy konkrétní úpravy měření a regulace systému vytápění či vzduchotechnického zařízení.

Enterprise Buildings Integrator - EBI [11]

Enterprise Buildings Integrator je konfigurovatelný systém správy budov, který nabízí účinné a efektivní provozování budov. EBI je revoluční sadou integrovaných aplikací pro kompletní správu budov. Tento postupně rozšiřitelný a otevřený systém, postavený na architektuře klient - server platformy Windows umožňuje efektivní sledování všech procesů v budově včetně jejího zabezpečení, a tím dovoluje obsluhu rychlou reakci na alarm či havarijní stavy. Systém se skládá z několika výkonných softwarových aplikací, které lze postupně do systému doplnit a vzájemně provázat. Operátorské stanice lze připojit pomocí různých standardních síťových topologií založených na protokolu TCP/IP jako jsou sítě LAN a WAN, nebo prostřednictvím sériové linky či telefonického připojení. Databáze a aplikace je možné integrovat tak, aby poskytly různým místním, síťovým a internetovým klientům přístup ke sledování, řízení a historii o správě budovy. Více informací o EBI je uvedeno v manuálu, který je v příloze 1.

Pro správu budov je v programu EBI k dispozici aplikace Honeywell Building Manager, který splňuje požadavky pro řízení vytápění, větrání a klimatizace, ale také měří a kontroluje spotřebu energií, například tepla, elektřiny či zemního plynu. Měření spotřeby energie je výhodné především s ohledem na dosažení úspor energie. V našem případě by se mohlo jednat například o případnou změnu rozvrhů výuky se zřetelem na známou spotřebu energie v různých učebnách. Schémata rozmístění měřičů tepla, plynoměrů a elektroměrů v areálu FSI VUT v Brně a ukázka zobrazení dat v programu EBI lze vidět v příloze 8.

## Hlavní vlastnosti EBI

- Úplná integrace řízení přístupu, zabezpečení, dohledu, větrání, vytápění a klimatizace a bezpečnosti osob.
- Integrace s nejrůznějšími zařízeními, podnikovými systémy, zdroji internetu a intranetu, což umožňuje inteligentní řízení klíčových údajů budovy.
- Průmyslový standard hardwaru a operační systém Windows 2008 Server, Windows XP a VMware ESX
- Podpora nejvíce používaných otevřených standardů: BACNet, LonMark, ODBC, OPC a Modbus
- Schválení UL dle normy UL864 včetně aplikací požární ochrany (UOJZ), zabezpečení (APOU), kritických procesů (QVAX) a kontroly kouře (UUKL)
- Snadno použitelné uživatelské rozhraní podobné WWW stránkám snižuje náklady na školení obsluhy a umožňuje uživateli zvládnout každou situaci.
- Navržen a vyvinut dle mezinárodních norem jakosti ISO 9001

## 4.2 Společnost ABB

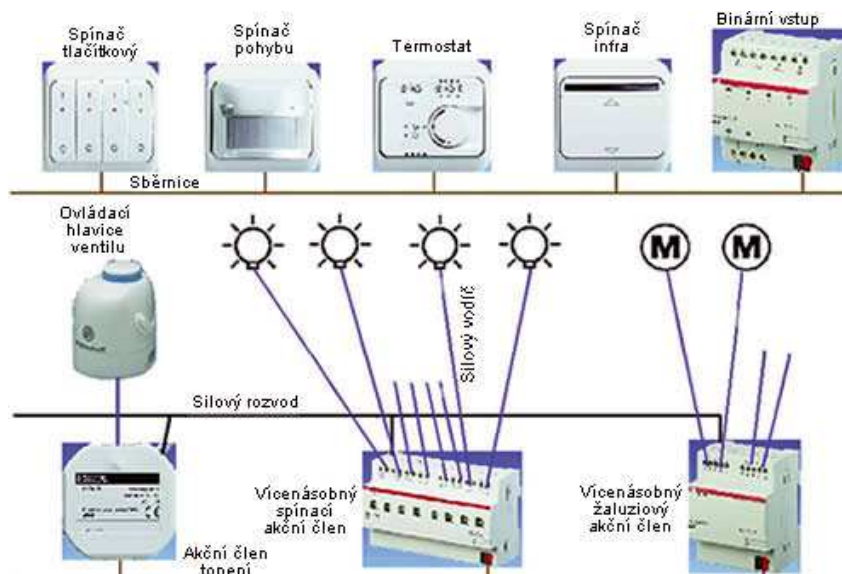
Společnost ABB je zastoupena ve více než 100 zemích světa a zaměstnává přes 100 000 pracovníků. Technologii inteligentních budov se zabývá již 25 let, a proto jistě patří mezi nejvýznamnější společnosti tohoto oboru. Nejrozšířenějším systémem pro řízení moderních budov od této společnosti se nazývá ABB i-bus<sup>®</sup> KNX.

### ABB i-bus<sup>®</sup> KNX

ABB i-bus<sup>®</sup> KNX je instalační systém splňující požadavky při použití pro nejmodernější budovy. Je to decentralizovaný sběrníkový systém pro bytové i komerční budovy. Hlavní výhodou je využití technologie KNX, což umožňuje snadnou kontrolu a řízení celé budovy.

#### *Možnosti systému ABB i-bus<sup>®</sup> KNX [10]*

1. Ovládání soustavy vytápění, větrání a klimatizace
2. Ovládání osvětlení, včetně možnosti vytváření scén
3. Optimalizace zatížení celé domovní elektrické instalace
4. Ovládání nejrůznějších domácích spotřebičů
5. Ovládání žaluzií, rolet a markýz
6. Dálková signalizace, vizualizace a protokolování funkcí
7. Činnost soustavy střežení objektu a hlášení o vniknutí osob do objektu
8. Ovládání systémů i pomocí telefonu



Obr. 4.1: ABB i-bus<sup>®</sup> KNX systém [10]

#### *Jak funguje ABB i-bus<sup>®</sup> KNX?*

Prostřednictvím komunikační sběrnice KNX jsou všechny snímače (např. tlačítkové ovládače nebo snímače přítomnosti) vzájemně propojeny datovým kabelem s akčními členy (např. akčními členy ke stmívání, ovládací žaluzií), na rozdíl od přímo vodičově připojených spínačů a spotřebičů (klasická instalace). Akční členy ovládají/řídí silový obvod ke spotřebiči. Komunikace se všemi zabudovanými systémovými přístroji probíhá formou datových telegramů, posílaných po stejném sběrnicovém kabelu. Snímače vysílají povely, akční členy jim „naslouchají“ a po adresaci provedou požadovanou funkci. Pomocí ABB i-bus<sup>®</sup> KNX lze vytvořit širokou řadu funkcí, např. skupinové povely, logické sekvence, řídicí a regulační úkoly.

### 4.3 Společnost Siemens

Siemens je globálním elektrotechnickým koncernem. Působí především v sektorech průmyslu, energie a zdravotnictví. Přes 160 let je Siemens synonymem pro špičkové technologie, inovace, kvalitu, spolehlivost a mezinárodní působení. Je jedním z největších poskytovatelů technologií šetrných k životnímu prostředí. Problematikou automatizace budov se zabývá především sektor průmyslu, a to především jeho divize Technologie budov. Tato divize nabízí pestrou škálu produktů, systémů i komplexních řešení pro řízení technologie budov. Jedná se o systémy budov zabezpečovací, protipožární a instalační techniku. Jedním ze systémů vytvořených touto divizí, je systém Synco living.

#### **Synco living**

Synco living je obsáhlý systém automatizace domácnosti s širokým sortimentem přístrojů. Systém umožňuje řídit vytápění, ventilaci a klimatizační jednotky, pohodlně zapínat a vypínat elektrické spotřebiče a monitorovat místnosti v budově pomocí kouřových detektorů. Systém také například ukáže, která okna jsou otevřená, sdělí aktuální venkovní teplotu, atmosférický tlak a nabídne snadný a pohodlný způsob ovládání světel a rolet.

Díky použití mezinárodně uznávaného komunikačního protokolu KNX mohou vzájemně komunikovat elektrické přístroje, systémy vytápění, ventilace, klimatizace a domácí spotřebiče různých výrobců. To také umožní budoucí integraci dalších komfortních bezpečnostních a energeticky úsporných funkcí. Kromě bezdrátové komunikace KNX může centrální jednotka systému Synco living komunikovat s dalšími přístroji také po datové sběrnici.

### *Popis systému Synco living [12]*

#### 1. Centrální jednotka QAX910

Srdce a mozek systému. Odsud je možné řídit a na displeji kontrolovat všechny funkce nezávisle až ve dvanácti místnostech. Kromě vytápění umí centrální jednotka ovládat osvětlení a žaluzie až v osmi spínacích skupinách, obsahuje nastavitelné scény osvětlení a žaluzií. Může sledovat dveřní, resp. okenní spínače a v každé místnosti detektor kouře. Dále umožňuje řídit centrální větrací jednotku a chlazení pomocí tzv. split jednotek.

#### 2. Prostorový přístroj QAW910

Měří prostorovou teplotu a umožňuje pro každou místnost individuální zásah do hodnot přednastavených v centrální jednotce, jako jsou teplota a provozní režim. Tyto komfortní funkce lze stisknutím tlačítka snadno prodloužit o přednastavenou hodnotu.

#### 3. Regulační servopohon otopného tělesa SSA955

Měří prostorovou teplotu, bezdrátově přijímá od bytové centrály nastavenou požadovanou teplotu pro tento prostor a reguluje pokojovou teplotu změnou nastavení regulačního ventilu. Může ovládat až pět dalších pohonů v každé místnosti a regulovat tak vyrovnání tepla mezi otopnými tělesy.

#### 4. Teplotní čidlo QAA910

Měří prostorovou teplotu a naměřené hodnoty bezdrátově předává bytové centrále.

#### 5. Regulační topného okruhu RRV912 nebo RRV918

Porovnává požadované a skutečné aktuální hodnoty v každé místnosti, které mu bezdrátově předává bytová centrála, reguluje teplotu v jednotlivých místnostech změnou nastavení regulačních ventilů na rozdělovači. Do centrální jednotky zasílá požadavky na teplo. Kombinací regulačních topných okruhů lze ovládat libovolný počet okruhů.

## 6. Univerzální modul RRV934

Slouží pro před-regulaci teploty topné vody na rozdílnou teplotu pro zónu podlahového vytápění a pro zónu radiátorů. Dále umožňuje tří-stupňově řídit otáčky ventilátoru vzduchotechnické jednotky a ovládat bypass pro noční vychlazování během letního provozu. Univerzální modul je vybaven výstupem 0 - 10 V pro plynulé řízení výkonu kotle. Přístroj komunikuje bezdrátově s centrální jednotkou systému Synco living QAX910.

## 7. Detektor kouře DELTA reflex

Rozpozná kouř vznikající při požáru a spustí alarm. Alarm bezdrátově hlásí bytové centrále.

## 8. Rádiové přístroje GAMMA wave a Hager tebis RF

Do systému lze začlenit výrobky řady Siemens GAMMA wave a Hager tebis RF pro ovládání osvětlení, rolet nebo žaluzií. Je tak možné pohodlně ovládat světla a rolety centrálně, lokálně nebo jako scény. Samozřejmě lze tyto komponenty i automatizovat, např. pomocí programů v době nepřítomnosti obyvatel objektu.

## 9. Okenní kontakt GAMMA wave AP 260

Hlídá stav oken, dveří a vrat, ale i víka mrazáku, a hladinu topného oleje. Tyto veličiny hlásí bytové centrále. Při odchylce od žádané hodnoty může spustit různé druhy výstrahy. Šetří energii, přesto však nesnižuje komfort.

## 10. Meteorologické čidlo QAC910

Snímá venkovní teplotu a tlak vzduchu a bezdrátově je zasílá centrální jednotce. Na jejím displeji je možné zobrazit průběhy těchto veličin za posledních 24 hodin. Změna atmosférického tlaku během posledních tří hodin je znázorněna šipkou. Navíc se na základě změn a hodnotě absolutního tlaku vzduchu určuje a na displeji zobrazuje trend vývoje počasí (slunečno, polojasno, deštivo).

Systém Synco living využívá technologie založené na mezinárodním standardu KNX/EIB pro drátový nebo bezdrátový přenos dat (KNX TP1 a KNX RF), a to jak v rámci systému, tak i pro komunikaci s přístroji jiných výrobců. Otevřenost technologie tak umožňuje integraci různých přístrojů KNX/EIB.



Obr. 4.2: Příklad instalace systému Synco living [12]

#### 4.4 Společnost CMS

CMS s.r.o. je ryze českou společností, která poskytuje kompletní služby pro automatizaci technologických procesů. Dále se zaměřuje na automatizaci inteligentních domů se systémy domácí automatizace Domintell.

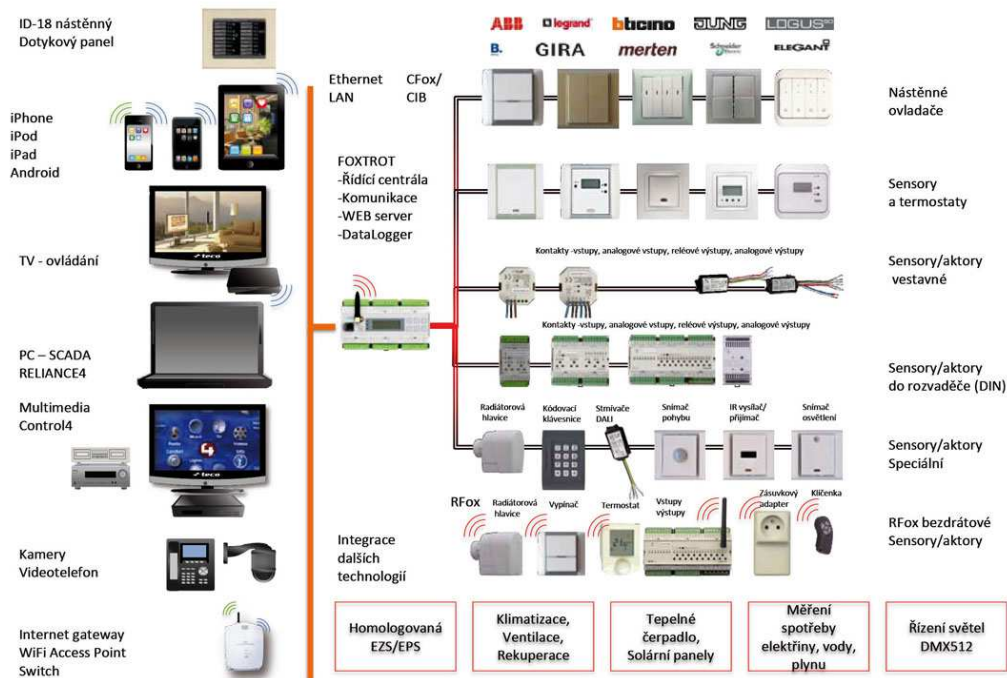
##### Systém Domintell [13]

Domintell je elektroinstalační systém sloužící pro kompletní automatizaci budov, rodinných domů, bytů, kanceláří, prezentačních místností, bytových komplexů, hotelů a dalších. Princip činnosti tohoto systému, důvody a výhody jeho instalace jsou velice podobné předešlým systémům.

Výhoda systému Domintell je především v tom, že není nutné ho okamžitě celý instalovat, stačí pouze myslet na jeho použití do budoucna a vybavit ho základními prvky. Protože je systém modulární, je možné jednotlivé ovládací prvky dodávat postupně. Je-li třeba dům rekonstruovat a například přistavovat další patro, je připojení dalších modulů k centrální jednotce jen otázkou dokoupení dalších modulů a jejich zařazení do stávajícího systému softwarově, což bude provedeno zároveň s instalací prvků.

## 4.4 Společnost Teco a.s

Společnost Teco a.s. je jednou z předních firem na českém trhu zabývajících se výrobou průmyslových řídicích systémů a systémů pro řízení inteligentních budov. Jejím předním výrobkem určeným pro ovládání inteligentních budov je v současnosti systém Tecomat Foxtrot.



Obr. 4.3: Možné schéma propojení systému Foxtrot [14]

## Systém Tecomat Foxtrot [14]

Tecomat Foxtrot je regulační a řídicí systém s výkonnou procesorovou jednotkou, díky které dobře komunikuje s integrovanými technologiemi. Foxtrot je založen na komunikaci po síti Ethernet. Integrovaný kanál pro rychlý přenos dat (100 Mbit/s), vyvedený na čele standardizovaného konektoru RJ-45, umožňuje přímou integraci tohoto systému do standardních i průmyslových sítí Ethernet. Systém Foxtrot umožňuje zapojení jednotlivých zařízení pomocí komunikační sběrnice CIB, což je vhodné zejména pro instalaci v nových nebo rekonstruovaných domech. Avšak nabízí také možnost bezdrátového připojení.

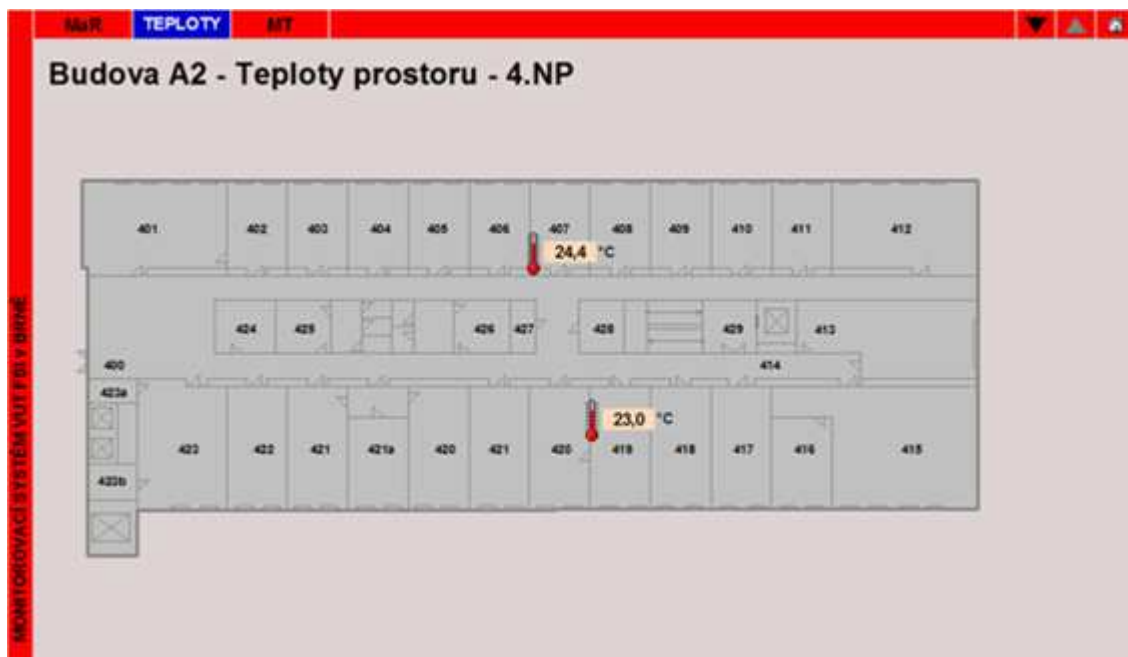
## 5. Návrh úpravy regulace teploty vzduchu v budově A2

Jednou z nejdůležitějších funkcí řídicích systémů v inteligentních budovách je úspora energie potřebné na vytápění či klimatizaci. V následující kapitole je proto uveden současný stav regulace teploty vzduchu pro čtvrté patro budovy A2. Dále jsou porovnány teoretické hodnoty průběhu teploty vzduchu získané pomocí programu TRNSYS s reálně naměřenými hodnotami získanými pomocí programu EBI. Na základě tohoto porovnání jsou poté navrženy možné úpravy systému pro měření a regulaci v dané oblasti budovy A2.

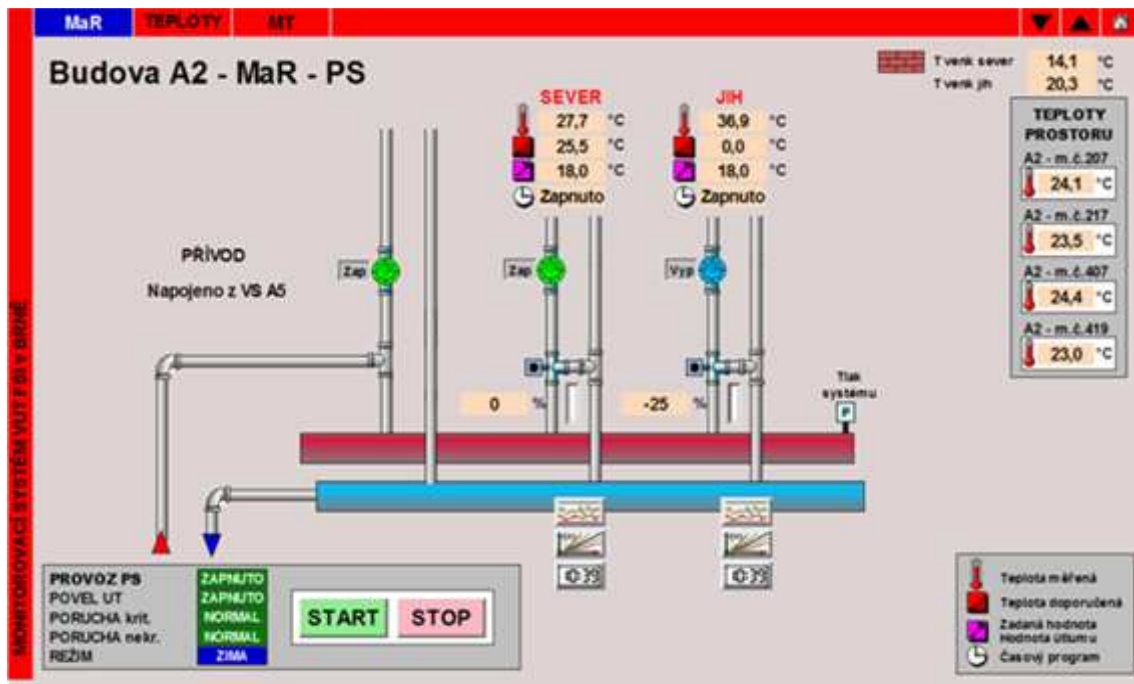
### 5.1 Současný stav regulace teploty v budově A2

V současnosti je regulace teploty ve čtvrtém patře budovy A2 prováděna pomocí měření venkovní teploty vzduchu a teploty vzduchu uvnitř budovy, na základě kterých je poté regulován přívod teplonosného média - vody v otopné soustavě. Budova A2 je pro lepší a přesnější regulaci teploty vnitřního vzduchu rozdělena na dvě zóny, a to na severní a jižní. S ohledem na výše uvedenou orientaci budovy vzhledem k světovým stranám, je toto rozdělení na severní a jižní zónu zcela nezbytné.

Konkrétní rozmístění čidel pro měření vnitřní teploty vzduchu a samotný princip měření a regulace je možné vidět na následujících schématech, která jsou obsažena v programu EBI. Na schématu měření a regulace lze vidět patrný rozdíl mezi venkovní teplotou vzduchu na jižní a severní straně budovy.



Obr. 5.1: Rozmístění čidel pro měření teploty vzduchu uvnitř budovy A2



Obr. 5.2: Schéma měření a regulace teploty vzduchu uvnitř budovy A2

## 5.2 Simulace průběhu teploty vzduchu v programu TRNSYS

Jedná se o simulaci čtvrtého patra budovy A2 patřící do areálu Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně. Účelem simulace je určení teplot v daných oblastech budovy pro konkrétní časové období a konkrétní vstupní parametry. Výsledky simulace jsou poté porovnány s reálnými hodnotami teplot získanými pomocí programu EBI, který slouží ke komplexní správě budov.

### 5.2.1 Program TRNSYS

TRNSYS (TRaNsient SYstem Simulation) je modulární program výhodný zejména pro dynamické hodnocení energetických systémů budov. Je vhodný pro energetické bilance celých staveb, ale i jednotlivých systémů, jako například fotovoltaických či vzduchotechnických soustav.

Pro samotnou tvorbu simulace konkrétních energetických systémů v programu TRNSYS je nejvhodnější uživatelské rozhraní s názvem Simulační studio. Simulaci lze provést i přímo pomocí příkazového řádku, ale tato varianta je velice nepřehledná a složitá.

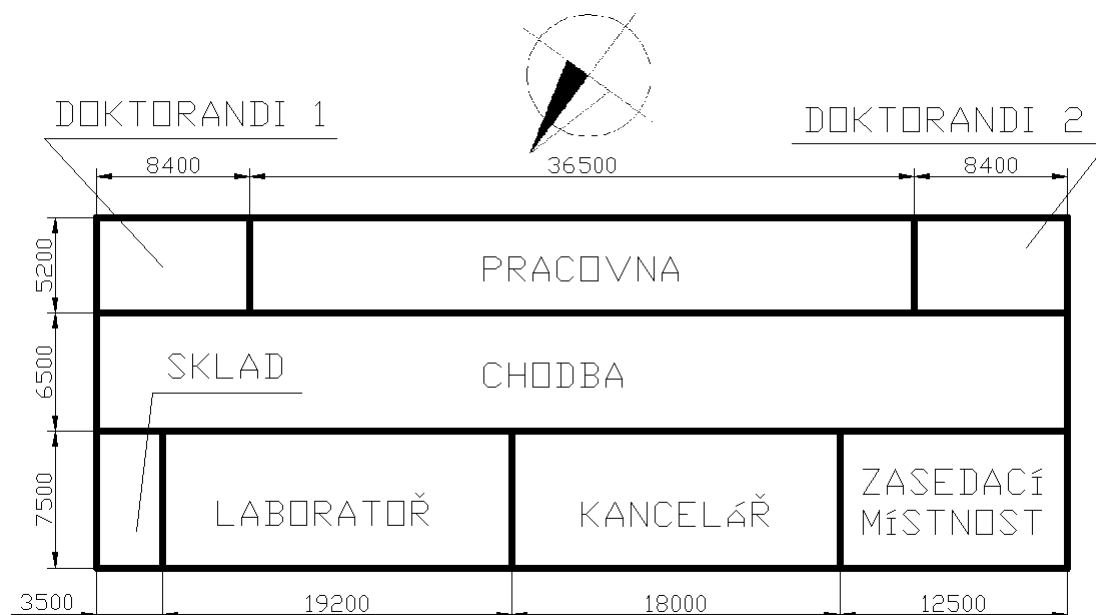
Simulační studio umožňuje jednoduché propojení jednotlivých komponent v daném energetickém systému a vložení potřebných vstupních parametrů. Tyto komponenty jsou obsaženy v knihovně programu a je možné je snadno vložit do simulačního prostředí.

## 5.2.2 Vstupní údaje pro simulace

Vstupní parametry vložené do simulace mají samozřejmě velký vliv na její výsledek. Je proto důležité zdůraznit pro jaké konkrétní vstupní hodnoty je simulace prováděna. Jedná se zejména o určení technických vlastností budovy, časového období simulace a s tím spojených meteorologických dat. Důležitým hlediskem pro simulaci je také orientace budovy vzhledem ke světovým stranám.

Jak již bylo uvedeno výše, simulace je provedena pro čtvrté patro budovy A2 nacházející se v areálu Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně. Důvodem je možnost porovnání výstupních hodnot teploty s reálně naměřenými hodnotami získanými pomocí již zmíněného programu EBI.

### A: Technické vlastnosti budovy A2



Obr. 5.3: Schéma jednotlivých zón 4. patra a orientace budovy A2

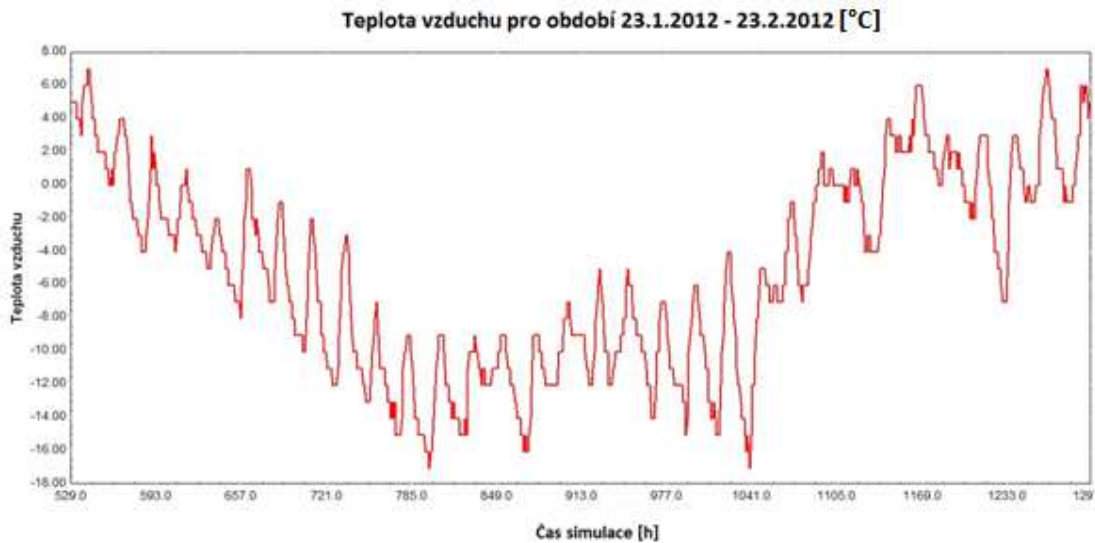
Tab. 5.1: Tepelně - technické vlastnosti konstrukcí

materiál	tloušťka d [m]	$\lambda$ [ $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ]	hustota $\rho$ [ $\text{kgm}^{-3}$ ]
<b>podlaha a strop</b>			
litý beton	0,35	1,23	2100
<b>vnitřní zed'</b>			
omítka	0,005	0,99	2000
cihla	0,1	1,34	870
omítka	0,005	0,99	2000
<b>vnější zed'</b>			
omítka	0,01	0,99	2000
cihla	0,3	1,34	850
omítka	0,005	0,99	2000

Budova A2 je vzhledem ke světovým stranám pootočená o 145°, jak je možné vidět na obrázku 5.3. Orientace budovy hraje důležitou roli především s ohledem na tepelné zisky ze slunečního záření.

## B: Časové období simulace

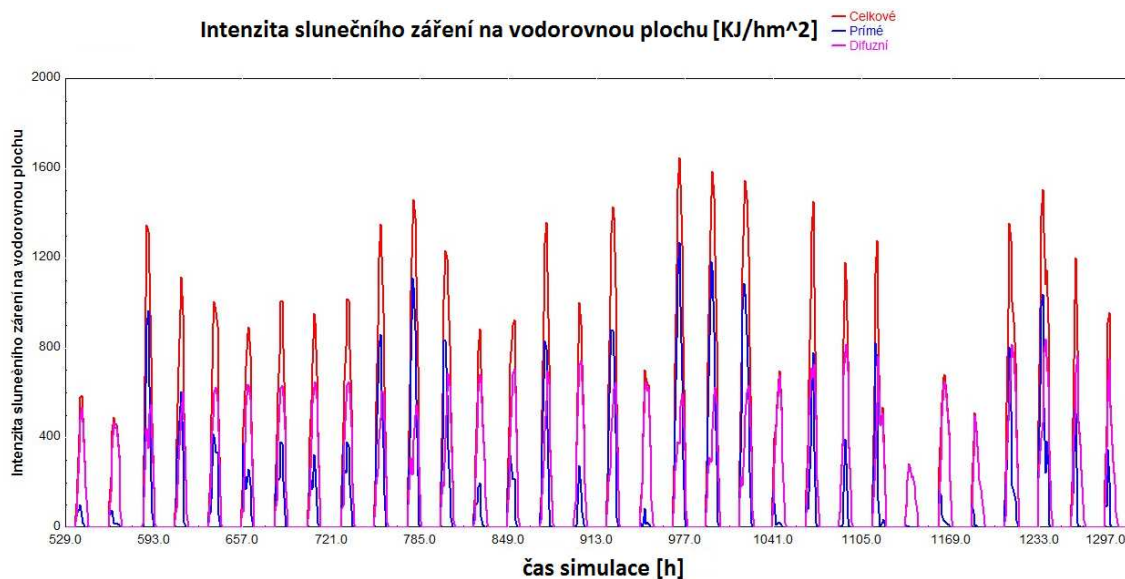
Pro simulaci je zvoleno časové období od 23. 1. 2012 do 23. 2. 2012. Tento časový úsek je zvolen z důvodu přechodu zkouškového období na běžnou semestrální výuku. U reálně naměřených hodnot je proto možné pozorovat vliv výuky na aktuální stav prostředí.



Obr. 5.4: Průběh venkovní teploty vzduchu pro období 23. 1. 2012 - 23. 2. 2012



Obr. 5.5: Průběh vlhkosti vzduchu pro období 23. 1. 2012 - 23. 2. 2012



Obr. 5.6: Průběh intenzity slunečního záření pro období 23. 1. 2012 - 23. 2. 2012

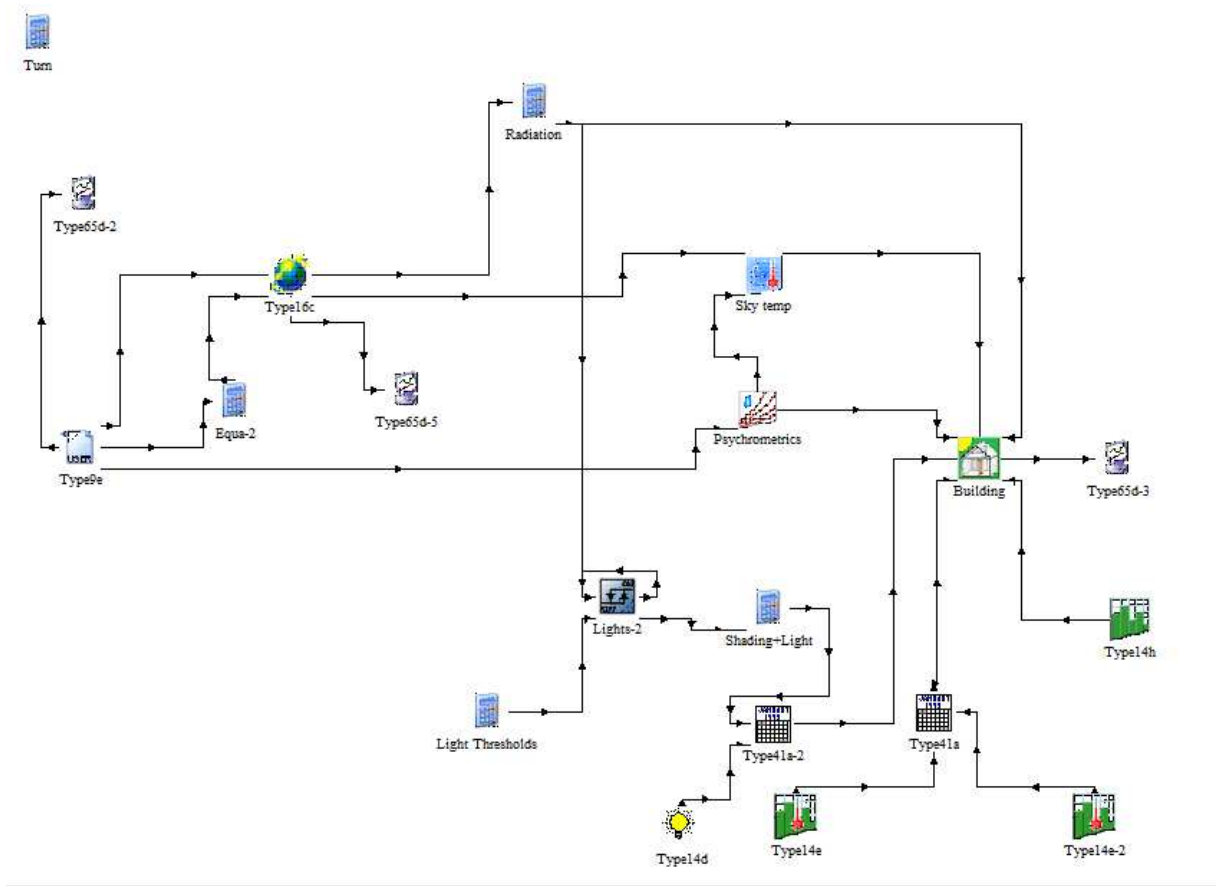
### C: Orientace budovy A2 vzhledem ke světovým stranám

Meteorologická data v programu TRNSYS lze zadat do simulace pomocí několika modelů určených pro načítání těchto dat. Nejsložitějším z nich je Typ 109, který však pracuje pouze s průměrnými hodnotami získanými dlouhodobým měřením. V našem případě je třeba načíst meteorologická data získaná reálným měřením v konkrétním již uvedeném časovém úseku. Proto jsou použity Typ 9e a Typ 12c, které toto načítání konkrétních dat, mezi něž patří především venkovní teplota vzduchu, intenzita slunečního záření a vlhkost vzduchu, umožňují.

#### 5.2.3 Popis simulace

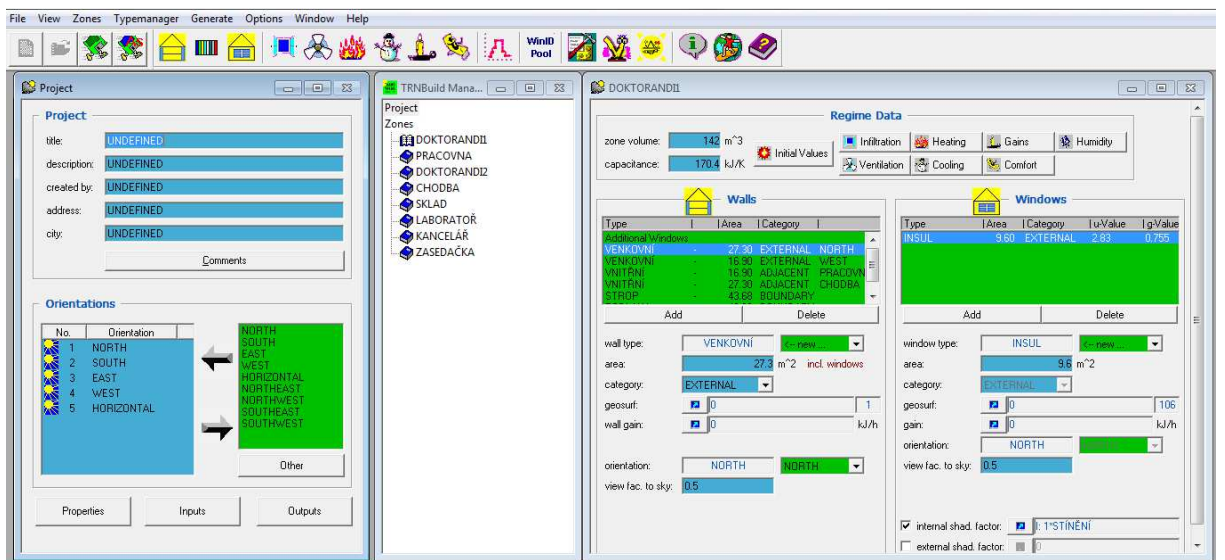
Pro simulaci budovy A2 je nejvhodnější použít model multizónální budovy s označením Type 56, který je nejpodrobnějším modelem budovy dostupným v programu TRNSYS. Do tohoto modelu lze postupně zadávat nejrůznější parametry ovlivňující teplotu v jednotlivých zónách. Kromě již zmíněných technických vlastností budovy se jedná také o vnitřní zdroje tepla či nastavení systému vytápění a klimatizace.

Na typ 56 jsou poté napojeny další typy, které slouží buď pro načtení vstupních parametrů pro typ 56, či pro vykreslení výsledků simulace. Použité typy a jejich propojení lze vidět v následujícím schématu.



Obr. 5.7: Schéma propojení jednotlivých typů

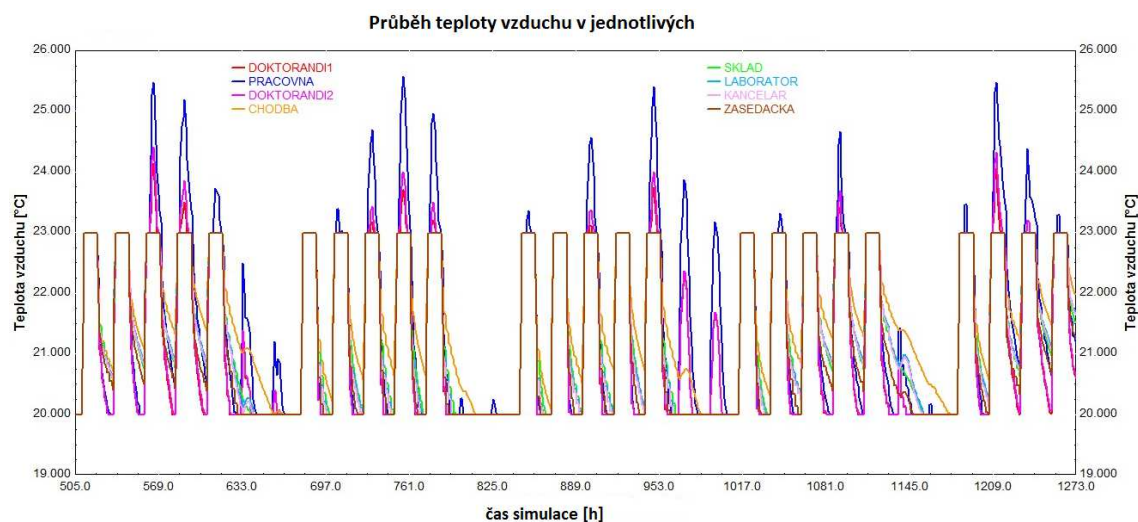
Způsob zadávání vstupních parametrů přímo v Typu 56 a přehled jednotlivých zón je ukázán na obr. 5.8.



Obr. 5.8: Simulace budovy pomocí modelu multizonální budovy - Type 56

## 5.2.4 Vyhodnocení simulace

Jak již bylo řečeno, cílem simulace je určení teplot v daných zónách pro konkrétní období. Na tyto teploty mají velký vliv především vnitřní zdroje tepla a sluneční záření. U vnitřních zdrojů je brán ohled na měnící se stav v průběhu simulovaného období. Jsou proto rozlišeny pracovní dny a víkendové období. Díky tomu lze vidět, jaký vliv vnitřní zdroje tepla na výslednou teplotu v zónách mají. Tepelné zisky ze slunečního záření jsou pak závislé na orientaci zón vzhledem ke světovým stranám, což je z výsledků zcela patrné.



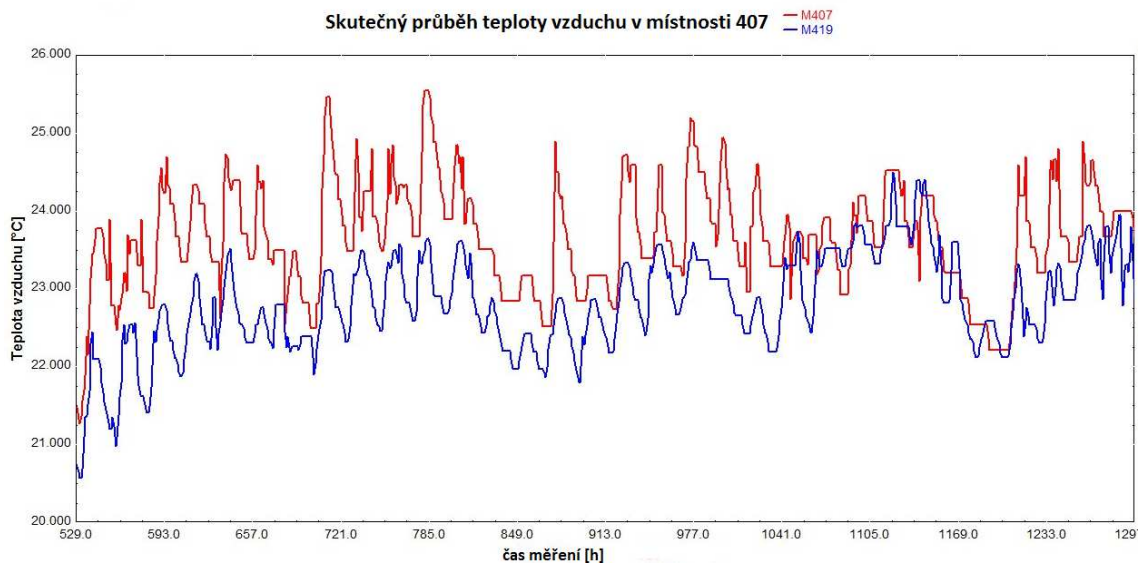
Obr. 5.9: Teploty vzduchu v jednotlivých zónách

Simulace zmíněných průběhů teplot v programu TRNSYS je přiložena v příloze 2.

## 5.3 Porovnání reálných a nasimulovaných průběhů teplot vzduchu

### 5.3.1 Průběh teplot získaných pomocí programu EBI

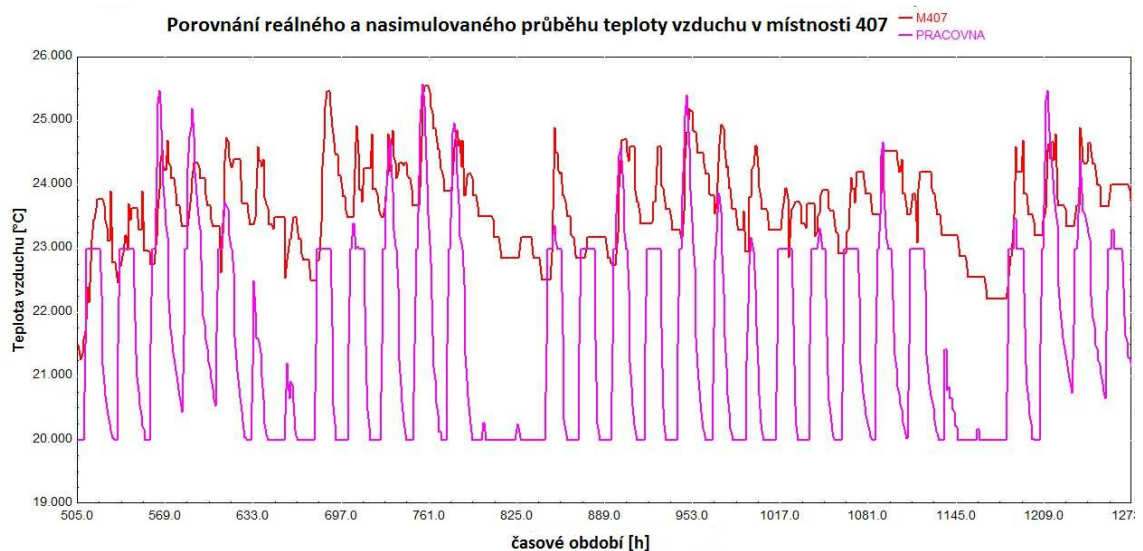
Průběh teplot vzduchu naměřených pomocí programu EBI je proveden pro dvě konkrétní místa ve čtvrtém patře budovy A2, a to v závislosti na umístění teplotních čidel, které je znázorněno na obrázku 6.1. Jedná se tedy o průběhy teplot vzduchu v místnostech 407 a 419 budovy A2 měřené ve stejném časovém úseku, pro který je provedena výše zmíněná simulace. S ohledem na teplotu vzduchu v místnosti 407 je regulována teplota vzduchu v jižní části čtvrtého patra budovy. Severní část poté s ohledem na teplotu vzduchu v místnosti 419. Z následujícího grafu je zcela patrný vliv již zmíněné orientace budovy na vnitřní teplotu vzduchu.



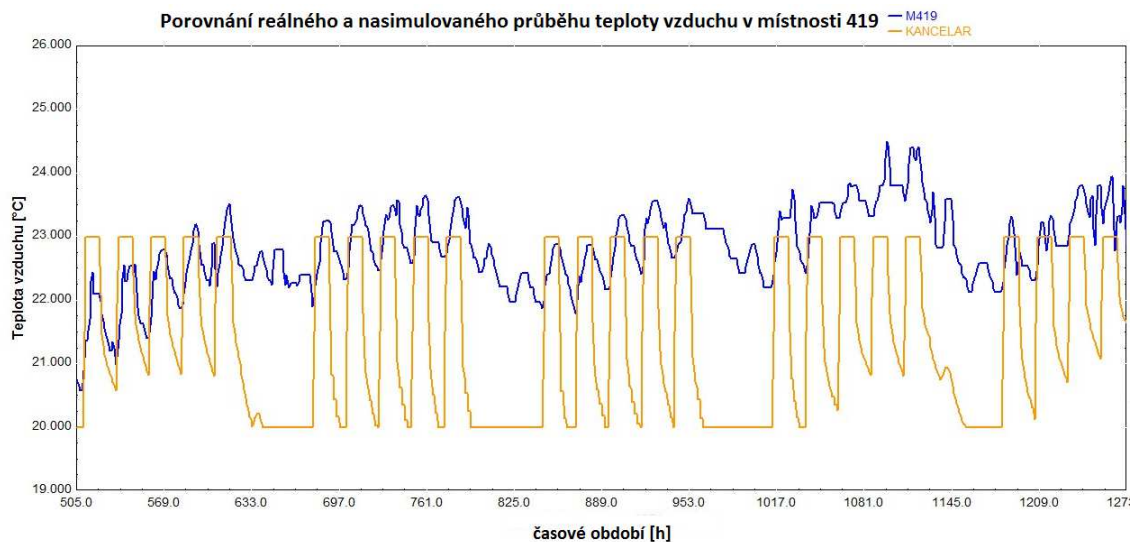
Obr. 5.10: Skutečný průběh teploty vzduchu uvnitř budovy A2

### 5.3.2 Porovnání výsledků simulace s hodnotami z programu EBI

Pro toto porovnání je důležité si uvědomit, jaké zóně vytvořené pro simulaci náleží místnost 407 respektive místnost 419. Ze schématu uvedeného v předešlé kapitole je zřejmé, že místnost 407 patří do zóny s názvem KANCELÁŘ a místnost 419 do zóny PRACOVNA.



Obr. 5.11: Porovnání průběhů teplot v místnosti 407



Obr. 5.12: Porovnání průběhů teplot v místnosti 419

Z grafu je patrné, že závislost obou průběhů je podobná. Avšak reálné hodnoty teploty vzduchu jsou značně rozdílné od hodnot získaných pomocí simulace v programu TRNSYS. To je způsobeno především nastavenými parametry pro vytápění v simulaci. Lze však říci, že v simulaci se odrážejí reálné vlivy na průběh teploty vzduchu v budově A2, a proto by mohla být vhodná k možným úpravám regulace teploty vzduchu, jak je uvedeno dále v práci.

## 5.4 Úprava regulace teploty vzduchu ve čtvrtém patře budovy A2

Z výše uvedených průběhů teplot vnitřního vzduchu ve čtvrtém patře budovy A2 je patrný rozdíl teplot v jednotlivých místnostech budovy. Jak bylo řečeno v úvodní části práce, jsou řídicí systémy v inteligentních budovách používány především pro úsporu energie a vytvoření vhodného prostředí v daném objektu. Bylo by proto vhodné upravit systém regulace teploty v budově A2 podle získaných parametrů.

Teplota v jednotlivých místnostech je v našem případě ovlivněna především dvěma parametry, a to tepelnými zisky od vnitřních zdrojů a tepelnými zisky ze slunečního záření. Z tohoto důvodu lze teplotu vzduchu uvnitř jednotlivých místností regulovat především rozdělením prostoru do jednotlivých zón nebo regulací tepelných zisků ze slunečního záření. V krajním případě i omezením vnitřních zdrojů tepla, avšak tento způsob je v praxi málokdy proveditelný.

### 5.4.1 Popis regulace

Jak bylo uvedeno výše, je čtvrté patro budovy A2 rozděleno pro lepší regulaci teploty vzduchu na dvě zóny, a to severní a jižní. V těchto zónách je teplota regulována pomocí teplotních čidel umístěných v těchto zónách a venkovních teplotních čidel umístěných na severní a jižní straně budovy. Tato regulace je provedená především s ohledem na rozdíl tepelných zisků od slunečního záření, avšak obě ze zmíněných zón obsahují místnosti s různými vnitřními zdroji tepla, jako jsou laboratoře, pracovny či zasedací místnost.

Z tohoto důvodu by bylo vhodné regulovat teplotu vzduchu v jednotlivých místnostech podle zón, které byly navrženy při simulaci průběhu teploty vzduchu v programu TRNSYS. Pro přesnější regulaci by dále bylo vhodné použít pro měření venkovní teploty vzduchu teplotní čidla se zastíněním.

### **Zónová regulace**

Při tomto způsobu se reguluje vytápění pomocí jednoho regulačního prvku a jednoho regulátoru pro více místností. Princip je v podstatě vidět i na již uvedeném obrázku 5.2. Každá z místností nacházející v jedné zóně však musí vykazovat stejné či velmi podobné tepelně technické vlastnosti. V každé takové zóně je umístěno čidlo pro měření vnitřní teploty, pomocí kterého regulátor uzpůsobuje nastavení na zónovém ventilu.

### **Zařazení jednotlivých místností čtvrtého patra budovy A2 do zón**

Pro zónovou regulaci je využita simulace v programu TRNSYS uvedená výše. Jednotlivé místnosti ve 4. patře budovy A2 jsou obsaženy v navržených zónách dle následující tabulky.

Tab. 5.2: Umístění místností do navržených místností

<b>Název zóny</b>	<b>Číslo místnosti</b>
DOKTORANDI 1	401
PRACOVNA	402 - 411
DOKTORANDI 2	412
SKLAD	423b
LABORATOŘ	421a, 421, 422, 423
KANCELÁŘ	416 - 420
ZASEDACÍ MÍSTNOST	415

Schémata jednotlivých místností ve čtvrtém patře budovy A2 a navržených zón jsou uvedeny na obrázcích 5.1 a 5.3.

#### *5.4.2 Návrh řídicího systému*

S ohledem na potřebu regulovat vzájemně vytápění a stínící systém je pro regulaci 4. patra budovy A2 vhodný řídicí systém Hometronic od firmy Honeywell. Tato jednotka je určena k řízení teploty vzduchu, stínících prvků či osvětlení v zónách.

#### **Struktura systému Hometronic**

Systém Hometronic je tvořen několika výkonnými členy, čidly pro vstupní informace a centrální řídicí jednotkou. Komunikace mezi centrální jednotkou a ostatními komponenty systému probíhá rádiově, takže odpadá montáž kabelů.

## Popis některých výkonných členů

### Regulátor otopného tělesa - HR50

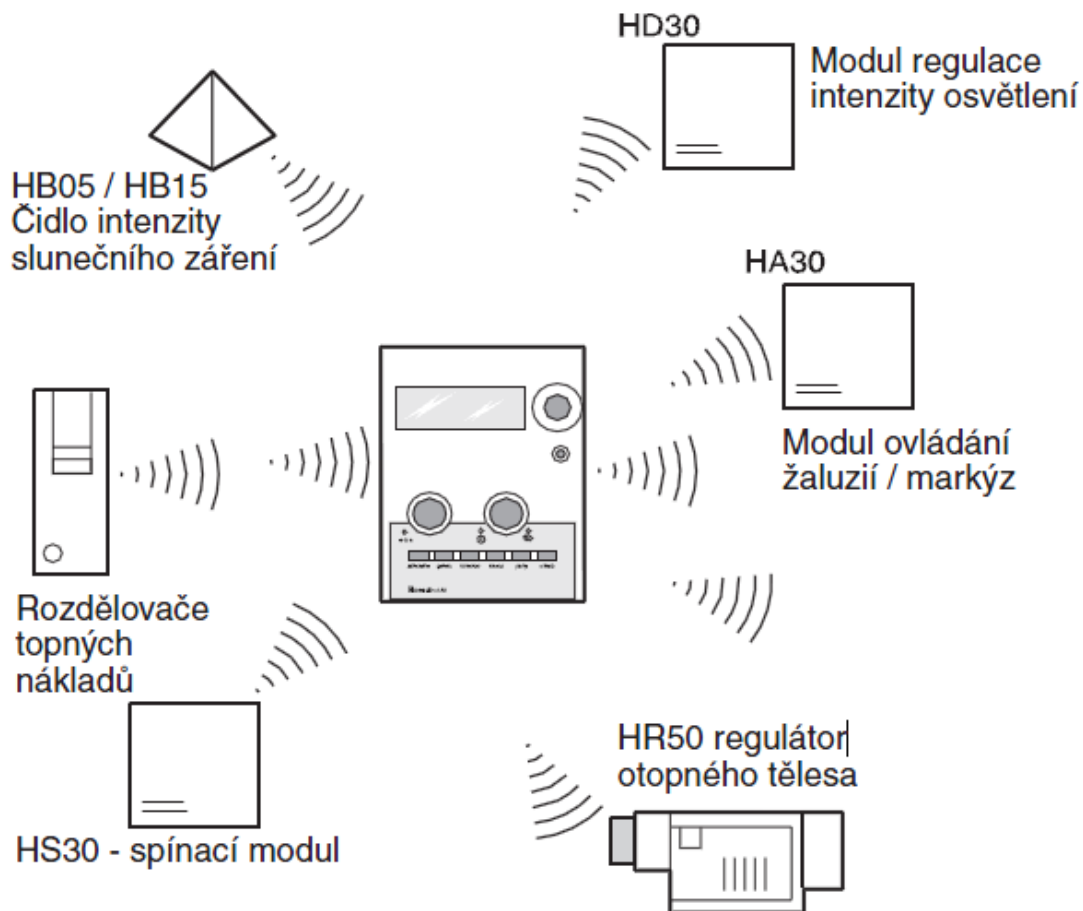
Tento regulátor se instaluje přímo na ventil otopného tělesa, které má být ovládáno. V rámci systému lze regulovat otopná tělesa až pro 16 teplotních zón (v každé teplotní zóně může být více otopných těles). Chcete-li výkon otopného tělesa řídit ručně, otočte normálně kolečkem na regulátoru otopného tělesa.

### Modul ovládání žaluzií / markýz - HA30

Systém Hometronic umožňuje řídit až 32 žaluzií a světelných zdrojů. Modul žaluzií je vybaven také tlačítkovými spínači, takže žaluzie lze kromě ovládání systémem ovládat i ručně.

### Modul regulace intenzity osvětlení - HD30

Modul regulace intenzity osvětlení ovládá světelné zdroje. U každého světelného zdroje, který má být ovládán je umístěn jeden modul HD30. Modul světelného zdroje může být vybaven opět přídatnými tlačítky, takže světelný zdroj lze kromě ovládání systémem ovládat i ručně.



Obr. 5.13: Možná struktura systému Hometronic [Příloha 3]

## **Popis navržených čidel**

### *Čidlo intenzity slunečního záření - HB05/HB15*

Toto venkovní čidlo měří intenzitu slunečního záření pro získání parametrů k ovládání stínící techniky.

### *Bezdrátový prostorový snímač teploty – HCF82*

Tento snímač předává informace o teplotě vzduchu prostoru řídicí jednotce, která pomocí těchto informací následně ovládá přes regulátor ventil otopného tělesa. V každé zóně tedy musí být umístěno jedno čidlo.

### *Bezdrátový snímač venkovní teploty – HB85*

Snímač venkovní teploty by měl být umístěn na neosluněném místě, nebo by měl být opatřen stíněním. Většinou se umísťuje na severní stranu budovy.

Bližší informace o zmíněných i dalších komponentech, které systém Hometronic zahrnuje, jsou uvedeny v příloze 3.

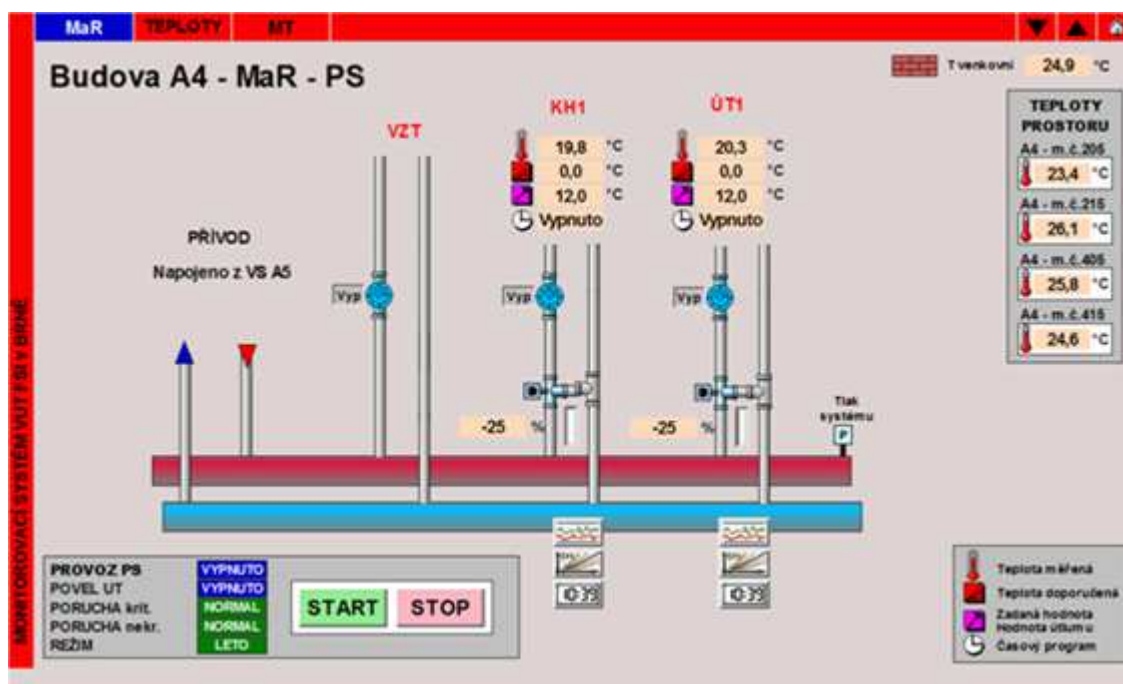
Zmíněný systém by se dal využít i v ostatních patrech budovy A2. V takovém případě je však zapotřebí rozdělit každé patro opět do zón tak, aby místnosti v těchto jednotlivých zónách vykazovali podobné tepelně technické vlastnosti. Postup by tedy pro další patra budovy A2 mohl být stejný, jako v této kapitole pro patro čtvrté.

## 6 Návrh úpravy regulace vytápění pro budovu A4

V této kapitole je ukázán současný stav regulace systému vytápění v budově A4. K tomu je opět použito programu EBI. Dále je navrženo konkrétní řešení možných úprav této regulace.

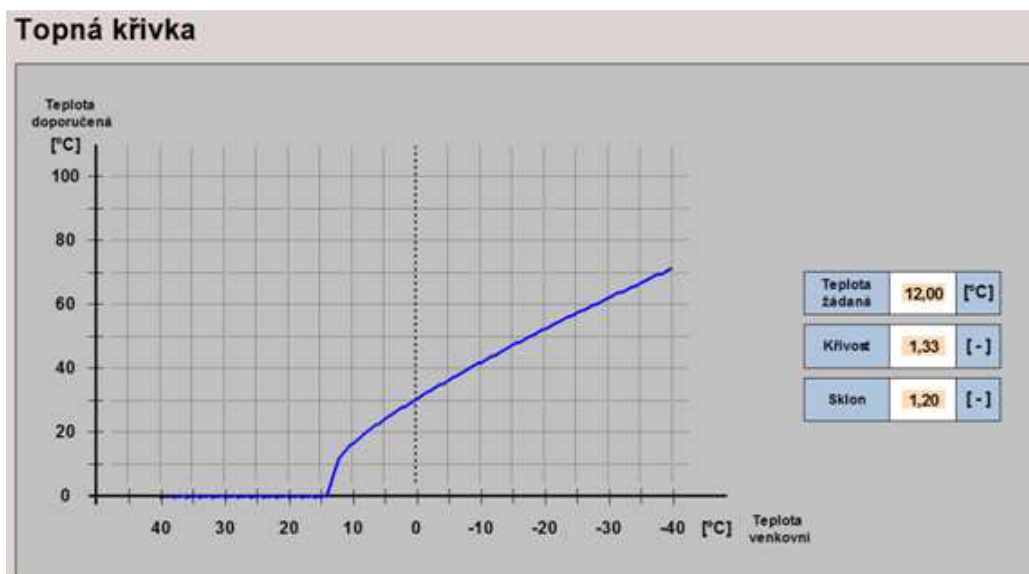
### 6.1 Současný stav regulace vytápění v budově A4

Regulace teploty vzduchu v budově A4 je v podstatě podobná, jako regulace v budově A2 zmíněná v předešlé kapitole práce. Opět je využito měření teploty vzduchu v budově a venkovní teploty vzduchu pomocí teplotních čidel. Měření a regulaci vytápění v budově A4 je možné vidět na následujícím schématu získaném z programu EBI.



Obr. 6.1: Schéma měření a regulace vytápění v budově A4

Systém vytápění v budově A4 využívá ekvitermní regulace. Tato regulace spočívá v závislosti venkovní teploty vzduchu a teploty přírodní vody v otopné soustavě. Zmíněná závislost je poté dána topnou křivkou, která je znázorněna níže. Je vhodné se zmínit, že tato závislost je platná i pro systém regulace v budově A2. Pro přesnější regulaci by bylo vhodné použít pro měření venkovní teploty vzduchu opět čidla se stíněním.



Obr. 6.2: Topná křivka pro systém vytápění

## 6.2 Úprava regulace vytápění v budově A4

Budova A4 obsahuje mnoho místností, které jsou různě využívány. Většina místností slouží jako učebny, jejichž provoz je závislý na daných rozvrzích výuky. S ohledem na velký počet místností s různými požadovanými parametry na vytápění v závislosti na čase je vhodné jednotlivé místnosti rozdělit do dvou skupin, a to na místnosti využívané kontinuálně v průběhu dne (například studovna) a na místnosti s daným rozvrhem výuky. Druhá skupina zahrnuje většinu místností v budově A4, a proto je konkrétní návrh úpravy vytápění proveden pro učebnu č. A4/302.

### 6.2.1 Centrální způsob regulace vytápění

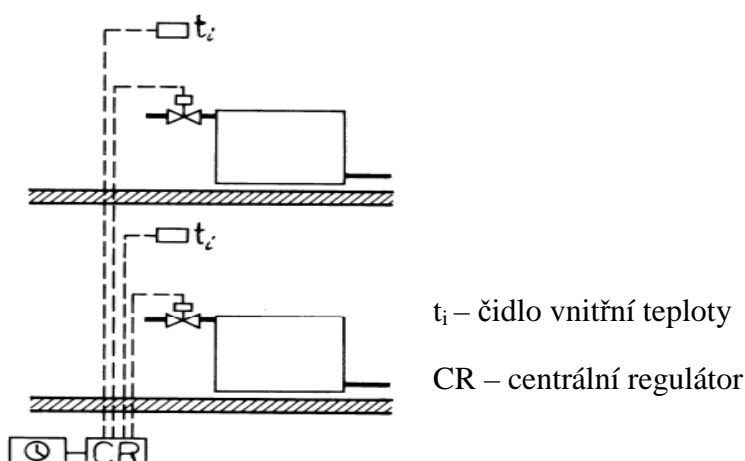
Z výše uvedeného vyplývá, že pro budovu A4 je vhodné navrhnout centrální regulaci vytápění jednotlivých místností. Ta je provedena pomocí jednoho centrálního regulátoru a vícekanálovými spínacími hodinami. Každá z místností je poté opatřena snímačem, tedy čidlem pro měření teploty vzduchu v místnosti a regulačním orgánem, kterým může být elektromotoricky ovládaný ventil umístěný na otopném tělese. Princip navržené regulace je ukázán na obrázku 6.3. Požadované hodnoty teploty vzduchu a spínací časy jsou řízeny z jednoho místa, avšak každou místnost lze regulovat individuálně.

### Návrh centrálního regulátoru

Jak bylo uvedeno v teoretické části práce, jsou v oblasti inteligentních budov používány DDC (Direct Digital Control) regulátory. S ohledem na využívání programu EBI od společnosti Honeywell volím pro regulaci vytápění v budově A4 DDC regulátor XL 800 LION od této společnosti. Základní vlastnosti tohoto regulátoru jsou uvedeny v tabulce 6.1. Konkrétní popis produktu včetně dalšího potřebného příslušenství je uveden v příloze 4.

Tab. 6.1: Vlastnosti DDC regulátoru XL 800 LION [17]

<b>Nastavení</b>	volně programovatelný vývojovým nástrojem CARE lze využít předpřipravené softwarové moduly
<b>Fyzické vstupy</b>	Panel-Bus a Lon-Bus vstupní moduly
	měření teploty, relativní vlhkosti, tlaku atd.
	načítání stavů relé, termostatů atd.
<b>Fyzické výstupy</b>	Panel-Bus a Lon-Bus výstupní moduly
	regulace zařízení jako pohony (konfigurovatelná bezpečnostní poloha)
	spínání zařízení jako čerpadla, ventilátory atd.
<b>Ovládací panel</b>	port RS232 je dostupný pro panely operátora CLMMI00N22/CLMMI00N31; tyto panely mohou být použitelné pro nastavení setpointů, alarmů, vstupů/výstupů.
<b>BMS</b>	regulátory lze napojit na grafické centrály EBI nebo SymmetrE
<b>Autonomní funkce</b>	ano
<b>Popis sběrnicevého systému</b>	Bus komunikace ("fyzický C-bus" nebo "C-bus přes LON")
	LonWorks(R) bus
	Panel-bus komunikace mezi regulátorem a panel-bus I/O moduly
<b>Typ vysílače</b>	LonWorks(R) FTT10A
<b>Montáž</b>	DIN lišta
<b>Krytí</b>	IP30
<b>Paměťová záloha</b>	pomocí zlatého kondenzátoru po dobu 72 hodin po výpadku napájení
<b>Napájení</b>	24 Vacdc   5 VA
<b>Modemové připojení</b>	přímo připojitelný
<b>C-bus připojení</b>	přímo připojitelný
<b>Připojení k LON-bus</b>	přímo připojitelný
<b>Panel bus komunikace</b>	přímo připojitelná



Obr. 6.3: Centrální regulace vytápění [16]

### 6.2.2 Úprava regulace vytápění v učebně č. A4/302

Jak bylo řečeno, je vhodné regulovat vytápění místnosti pomocí známého časového programu, který závisí na konkrétním rozvrhu učebny. Tento rozvrh je zobrazen na obrázku 6.4. Teplota vzduchu v místnosti je poté regulována s ohledem na aktuální využití učebny, ale je třeba nastavit v řídicím systému požadované hodnoty teploty vzduchu tak, aby i mimo rozvrh byla v učebně udržována určitá teplota vzduchu. Je třeba také brát zřetel na jistou časovou prodlevu pro dosažení požadované teploty vzduchu při výuce.

den (FSI)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	7:00 7:50	8:00 8:50	9:00 9:50	10:00 10:50	11:00 11:50	12:00 12:50	13:00 13:50	14:00 14:50	15:00 15:50	16:00 16:50	17:00 17:50
Ut		<b>IEE (P)</b> A4/302 <sup>V</sup> prof. Ing. Milan Pavelek, CSc. (1-13t.) - V		<b>IV2 (P)</b> A4/302 <sup>S</sup> doc. Ing. Eva Janotková, CSc. (1-13t.) - V		<b>IV2 (C2a)</b> A4/302 <sup>S</sup> doc. Ing. Eva Janotková, CSc. (1-13t.) - V		<b>ID6 (C1)</b> A4/302 <sup>V</sup> doc. Ing. Michal Jaroš, Dr. (1-13t.) - V			
st		<b>IAR (P)</b> A4/302 <sup>V</sup> Ing. František Vdoleček, CSc. (1-13t.) - V		<b>IAR (C2b)</b> A4/302 <sup>S</sup> Ing. František Vdoleček, CSc. (1-13t.) - V							
Čt								<b>IZR (P)</b> A4/302 <sup>V</sup> doc. Ing. Eva Janotková, CSc. (1-13t.) - V		<b>IZR (C1)</b> A4/302 <sup>L</sup> doc. Ing. Eva Janotková, CSc. (1-13t.) - V	

Obr. 6.4: Rozvrh výuky v učebně A4/302

Možné nastavení teploty vzduchu a časového programu v učebně lze upravovat v řídicím systému EBI a dosáhnout tak nejvhodnějších podmínek vzhledem ke spotřebě energie a požadované teplotě vzduchu.

## Návrh čidla pro měření vnitřní teploty vzduchu

S ohledem na použitý regulátor volím snímač teploty od firmy Honeywell VF20. Technické vlastnosti tohoto snímače jsou uvedeny v elektronické příloze 5.

### 6.2.1 Decentralizovaný způsob regulace vytápění

Druhým možným způsobem regulace vytápění v budově A4 je decentralizovaná regulace jednotlivých místností. V tomto případě je každá z místností opatřena regulátorem a regulačním orgánem. Výhodou tohoto způsobu oproti centrální regulaci je jednodušší a přizpůsobivější instalace.

Pro tento způsob regulace je vhodná například programovatelná termostatická hlavice HR40 od firmy Honeywell. Její hlavní výhodou je, že obsahuje také teplotní čidlo pro měření teploty vzduchu, které je odděleno od hlavní ovládací části.

Tab. 6.2: Technické vlastnosti programovatelné termostatické hlavice HR40 [Příloha 6]

<b>Hlučnost</b>	max. 35 dB
<b>Rozměry</b>	50 x 80 x 95 mm
<b>Připojovací závit</b>	M30 x 1,5 mm
<b>Citlivost</b>	0,1°C
<b>Regulační rozsah</b>	8 až 28°C (nastavitelný po 0,5°C)
<b>Týdenní program</b>	4 časové úseky pro každý den
<b>Nejmenší časový interval</b>	10 min
<b>Základní program</b>	6 až 22 hod - 21°C
<b>Baterie</b>	2 x 1,5 V, typ LR6 AA AM3,
<b>Životnost baterií</b>	Nejméně dvě topné sezony

Programovatelná termostatická hlavice HR40 je určena k automatické regulaci teploty místnosti. Teplotu místnosti řídí otevíráním nebo přivíráním termostatického ventilu. THR40 je možno nasadit na všechny běžně používané radiátorové ventily např.: Honeywell, Heimeier typ RA, Junkers, Landis&Staeefa, Herz atd. i na otopná tělesa KORADO - RADIK - VK, VKU, VKL, VKM . Další parametry této termostatické hlavice jsou uvedeny v elektronické příloze 6.



Obr. 6.4: Programovatelná termostatická hlavice

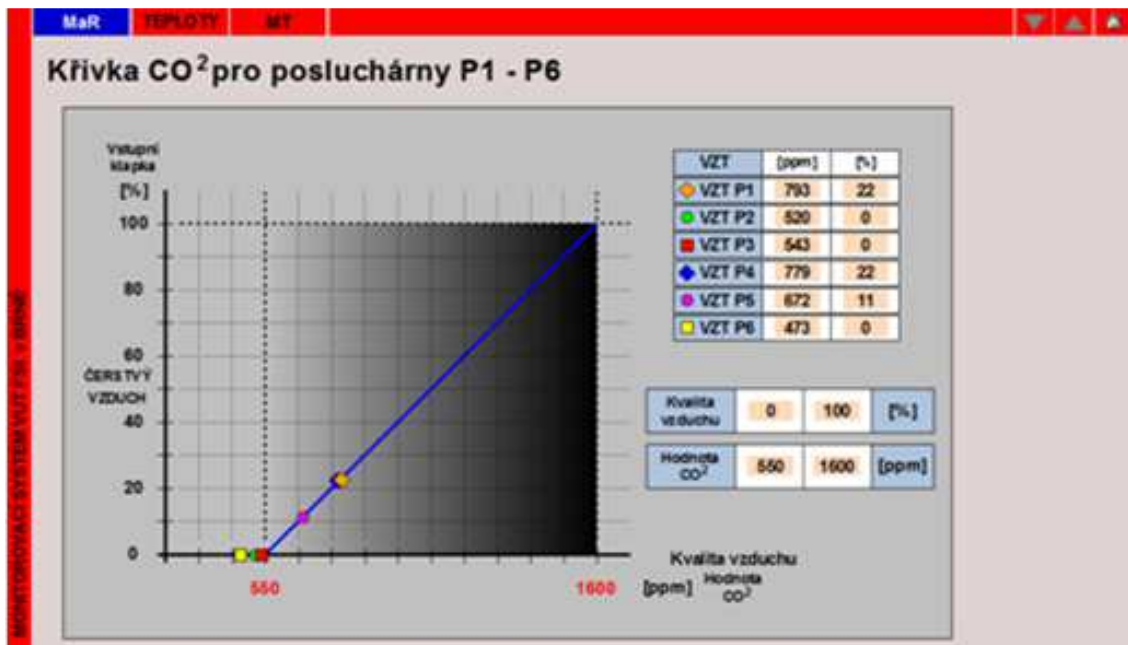
## 7 Návrh úpravy regulace vzduchotechniky v budově A5

V následující kapitole je ukázán princip regulace vzduchotechnického zařízení v budově A5. Konkrétně se jedná o regulaci posluchárny P1, která se v této budově nachází. Vzduchotechnické zařízení je v tomto případě regulováno v závislosti na koncentraci CO<sub>2</sub> ve vzduchu ve větraném prostoru. S ohledem na tuto skutečnost je dále provedeno měření koncentrace CO<sub>2</sub> ve sledovaném prostoru a výsledky tohoto měření jsou poté porovnány s hodnotami koncentrace CO<sub>2</sub>, kterých je využíváno k regulaci. Tyto hodnoty jsou získány opět z již několikrát zmiňovaného programu EBI.

### 7.1 Princip regulace vzduchotechniky

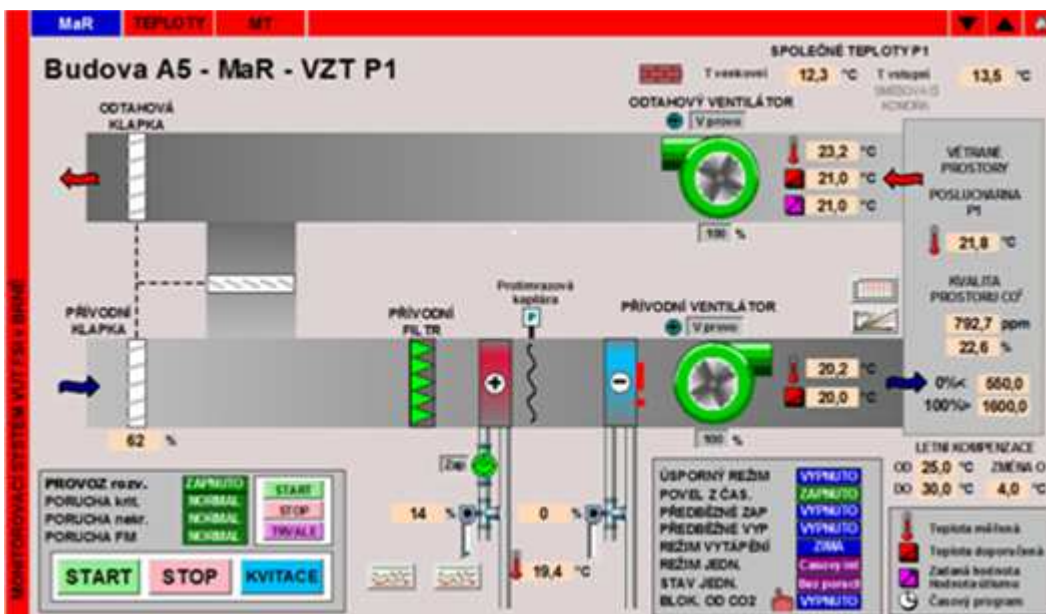
Regulace vzduchotechnického zařízení, konkrétně regulace přívodu čerstvého vzduchu do větraného prostoru v budově A5, je závislá na koncentraci CO<sub>2</sub>. Tento princip regulace výměny vnitřního vzduchu je vhodný především pro jeho dobrou návaznost na momentální stav kvality vnitřního vzduchu. Což je velice efektivní a ekonomicky výhodné.

Určující pro zmíněný způsob regulace výměny vnitřního vzduchu je konkrétně nastavená závislost mezi koncentrací CO<sub>2</sub> a množstvím přiváděného čerstvého vzduchu. V našem případě je koncentrace CO<sub>2</sub> nastavena v rozsahu 550 - 1600 ppm (parts per million), kdy pro spodní hranici rozsahu není přiváděn žádný čerstvý vzduch. Naopak při dosažení nastavené horní hranice koncentrace CO<sub>2</sub> je přívodní klapka otevřena na 100%. Aby byla uvedena závislost vhodná k regulaci, je lineární a její konkrétní průběh lze vidět v následujícím schématu.



Obr. 7.1: Závislost množství přiváděného čerstvého vzduchu na koncentraci CO<sub>2</sub>

Jednotlivé prvky a princip vzduchotechnického zařízení, které zajišťuje výměnu vzduchu v budově A5, konkrétně v posluchárně P1, můžeme vidět na níže uvedeném schématu získaného z programu EBI.



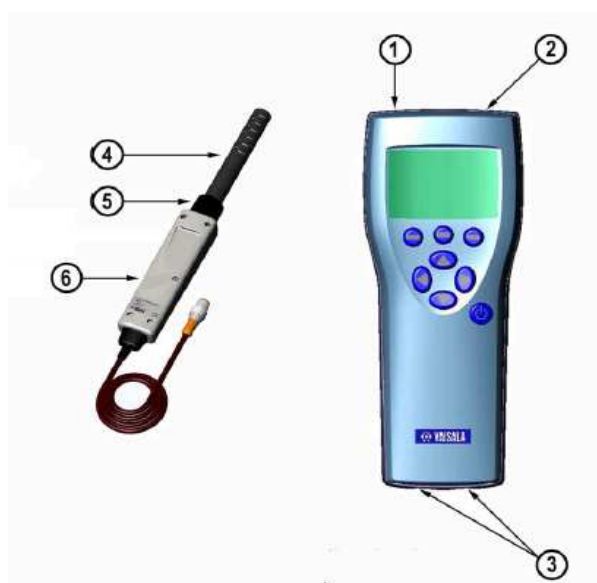
Obr. 7.2: Regulace vzduchotechnického zařízení v posluchárně P1

## 7.2 Porovnání hodnot koncentrace CO<sub>2</sub>

### 7.2.1 Hodnoty koncentrace CO<sub>2</sub> získané měřením

Měření koncentrace CO<sub>2</sub> je provedeno pro období výuky v posluchárně P1 dne 30. 4. 2012. Důležitým faktorem ovlivňujícím měření je především aktuální počet lidí v měřeném prostoru během měření a poté také umístění měřicího přístroje v tomto prostoru. Během měření bylo přítomno přibližně padesát studentů a měřicí přístroj byl umístěn v dolní části místnosti.

Pro měření je použit přístroj pro měření koncentrace CO<sub>2</sub> s označením GM70 od finské společnosti Vaisala. Popis a technické vlastnosti tohoto přístroje jsou uvedeny níže.



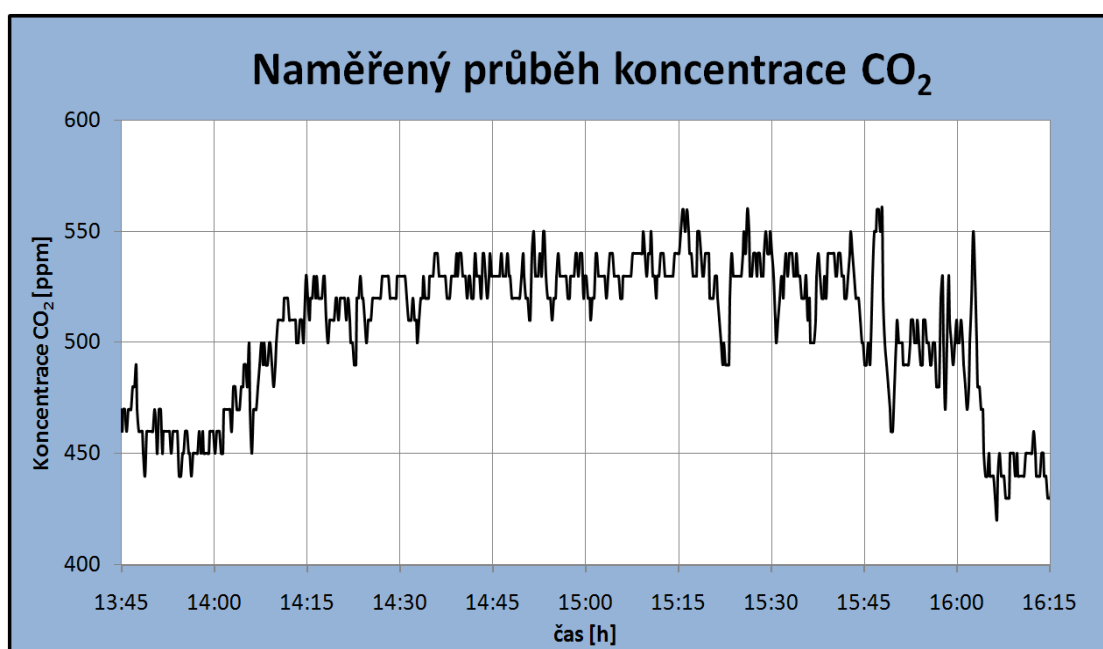
1. Indikátor M170
2. Konektor nabíječky
3. Připojení sondy a kabelu
4. Sonda
5. Uchycení sondy
6. Rukojeť GMH 70

Obr. 7.3: Ruční přístroj pro měření koncentrace CO<sub>2</sub> GM70 [15]

Tab. 7.1: Technické parametry [15]

<b>Měřicí rozsahy</b>	0...2000 ppm, 0...3000 ppm, 0...5000 ppm 0...7000 ppm, 0...10 000 ppm
<b>Přesnost</b>	± 1,5% rozsahu
<b>Provozní teplota</b>	-20...+60 °C
<b>Provozní tlak</b>	700...1300 hPa
<b>Provozní vlhkost</b>	0...100% RH bez kondenzace
<b>Rychlost proudění vzduchu</b>	0...10 m.s <sup>-1</sup>

Hodnoty koncentrace CO<sub>2</sub> ve vzduchu byly v průběhu měření zaznamenávány v časovém intervalu 15 sekund. Výsledný průběh této koncentrace lze poté vidět v následujícím grafu.



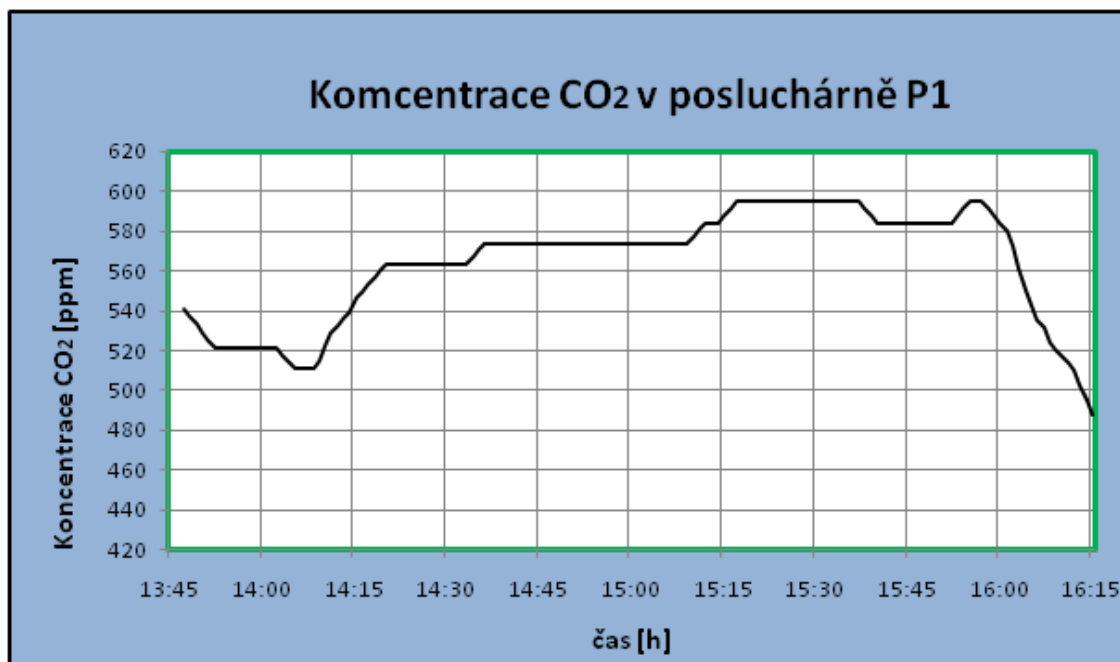
Obr. 7.4: Naměřený průběh koncentrace CO<sub>2</sub> v posluchárně P1 dne 30. 4. 2012

### 7.2.2 Hodnoty koncentrace CO<sub>2</sub> získané pomocí programu EBI

Pro regulaci vzduchotechnického zařízení v posluchárně P1 jsou nejdůležitější hodnoty koncentrace CO<sub>2</sub> získaných z čidla určeného pro měření této koncentrace. Zmíněné hodnoty jsou posílány do řídicího systému, který poté pomocí akčního členu, tedy přívodní klapky, ovládá množství přiváděného čerstvého vzduchu. Hodnoty koncentrace CO<sub>2</sub> získané z čidla jsou uvedeny na obrázku 7.5.

### 7.2.3 Vyhodnocení získaných průběhů koncentrace CO<sub>2</sub>

Z výše uvedených průběhů koncentrace CO<sub>2</sub> ve vzduchu je patrné, že se hodnoty získané pomocí měření liší od hodnot používaných k regulaci vzduchotechnického zařízení. Důvodem může být rozdílné umístění čidla pro měření koncentrace CO<sub>2</sub>, kterého je využíváno pro regulaci a sondy pro měření koncentrace CO<sub>2</sub> použité při výše uvedeném měření.



Obr. 7.5: Koncentrace CO<sub>2</sub> v posluchárně P1 dne 30. 4. 2012 získaná z programu EBI

### 7.3 Úprava regulace vzduchotechniky v posluchárně P1 budovy A5

S ohledem na rozvržení posluchárny je třeba si uvědomit, že v celém jejím prostoru mohou být během výuky různé mikroklimatické podmínky, a to především z důvodu rozdílné výšky místnosti a umístění přívadčích a odvádčích vyústek. Z tohoto důvodu by bylo vhodné regulovat vzduchotechnické zařízení například pomocí více vstupních parametrů, tedy například pomocí více čidel pro měření koncentrace CO<sub>2</sub> a ne jen jednoho snímače umístěného v odvodním vzduchovodu.

Budova A5 je v současnosti již velice dobře řízena pomocí řídicích systémů z oblasti inteligentních budov. Není proto nutné přidávat další systémy, ale popřípadě je možné upravit požadované vstupní parametry stávajícího systému. Schémata měření a regulace prováděných v budově A5 jsou uvedeny v příloze 7.

## ZÁVĚR

Na základě informací v teoretické části práce lze říci, že technika inteligentních budov je velice důležitým oborem, který v současnosti ovlivňuje téměř každého z nás, jelikož zasahuje do komerční i soukromé sféry stavitelství, jak je popsáno v kapitole 1. Pomocí řídicích systémů a jejich součástí popsaných v kapitolách 2 a 3 se staví či rekonstruují současné budovy s menší energetickou náročností a flexibilní s ohledem na momentální požadavky jejich uživatelů. Avšak s touto flexibilitou vzrůstají také požadavky na náročnost a spolehlivost systémů inteligentních budov. Za nejproblematictější z tohoto hlediska lze považovat například osobní počítač určený pro správu dat v systému. Při jeho výpadku totiž hrozí přerušování komunikace například mezi regulátory, což může způsobit následnou nefunkčnost celého systému. Proto se v současnosti začíná využívat většího počtu takových pro případné zálohování dat a zabezpečení bezproblémového chodu systému.

V praktické části práce lze vidět závislost mezi požadovanými parametry, například teploty či kvality vzduchu a možným nastavením parametrů vstupujících do řídicího systému. Například závislost přívodu čerstvého vzduchu na momentální koncentraci CO<sub>2</sub> může ovlivnit požadovanou kvalitu vzduchu v daném prostoru, jak je uvedeno v kapitole 7. V některých případech však pro dosažení požadovaných parametrů nestačí pouze úprava vstupních závislostí, ale musí být upraven řídicí systém. Za příklad této úpravy může být považováno přidání rolet či zavedení více zón v regulovaném prostoru, jak je ukázáno v kapitole 6. Náročnost takových úprav poté záleží na konkrétně použitém řídicím systému.

V současné době je možné si vybírat z velkého množství systémů z oblasti automatizace budov, které poskytují nejrůznější funkce, jak bylo uvedeno v podkapitole 1.2. Proto je třeba si při volbě takového systému nejprve uvědomit, které funkce systému jsou pro nás důležité. Při integraci systému je také třeba brát zřetel na kompatibilitu jednotlivých komponent systému.

Výhodou řídicích systémů v oblasti inteligentních budov je možnost zpětného zjišťování a vyhodnocování spotřeby energií. Díky této schopnosti lze mnohdy velice jednoduše a efektivně dosáhnout energetických úspor a tím zároveň také šetřit životní prostředí. Příkladem může být například změna rozvrhu výuky v učebnách z rozdílnou spotřebou energie, jak bylo zmíněno v podkapitole 4.1.

Technologie inteligentních budov se v současnosti stále vyvíjí. Je proto třeba brát některé prognózy do budoucna, určené těmito technologiím, s jistou rezervou. Jisté však je, že zmíněné technologie se stále více stávají nezbytnou součástí moderního stylu života, a proto je jim třeba věnovat stále více pozornosti. Otázkou zůstává, jakým směrem se dále tato technologie bude ubírat? Inteligentní řídicí systémy byly totiž zpočátku vyvinuty především pro zlepšení komfortu a pohody prostředí. V současné době stále se zvyšující spotřeby energie, jsou moderní systémy přizpůsobovány k úspoře energie a ke snížení ekologických dopadů. Trendy vyhlížející do budoucna však naznačují, že tomu tak nemusí být i nadále. Důvodem je zcela jistě stále se zvyšující životní úroveň, jelikož s ní roste i požadavek na bezpečí a komfort. Otázka úspory energie proto v budoucnu může často zůstat až na druhém místě, což by podle mého názoru znamenalo silné nevyužití potenciálu ukrytého v již tolikrát uváděných technologiích.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MERZ, Hermann; HANSEMANN, Thomas; H, Christof. *Automatizované systémy budov: Sdělovací systémy KNX, LON, BACnet*. Vyd. 1. Praha : Grada Publishing, a.s., 2008. 264 s. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [2] MATZ, Václav. Systémy používané v "inteligentních" budovách: přehled komunikačních protokolů. *Tzb* [online]. 25.10.2010, n.3, [cit. 2011-05-25]. Dostupný z:  
<[http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6879-systemy-pouzivane-v-inteligentnich-budovach-prehled-komunikacnich-protokolu#english\\_synopsis](http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6879-systemy-pouzivane-v-inteligentnich-budovach-prehled-komunikacnich-protokolu#english_synopsis)>
- [3] VARGA, Rostislav. *Inteligentní řízení budovy* [online]. Praha: 2010. 60 s. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická. Dostupné z:  
<[http://support.dce.felk.cvut.cz/mediawiki/images/4/46/Dp\\_2010\\_varga\\_rostislav.pdf](http://support.dce.felk.cvut.cz/mediawiki/images/4/46/Dp_2010_varga_rostislav.pdf)>
- [4] WANG, Shengwei. *Intelligent Buildings and Building Automation*. Spon Press, 2009. ISBN 9780415475709.
- [5] *Swcontrol.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-05-26]. Inteligentní budovy. Dostupné z: <<http://www.swcontrol.cz/specializace/inteligentni-budovy/>>
- [6] VOJÁČEK, Antonín. Sběrnice LonWorks: Úvod. *Sběrnice LonWorks* [online]. 2005 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <<http://automatizace.hw.cz/clanek/2005040501>>
- [7] KLABAN, Jaromír. Inels a sběrnice CIB: moderní systém inteligentní elektroinstalace. *Automa: Inels a sběrnice CIB*[online]. 2009 [cit. 2012-02-21]. Dostupné z:  
<[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=38218](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=38218)>
- [8] HWg-PWR: M-Bus měřič energie. In: *HWg-PWR* [online]. 2011 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z:  
<<http://www.hw.cz/produkty/ethernet/hwg-pwr-m-bus-ip-meric-energie-sntp-web.html>>
- [9] MATZ, Václav. Systémy a komponenty používané pro automatizaci budov: integrace systémů. In: [online]. 2010 [cit. 2011-07-17]. Dostupné z:  
<<http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/7011-systemy-a-komponenty-pouzivane-pro-automatizaci-budov-integrace-systemu>>
- [10] *T2271 ABB elektronicky prospekt i-bus 04.indd*. 2008. [cit. 2012-05-11].
- [11] Enterprise Buildings Integrator. In: [online]. [cit. 2012-03-22]. Dostupné z:  
<<https://www.centraline.com/uploads/ecat-cz/pdf/ebiklcz01r0410.pdf>>

- [12] *Cee.siemens.com* [online]. 2009 [cit. 2011-06-06]. Synco™ living.  
Dostupné z: <[http://www.jkcontrol.com/pdf/synco\\_living.pdf](http://www.jkcontrol.com/pdf/synco_living.pdf)>
- [13] *Domintell.com* [online]. 2010 [cit. 2011-06-03]. Advantages.  
Dostupné z: <<http://www.domintell.com/?Lang=EN>>
- [14] TECOMAT FOXTROT: Produkty. In: [online]. 2009 [cit. 2012-05-18].  
Dostupné z: <<http://www.tecomat.com/index.php?a=cat.308>>
- [15] VAISALA OYJ. *GM70 User's Guide*. Helsinky, 2008.  
Dostupné z:  
<[http://www.vaisala.com/Vaisala%20Documents/User%20Guides%20and%20Quick%20Ref%20Guides/GM70\\_User\\_Guide\\_in\\_English.pdf](http://www.vaisala.com/Vaisala%20Documents/User%20Guides%20and%20Quick%20Ref%20Guides/GM70_User_Guide_in_English.pdf)>
- [16] BAŠTA, Jiří. *Regulace vytápění*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 99 s. ISBN 80-01-02582-9.
- [17] XL 800 LION - volně programovatelný DDC regulátor. *Katalog výrobků - Měření a regulace* [online]. [cit. 2012-05-20].  
Dostupné z:  
<[https://www.centraline.com/uploads/ecat-cz/ecatdata/pg\\_cllion.html](https://www.centraline.com/uploads/ecat-cz/ecatdata/pg_cllion.html)>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

symbol	popis	jednotka
$t_i$	teplota vzduchu v zóně	[°C]
$\lambda$	součinitel tepelné vodivosti	[Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]
$\rho$	hustota materiálu	[Kgm <sup>-3</sup> ]
d	tloušťka konstrukce	[m]

zkratka	popis
BACnet	Building Automation and Control Network
CIB	Komunikační sběrnice
CR	Centrální regulátor
DDC	Direct Digital Control
DELTA reflex	Detektor kouře systému Synco living
EBI	Enterprise Building Integrator
EIB	European Installation Bus
GAMMA wave	Rádiový přístroj systému Synco living
HA 30	Modul ovládání žaluzií systému Hometronic
HB 05/HB 15	Čidlo intenzity slunečního záření systému Hometronic
HB 85	Bezdrátový snímač venkovní teploty systému Hometronic
HCF 82	Bezdrátový prostorový snímač teploty systému Hometronic
HD 30	Modul regulace intenzity osvětlení systému Hometronic
HR 40	Programovatelná termostatická hlavice
HR 50	Regulátor otopného tělesa systému Hometronic
I/O moduly	Vstupní / Výstupní moduly
KNX	Komunikační sběrnice
LON	Local Operating Network
MaR	Měření a Regulace
M-Bus	Meter-Bus
ModBus	Komunikační protokol
QAA 910	Teplovní čidlo systému Synco living
QAC 910	Meteorologické čidlo systému Synco living
QAW 910	Snímač prostorové teploty systému Synco living
QAX 910	Centrální řídicí jednotka systému Synco living
RRV 912	Regulátor topného okruhu systému Synco living
RRV 934	Univerzální modul systému Synco living
SSA 955	Regulační servopohon otopného tělesa systému Synco living
TRNSYS	TRaNsient SYstem Simulation
VF 20	Čidlo pro měření vnitřní teploty vzduchu
XL 800 LION	Centrální regulátor od firmy Honeywell

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1: Příklad budovy s instalovanými moderními systémy .....	12
Obr. 2.1: Sběrnový systém EIB .....	17
Obr. 2.2: Příklad využití sběrnice LON Works .....	18
Obr. 3.1: Příklad budovy s integrovanými systémy .....	22
Obr. 3.2: DDC regulátor bez (nalevo) a s I/O moduly .....	23
Obr. 3.3: Možnosti propojení různých komunikačních protokolů.....	24
Obr. 4.1: ABB i-bus® KNX systém .....	27
Obr. 4.2: Příklad instalace systému Synco living.....	30
Obr. 4.3: Možné schéma propojení systému Foxtrot .....	31
Obr. 5.1: Rozmístění čidel pro měření teploty vzduchu uvnitř budovy A2 .....	32
Obr. 5.2: Schéma měření a regulace teploty vzduchu uvnitř budovy A2.....	33
Obr. 5.3: Schéma jednotlivých zón 4. patra a orientace budovy A2 .....	34
Obr. 5.4: Průběh venkovní teploty vzduchu pro období 23. 1. 2012 - 23. 2. 2012 .....	35
Obr. 5.5: Průběh vlhkosti vzduchu pro období 23. 1. 2012 - 23. 2. 2012.....	35
Obr. 5.6: Průběh intenzity slunečního záření pro období 23. 1. 2012 - 23. 2. 2012 .....	36
Obr. 5.7: Schéma propojení jednotlivých typů.....	37
Obr. 5.8: Simulace budovy pomocí modelu multizónální budovy - Type 56.....	37
Obr. 5.9: Teploty vzduchu v jednotlivých zónách.....	38
Obr. 5.10: Skutečný průběh teploty vzduchu uvnitř budovy A2 .....	39
Obr. 5.11: Porovnání průběhů teplot v místnosti 407.....	39
Obr. 5.12: Porovnání průběhů teplot v místnosti 419.....	40
Obr. 5.13: Možná struktura systému Hometronic.....	42
Obr. 6.1: Schéma měření a regulace vytápění v budově A4.....	44
Obr. 6.2: Topná křivka pro systém vytápění.....	45
Obr. 6.3: Centrální regulace vytápění.....	47
Obr. 6.4: Rozvrh výuky v učebně A4/302 .....	47
Obr. 6.4: Programovatelná termostatická hlavice.....	48
Obr. 7.1: Závislost množství přiváděného čerstvého vzduchu na koncentraci CO <sub>2</sub> .....	49
Obr. 7.2: Regulace vzduchotechnického zařízení v posluchárně P1.....	50
Obr. 7.3: Ruční přístroj pro měření koncentrace CO <sub>2</sub> GM70.....	50
Obr. 7.4: Naměřený průběh koncentrace CO <sub>2</sub> v posluchárně P1 dne 30. 4. 2012.....	51
Obr. 7.5: Koncentrace CO <sub>2</sub> v posluchárně P1 dne 30. 4. 2012 získaná z programu EBI..	52

## **SEZNAM TABULEK**

Tab. 5.1: Tepelně - technické vlastnosti konstrukcí .....	34
Tab. 5.2: Umístění místností do navržených místností.....	41
Tab. 6.1: Vlastnosti DDC regulátoru XL 800 LION .....	46
Tab. 6.2: Technické vlastnosti programovatelné termostatické hlavice HR40.....	48
Tab. 7.1: Technické parametry .....	51

## **SEZNAM PŘÍLOH**

### **Elektronické přílohy**

Příloha 1: Manuál k programu Enterprise Building Integrator

Příloha 2: Simulace teploty vzduchu v programu TRNSYS

Příloha 3: Centrální řídicí jednotka HMC 200

Příloha 4: DDC regulátor XL 800 LION

Příloha 5: Snímač teploty VF 20

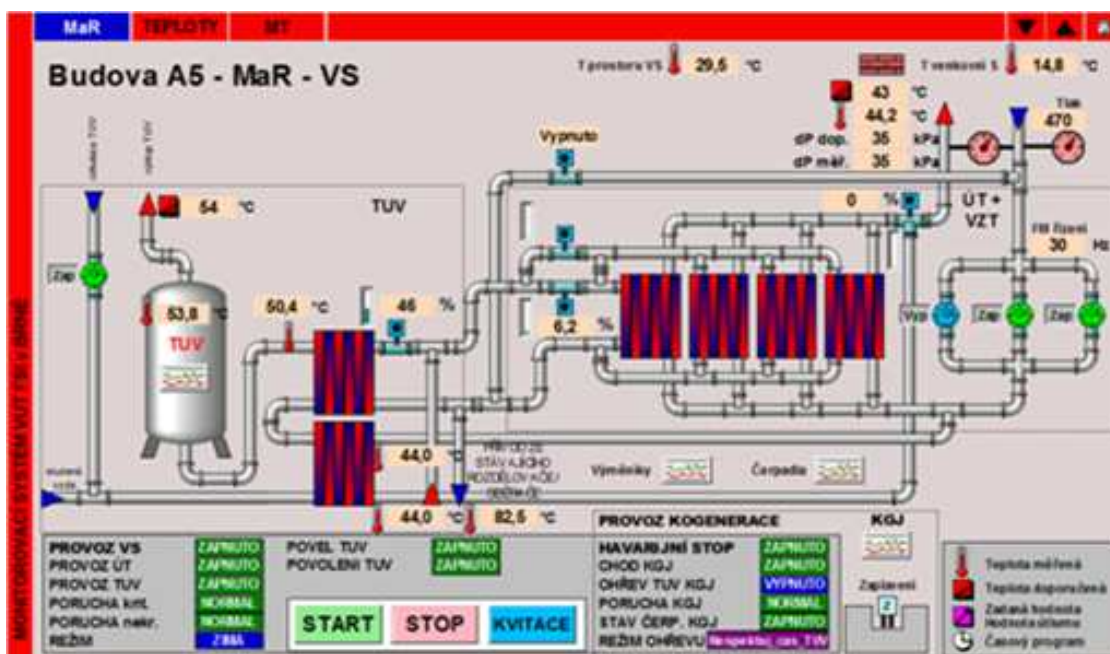
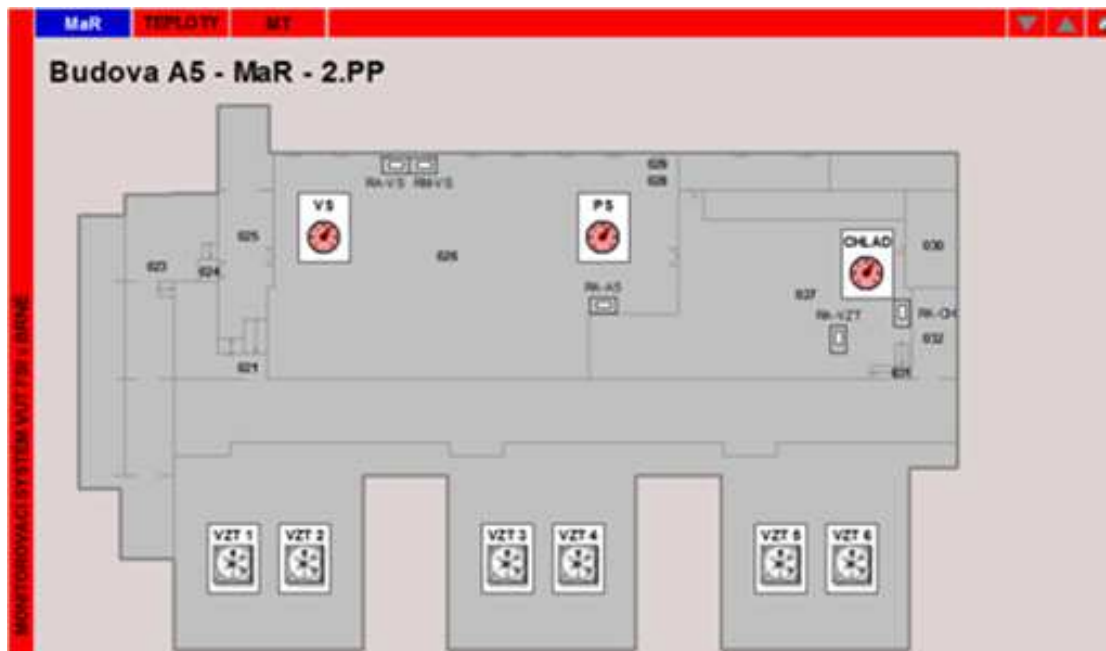
Příloha 6: Programovatelná termostatická hlavice HR40

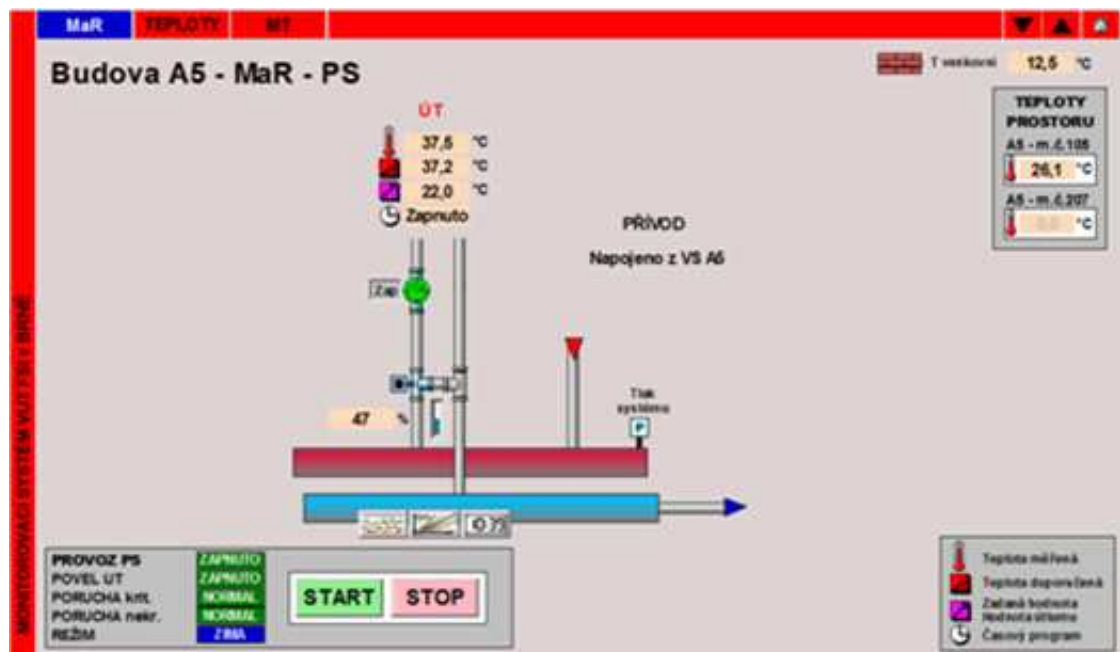
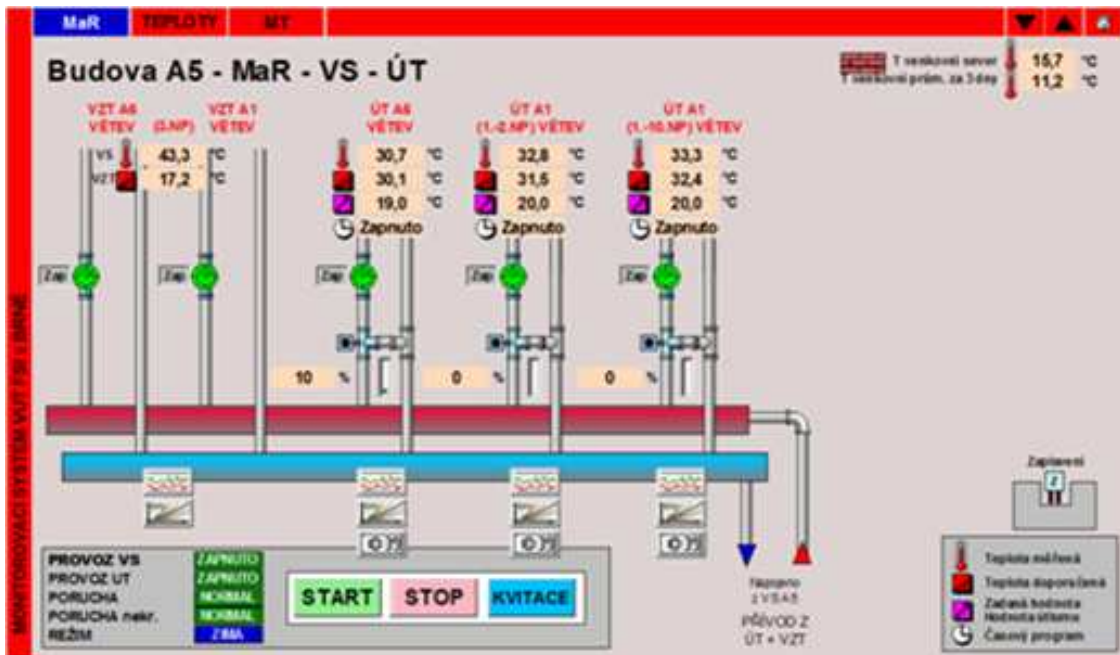
### **Tištěné přílohy**

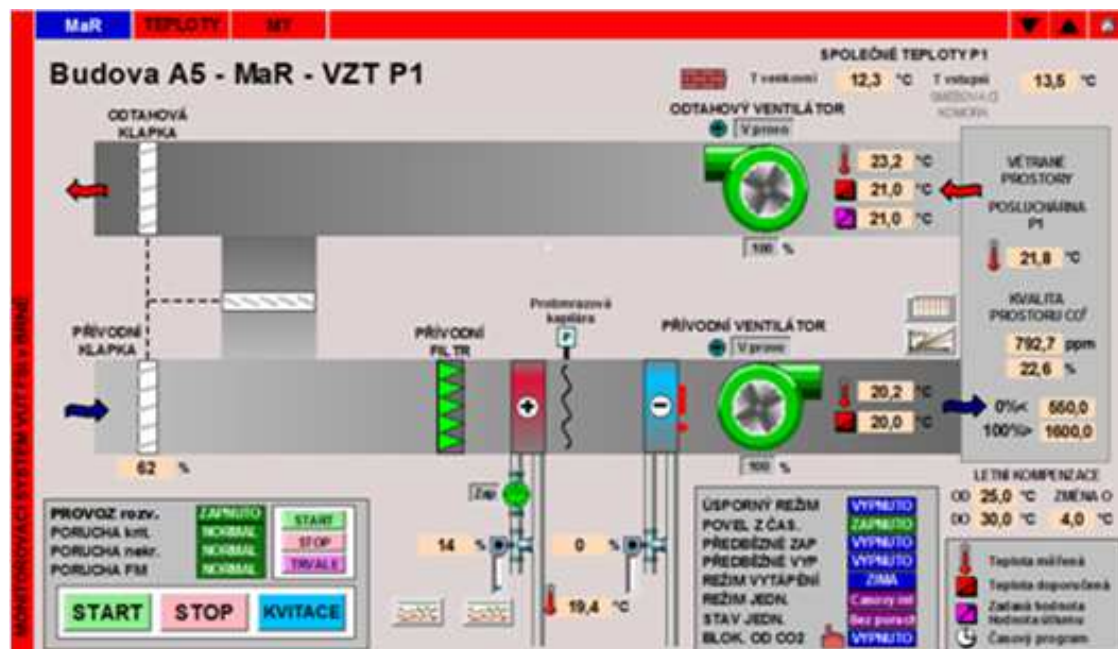
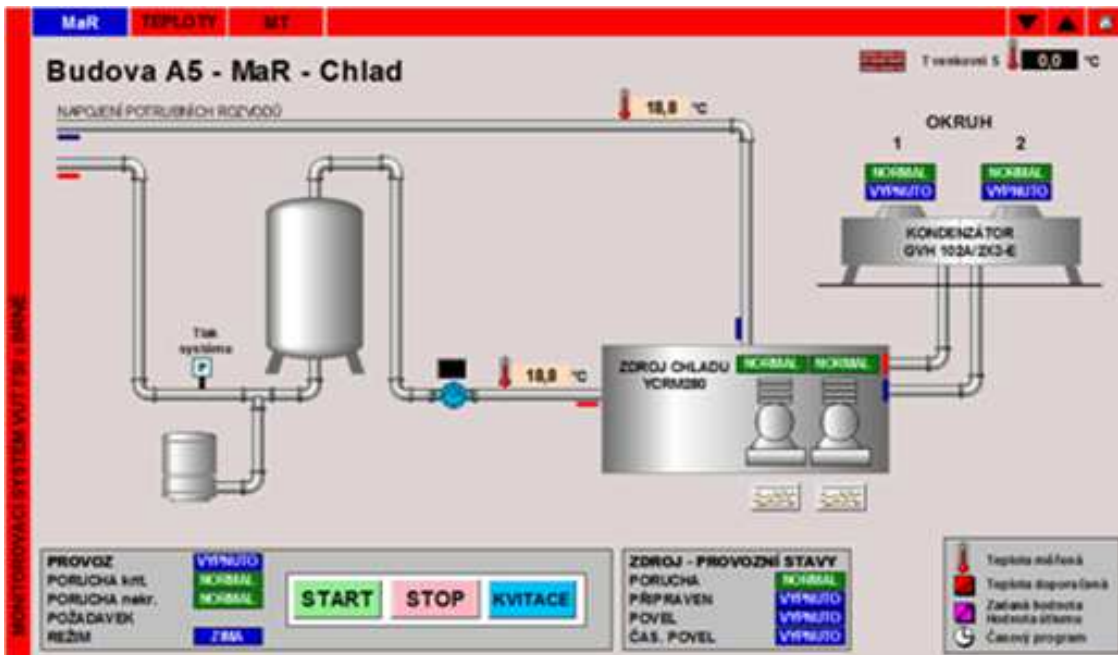
Příloha 7: Schémata měření a regulace v budově A5 areálu FSI VUT v Brně

Příloha 8: Schéma rozmístění měřičů tepla na FSI VUT v Brně a zobrazení dat v EBI

# PŘÍLOHA 7





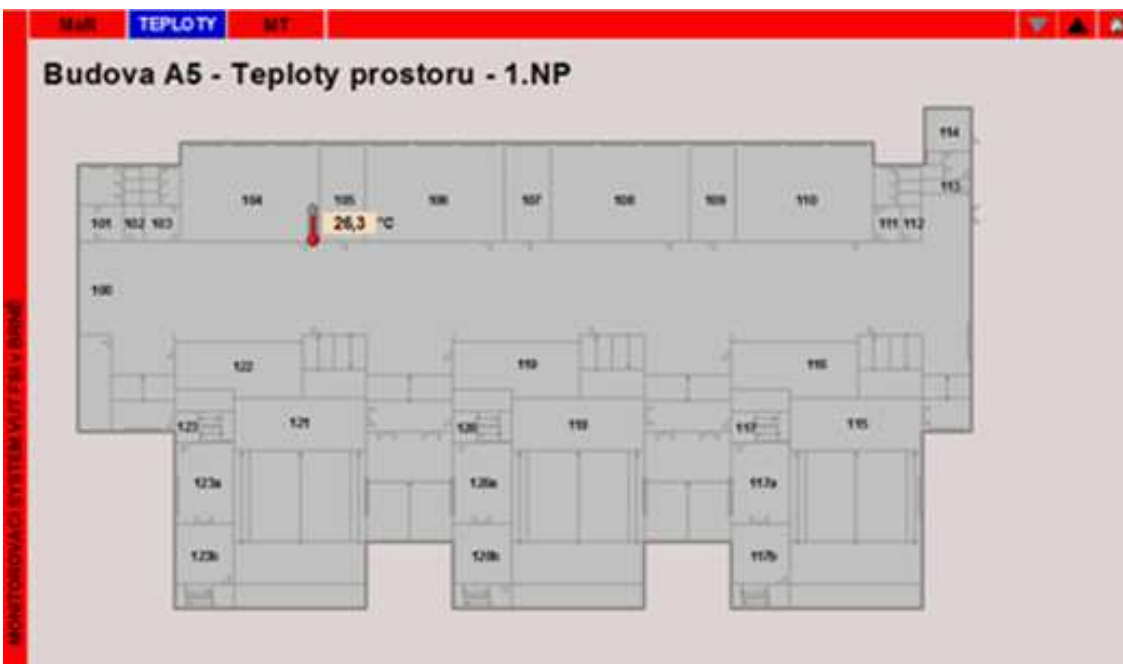


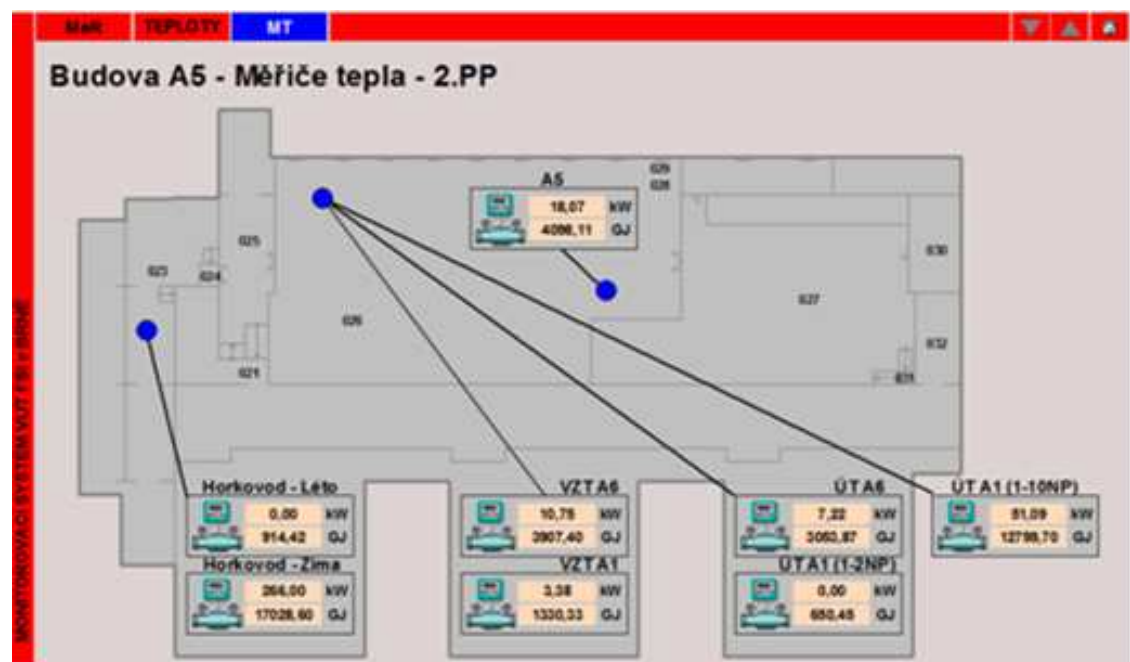
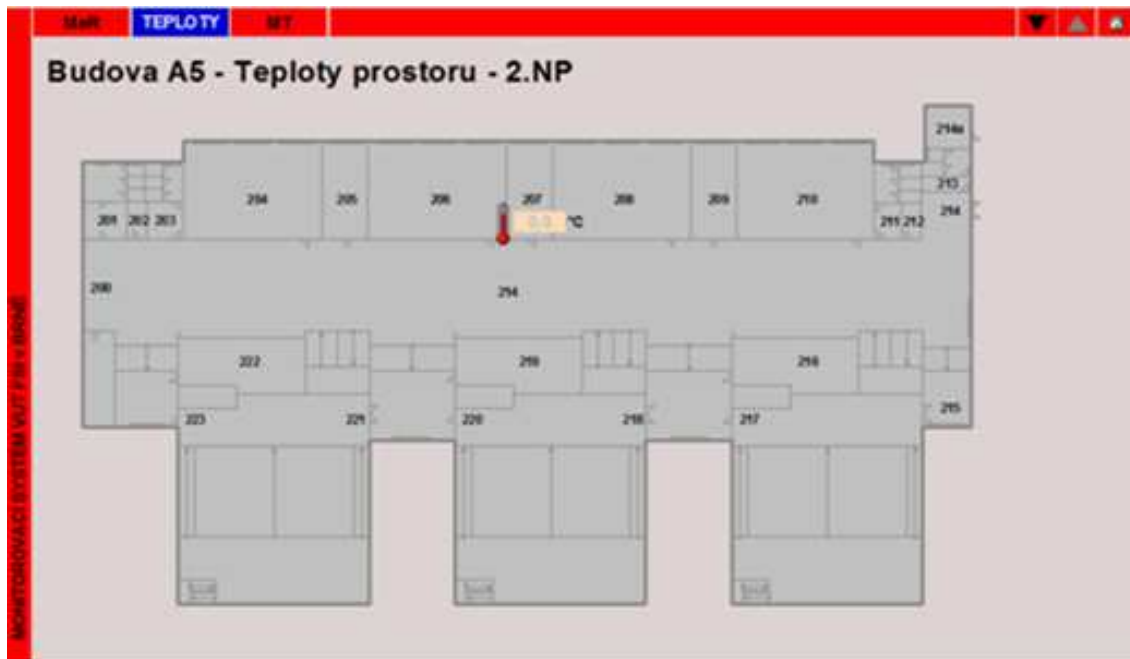
MaR **TEPLOTY** MT

### Přehled základních hodnot posluhářen P1 - P6

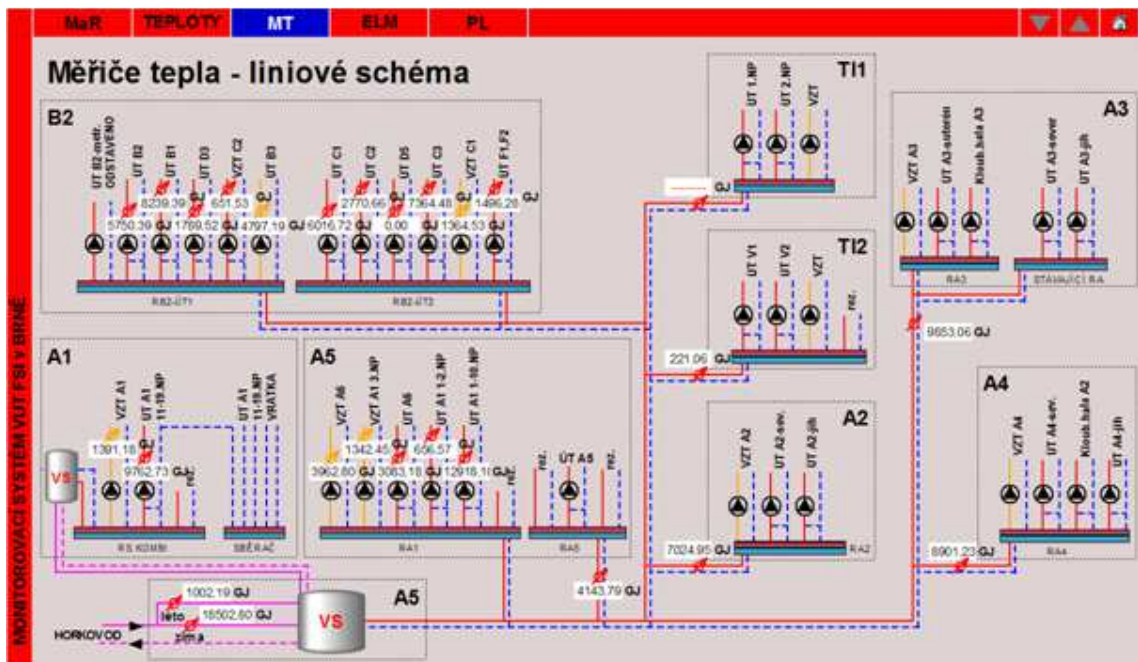
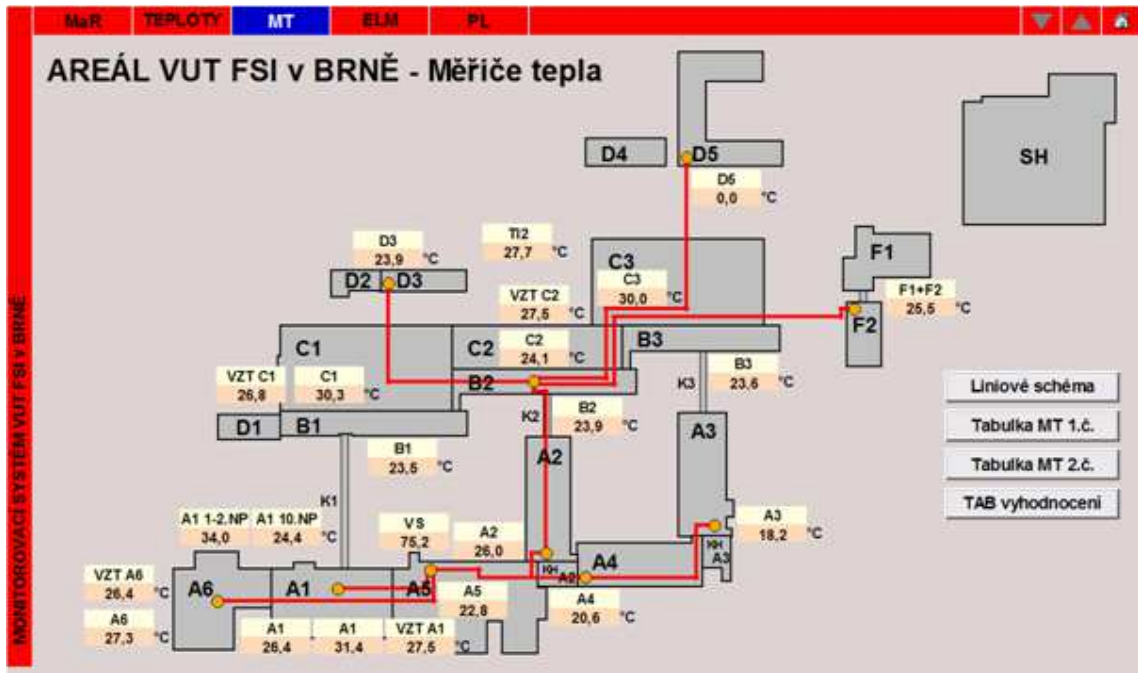
	VZT P1	VZT P2	VZT P3	VZT P4	VZT P5	VZT P6	CHLAD	TUV 1-10	TUV10-19
PROVOZ režim	ZAPNUTO	ZAPNUTO	ZAPNUTO	ZAPNUTO	ZAPNUTO	ZAPNUTO	VYPNUTO	ZAPNUTO	ZAPNUTO
PORUCHA int.	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL
PORUCHA nehr.	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL
PORUCHA Pst	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL	NORMÁL
Úsporný režim	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO			
Povel z čas. p.	ZAPNUTO	ZAPNUTO	ZAPNUTO	ZAPNUTO	ZAPNUTO	ZAPNUTO	VYPNUTO	ZAPNUTO	ZAPNUTO
Předběžné zap.	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO			
VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO			
Biokryt od CO2	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO	VYPNUTO			
Režim výměně	ZMA	ZMA	ZMA	ZMA	ZMA	ZMA	ZMA	ZMA	ZMA
Režim jednotky	Cauchy led	Cauchy led	Cauchy led	Cauchy led	Cauchy led	Cauchy led	Vypneš		
Stav jednotky	Bez poruch	Bez poruch	Bez poruch	Bez poruch	Bez poruch	Bez poruch	Vypneš		
Tep. prostor	[°C]	22,0	22,3	23,3	22,1	22,2	21,3		
Tep. přívod	[°C]	20,0	20,9	24,1	20,8	20,0	21,8	18,8	16,3
Tep. odtah	[°C]	22,2	22,7	21,9	22,0	21,1	21,6	18,8	16,8
CO2 v ppm	[ppm]	781,4	819,7	842,6	779,0	872,0	473,3		
Spotř. hlavy	[W]	41	72	30	60	45	30		
Frekvence	[Hz]	100	100	100	100	100	100		

MONITOROVACÍ SYSTÉM VZT, CHLAD, VÝMĚN





# PŘÍLOHA 8



MaR	TEPLOTY	MT	ELM	PL			
<b>HLAVNÍ MĚŘICE</b>							
UMÍSTĚNÍ	VĚTVE	Teplota T1[°C]	Teplota T2[°C]	Výkon [kW]	Teplo [GJ]	Průtok [m3/h]	Trendy
A5	HV - Létu	77,0	48,0	53,00	1002,16	2,80	
A5	HV - Zima	77,0	39,0	0,00	18502,80	0,00	
<b>PODRUŽNÉ MĚŘICE</b>							
UMÍSTĚNÍ	VĚTVE	Teplota T1[°C]	Teplota T2[°C]	Výkon [kW]	Teplo [GJ]	Průtok [m3/h]	Trendy
A5	VZT A6	26,4	26,8	0,0	3962,8	0,00	
A5	VZT A1	27,5	27,2	0,0	1342,4	0,00	
A5	ÚT A6	27,3	26,5	0,0	3083,2	0,00	
A5	ÚT A1 (1-2NP)	34,0	27,2	0,0	656,6	0,00	
A5	ÚT A1 (1-10NP)	24,4	25,8	0,0	12918,1	0,00	
A2	budova A2	26,0	26,3	0,0	7025,0	0,00	
A3	budova A3	18,2	18,0	0,0	9853,1	0,00	
A4	budova A4	20,6	21,0	0,0	8901,2	0,00	
A5	budova A5	22,8	22,5	0,0	4143,8	0,00	
A1-10.NP	ÚT A1 (10-19NP)	26,4	27,6	0,0	9762,7	0,00	
A1-10.NP	VZT A1	31,4	26,6	0,0	1391,2	0,00	
UMÍSTĚNÍ	VĚTVE	Teplota T1[°C]	Teplota T2[°C]	Výkon [kW]	Teplo [GJ]	Průtok [m3/h]	Trendy
T12	T12	27,7	23,2	0,00	221,06	0,00	

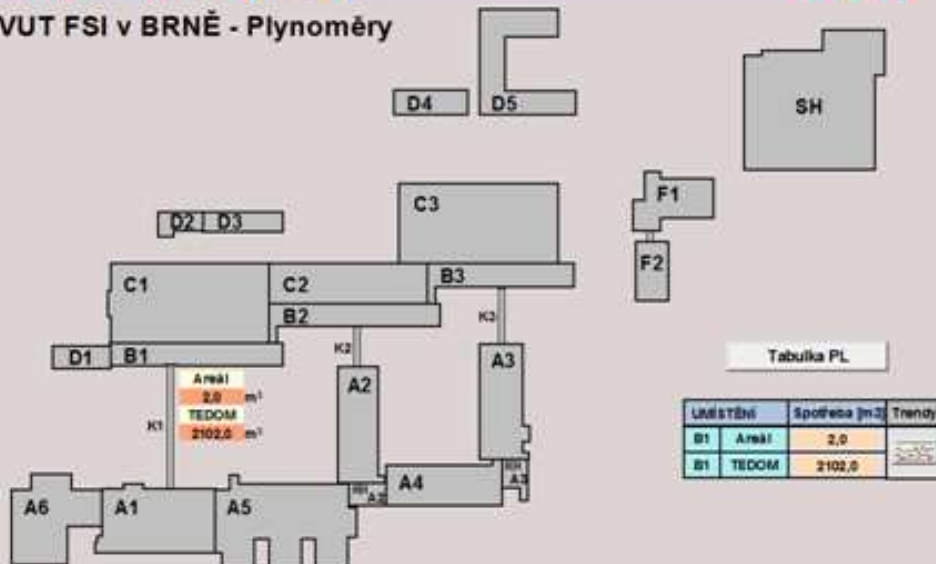
MaR	TEPLOTY	MT	ELM	PL			
<b>PODRUŽNÉ MĚŘICE</b>							
UMÍSTĚNÍ	VĚTVE	Teplota T1[°C]	Teplota T2[°C]	Výkon [kW]	Teplo [GJ]	Průtok [m3/h]	Trendy
B2	budova B2	35,3	34,1	16,1	4341,3	8,07	
B2	budova B2	36,3	35,6	18,8	5687,6	9,50	
B2	budova B1	36,3	34,3	11,7	8172,6	9,30	
B2	budova D0	37,3	36,8	3,6	1787,2	7,32	
B2	VZT C2	46,2	46,4	0,0	647,7	1,98	
B2	budova C1	40,3	38,7	26,3	6954,8	11,11	
B2	budova C2	40,3	38,4	6,0	2747,6	6,18	
B2	budova D6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	
B2	budova C3	30,1	29,6	6,6	7295,6	9,93	
B2	VZT C1	46,2	47,6	-22,8	1340,1	6,26	
B2	budova F1,2	46,2	33,3	9,9	1475,4	0,71	

## Měřiče tepla - vyhodnocení aktuálních hodnot

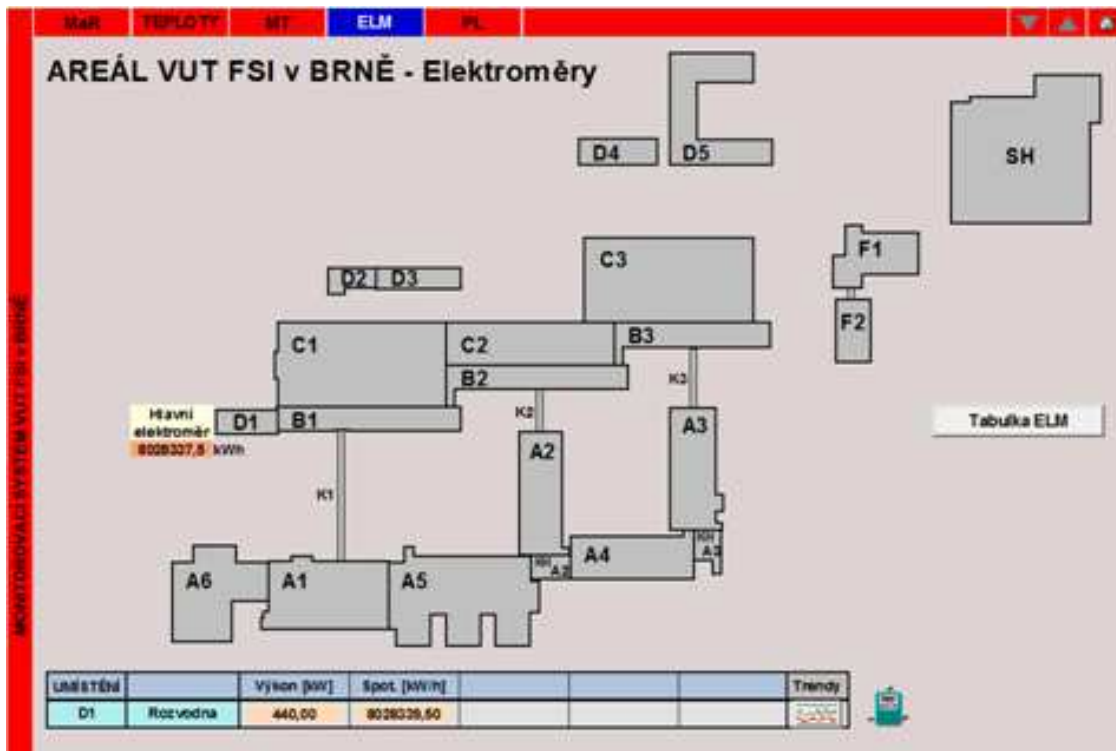
	Výkon [kW]	Průtok [m <sup>3</sup> /h]
HLAVNÍ MĚŘIČE TEPLA		
ZSMH	201,8 kW	
LETH	201,8 kW	
DELTA	52,3 %	
ELBA	216,1 kW	
Dotova A1-16MP, UT 16-16MP	11,5 kW	55,7 m <sup>3</sup> /h
Dotova A1-16MP, VZT A1	49,3 kW	17,8 m <sup>3</sup> /h
Dotova A2	16,7 kW	3,0 m <sup>3</sup> /h
Dotova A3	40,0 kW	6,0 m <sup>3</sup> /h
Dotova A4	21,0 kW	8,1 m <sup>3</sup> /h
Dotova A5	16,1 kW	1,6 m <sup>3</sup> /h
Dotova A5, VZT A6	16,1 kW	16,2 m <sup>3</sup> /h
Dotova A5, VZT A1	3,4 kW	7,8 m <sup>3</sup> /h
Dotova A5, UT A4	7,2 kW	6,2 m <sup>3</sup> /h
Dotova A5, UT A11-2MP	0,0 kW	2,2 m <sup>3</sup> /h
Dotova A5, UT A11-16MP	21,1 kW	45,3 m <sup>3</sup> /h
Dotova B2	16,5 kW	9,0 m <sup>3</sup> /h
Dotova B2, UT B1	11,7 kW	9,9 m <sup>3</sup> /h
Dotova B2, UT B3	3,8 kW	7,5 m <sup>3</sup> /h
Dotova B2, VZT C2	0,0 kW	2,0 m <sup>3</sup> /h
Dotova B2, UT B2	16,1 kW	8,1 m <sup>3</sup> /h
Dotova B2, UT C1	26,2 kW	11,1 m <sup>3</sup> /h
Dotova B2, UT C2	4,0 kW	6,3 m <sup>3</sup> /h
Dotova B2, UT B5	0,0 kW	0,0 m <sup>3</sup> /h
Dotova B2, UT C3	6,6 kW	6,6 m <sup>3</sup> /h
Dotova B2, VZT C1	-22,8 kW	9,3 m <sup>3</sup> /h
Dotova B2, UT F1, F2	9,8 kW	9,7 m <sup>3</sup> /h
Dotova B2	6,2 kW	6,0 m <sup>3</sup> /h

MONTÁŽNÍ SYSTÉM VUT FSI v BRNĚ

## AREÁL VUT FSI v BRNĚ - Plynoměry



MONTÁŽNÍ SYSTÉM VUT FSI v BRNĚ



MaR TEPLOTY MT ELM PL

### MaR

**A1**  VS

**A2**  PS PS A2,14 PRŮK. ED

**A3**  PS

**A4**  PS

**A5**  VS  VS-ŮT  PS  CHLAD

VZ1.1 POSLUCH  VZ1.2 POSLUCH  VZ1.3 POSLUCH  VZ1.4 POSLUCH

VZ1.5 POSLUCH  VZ1.6 POSLUCH  VZ1. CO2  VZ1. PRŮK. ED

PS A1,58 PRŮK. ED

**B2**  PS1  PS2 PS B2 PRŮK. ED

### Zónová regulace

**B1**  ZR

**B2**  ZR

**B3**  ZR

Požadavky od PS

**C3a**  PS-ŮT  VZ1.1 TĚŽKÁ L.  VZ1.11 MALÝNE  VZ1.2 ČISTÝ IN.

VZ1.3 SMĚTÁNÍ  VZ1.4 AUTOM.  VZ1.6 LABORAT.

