

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
STAVEBNÁ FAKULTA – KATEDRA TECHNICKÝCH ZARIADENÍ BUDOV

Ing. Bohumil Slodičák

Autoreferát dizertačnej práce

**OPTIMALIZÁCIE ENERGETICKEJ NÁROČNOSTI RIADENÍM PROCESOV
V INTELIGENTNÝCH BUDOVÁCH**

získanie akademického titulu philosophiae doctor, Ph.D.

V doktorandskom stupni štúdia programu:

3631 Teória a technika prostredia budov

Bratislava, Jún 2020

Dizertačná práca bola vytvorená počas externého štúdia na Katedre technických zariadení budov, Stavebnej fakulty, Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

Zadávatel': Ing. Bohumil Slodičák
Siprin s.r.o.
Lamačská cesta 3/A
841 04 Bratislava

Školiteľ: prof. Ing. Dušan Petráš, PhD.
Stavebná fakulta, STU v Bratislave
Katedra technických zariadení budov
Radlinského 11
810 05 Bratislava

Oponenti: prof. Ing. Alfonz Smola, PhD.
Dôchodca
Senecká 17
900 24 Veľký Biel

Doc. Ing. Michal Krajčík, PhD.
Stavebná fakulta, STU v Bratislave
Katedra technických zariadení budov
Radlinského 11
810 05 Bratislava

Doc. Ing. Igor Hantuch, PhD.
Dôchodca
Rehabilica s.r.o.
Grösslingová 7
811 09 Bratislava

Autoreferát bol poslaný dňa 29. júla 2020.

Obhajoba dizertačnej práce sa uskutoční dňa 25. augusta 2020 o 09.00 h
na Katedre technických zariadení budov v knižnici, Stavebnej fakulty STU, Radlinského 11,
810 05 Bratislava.

.....
prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.
Dekan, Stavebnej fakulty, STU v Bratislave

Obsah

1	Súčasný stav problematiky techniky prostredia v inteligentných budovách	4
1.1	Definícia	4
1.1.1	Problematika z celosvetového pohľadu	4
1.1.2	Problematika z európskeho pohľadu.....	5
1.2	Teoretická analýza inteligentných budov.....	5
1.2.1	Inteligencia budovy vs. Inteligentné a neinteligentné budovy	5
2	Ciele dizertačnej práce.....	6
3	Experimentálne overenie snímačov faktorov vnútorného prostredia	6
3.1	Vypočítané korekčné koeficienty dataloggerov	6
3.1.1	Korekčné koeficienty teplôt dataloggerov	6
3.1.2	Korekčné koeficienty relatívnej vlhkosti dataloggerov.....	7
3.1.3	Korekčné koeficienty koncentrácie CO ₂ dataloggerov	7
3.1.4	Korekčné koeficienty rosných bodov dataloggerov.....	7
3.2	Diskusia	7
4	Experimentálne meranie kvality vnútorného prostredia KIC.....	7
4.1	Kvalita vnútorného prostredia	8
4.1.1	Letné meranie - nezaťažený priestor.....	8
4.1.2	Zimné meranie zaťažený priestor	9
5	Experimentálne overenie teplotnej regulačnej stratégie	10
5.1	Výsledky meracích bodov	11
5.1.1	Merací bod MB_7.....	11
5.1.2	Merací bod MB_11.....	12
5.1.3	Merací bod MB_17.....	13
6	Vývoj softvérového riešenia riadenia intenzity osvetlenia	13
6.1	Dispozičné riešenie KIC	13
6.2	Algoritmus riadiaceho systému.....	13
6.2.1	Vývojový diagram	13
6.2.2	Program funkčného bloku „FB_Control_Lx“.....	15
6.2.3	Užívateľské rozhranie – vizualizácia Reliance	15
6.2.4	Systém automatizovanej ankety	16
7	Odporúčania	17
7.1	Odporúčania pre ďalší rozvoj vedy a techniky	17
7.1.1	Centralizovaný zber dát.....	17
7.1.2	Interakcia a autonómnosť systémov	17
7.2	Odporúčania pre spoločenskú prax.....	17
7.2.1	Synergické riadenie	17
7.2.2	Inteligencia budov	17
8	Literatúra	17

Úvod

S rastúcimi cenami energií, globálnymi klimatickými zmenami a tlakom na znižovanie prevádzkových nákladov je potrebné hľadať nové riešenia pri správe a využívaní energií. Manuálna správa veľkého počtu zariadení v dnešných budovách je prevádzkovo náročná a značne neefektívna. Z uvedených dôvodov sa musíme pozerať po riešeniach, ktoré by nám pomohli efektívnejšie fungovanie budov. Ako východisko tejto situácie sa našlo pomocou aplikácie riadiacich systémov. Budovy vybavené riadením sa označujú názvom: „Inteligentné budovy“. Vývoj a miniaturizácia výpočtových zariadení spôsobil, že už takmer každé dielčie zariadenie, ako je zdroj tepla, klimatizácia a pod. majú možnosť samostatného fungovania s vymoženosťami, ako je webserver, kde si užívateľ môže dané zariadenie skontrolovať a prípadne upraviť jeho parametre. Tento fakt priamo vplýva na praktickosť a efektívnosť v prevádzke, nakoľko zariadenia medzi sebou nekomunikujú a každé jedno predstavuje akýsi ostrov v oceáne budovy. Práve v tejto oblasti sa aktuálne ukazuje nevyhnutnosť riadiacich systémov, ktoré majú slúžiť ako integrátory jednotlivých subsystémov so vzájomnou interakciou. Aplikáciou riadiacich systémov je možné zvýšiť kvalitu a komfortnosť životného prostredia osôb v budovách.

1 Súčasný stav problematiky techniky prostredia v inteligentných budovách

1.1 Definícia

Univerzálna definícia inteligentnej budovy musí v sebe zahŕňať všetky uvedené pohľady a z nich vyplývajúce požiadavky na budovu. Čiže potom bude vyzeráť takto: Inteligentná budova je budova, ktorá zabezpečuje kvalitné (zdravé, bezpečné a komfortné) vnútorné prostredie pri minimálnej spotrebe zdrojov a minimálnom vplyve na životné prostredie. V definícii absentuje ekonomické hľadisko, nakoľko sa predpokladá, že cena budovy a prevádzky by nemala byť v rozpore s vytvorením zdravého a komfortného vnútorného prostredia [1].

1.1.1 Problematika z celosvetového pohľadu

Celosvetový sektor budov zodpovedal za 30% celkovej spotreby energie a až viac ako 55% celosvetovej spotreby elektrickej energie. Je badateľný pokrok smerom k trvalo udržateľným budovám, no zlepšenia je stále nedostatočné a nedrží krok s rastúcim odvetvím budov a rastúcim dopytom po energiách. [1]

Sektor budov zatiaľ nesmeruje k dosiahnutiu globálnych záväzkov v oblasti klímy, ale pokročil s globálnymi iniciatívami, politikami a technológiami. Ročné čisté emisie skleníkových plynov súvisiace s budovami predstavovali 9,5 gigatonov (GtCO₂) v roku 2013, pričom v roku 2016 sa znížili na 9,0 Gt. Avšak konečná spotreba energií budovami sa od roku 2010 postupne zvýšila z 119 EJ v roku 2010 na 124 EJ (10¹⁸ J) v roku 2016, ako dôsledok rastu podlahovej plochy, ktorá prekonáva zníženie energetickej náročnosti. [2]

Prístrojové vybavenie a osvetlenie môžu viesť k dodatočným úsporám energie v budovách. Posledný rok, IEA Energy Efficient End-Use Equipment Technology Collaboration Programme (IEA 4E-TCP) v posledných desiatich rokoch zaznamenali úspory energie o 16% až 26% u veľkých domácich spotrebičov. V súčasnosti je predpoklad, že vo väčšine prípadov je k dispozícii ďalšie zvýšenie účinnosti spotrebičov o 10 až 20%, ktoré sa už predávajú na trhu, vrátane úspor energie o viac ako 75% prechod z halogénového typu osvetlenia na osvetlenie LED. IEA 4E-TCP odhaduje, že účinnosť osvetlenie bude naďalej rásť až na 90% (CFL a LED) do

roku 2022 prostredníctvom kombinácie lepších postupov a znižovania nákladov na efektívne osvetlenie [2].

Podľa akčného plánu energetickej účinnosti sa pätina svetovej elektrickej energie spotrebúva na osvetlenie, čo znamená veľký potenciál úspory. Zavedením technológie vysoko účinných diód emitujúcich svetlo (LED), ktorá už je na trhu dostupná, by sa do roku 2015 mohlo ušetriť 30 % a do roku 2025 50 % súčasnej spotreby. Ďalšie zlepšenia sú možné, ak sa energeticky úsporné žiarovky vybaví aj senzormi a vypínacou funkciou, aby sa samé mohli automaticky prispôbiť okoliu (napr. prirodzenému svetlu, prítomnosti ľudí) – inteligentné osvetlenie [3]

Sľubnou technológiou, ktorá sa v súčasnosti vyvíja, sú diódy emitujúce organické svetlo (organic light emitting diode, OLED). Ich výhodou je jednotne difúzne svietiaci povrch, pričom zároveň sú vo veľkej miere energeticky úsporné a z environmentálneho hľadiska bezpečné. Okrem toho sú voľne tvarovateľné a mohli by sa vyrábať aj z pružných materiálov, čím sa otvára celá škála nových možností [3].

Merače a ovládacie prvky spájajú budovy s veľkými dátami. Medzinárodná energetická agentúra IAE v budovách a Program spolupráce v oblasti technológií spoločenských (IEA EBC-TCP) inicioval výskumné projekty lepšie porozumieť tomu, ako budovy využívajú energie [4]. Tieto dva projekty sa zameriavajú na to, ako sa dajú použiť podrobné údaje o využití energie v budovách postupy a rozhodnutia o prevádzke budovy, ktoré zvyšujú efektívnosť. Tento prístup povoľuje zvýšenie digitalizácie a schopnosti zachytiť a analyzovať veľké množstvo údajov [4].

1.1.2 Problematika z európskeho pohľadu

Nakoľko viac ako 40% energie v európskej únii sa spotrebováva v budovách (obytné, verejné, obchodné a priemyselné budovy), čím prevyšuje spotrebu energie v doprave, alebo priemysle. Obytné budovy majú potenciál nákladovo efektívnej úspory na úrovni 27% a obchodné budovy približne až 30% [5].

Moderné, pružné a integrované systémy riadenia energie založené na informačných komunikačných technológiách pre nové i staré budovy v spojení s rozšíreným riadením prirodzeného osvetlenia a vetrania a s účinnejšou izoláciou (okien, podláh a stropov) pomôžu nielen znížiť spotrebu energie ale aj zvýšiť bezpečnosť a zabezpečenie, podporovať dobrý zdravotný stav a umožniť starým a chorým osobám samostatné bývanie a pomoc pri ňom [5].

1.2 Teoretická analýza inteligentných budov

1.2.1 Inteligencia budovy vs. Inteligentné a neinteligentné budovy

Podľa vyššie uvedenej definície o inteligentnej budove, nám vyplýva, že inteligentná budova priamo nemusí mať zložitý riadiaci systém a elektroniku. Z toho dôvodu je vhodné zdefinovať pojmy ako aktívna, pasívna a latentná inteligencia [6]:

A. Pasívna inteligencia

Stavebná časť budovy, všetky prvky, ktoré nezávisia od externého zdroja energie [6].

B. Aktívna inteligencia

Pod aktívnou inteligenciou rozumieme všetky prvky, ktoré aktívne pôsobia na budovu a pri svojej činnosti vyžadujú energiu, napr. [6]

2 Ciele dizertačnej práce

Systémy techniky prostredia pre inteligentné budovy predstavujú významnú podporu pre zabezpečenie kvalitného vnútorného prostredia pri optimálnej energetickej náročnosti. Ide hlavne o tepelnú pohodu, svetelnú pohodu, akustickú pohodu, ako aj kvalitu vnútorného vzduchu. Tento komfort sa zabezpečuje systémami vykurovania, osvetlenia, vetrania, klimatizácie a chladenia. Práve prevádzka týchto systémov techniky prostredia predstavuje dominantnú časť spotreby energie pri prevádzke budov.

Konkrétne ciele tejto práce:

- Experimentálne overenie snímačov faktorov vnútorného prostredia
- Experimentálne meranie kvality vnútorného prostredia KIC
- Experimentálne overenie teplotnej regulačnej stratégie
- Vývoj softvérového riešenia riadenia intenzity osvetlenia

3 Experimentálne overenie snímačov faktorov vnútorného prostredia

Overením sme získali informáciu o každej snímanej veličine príslušného dataloggeru s akou odchýlkou meria. Tak je možné pomocou korekčných faktorov, korigovať ďalšie merania a tým zlepšiť presnosť a relevantnosť meraní. Overili sme meráciu centrálu Comet MS5D (1ks), dataloggery Lutron MCH 383SD (5ks), Comet R0110 (3ks), Comet S3120 (2ks) a Comet S3541 (2ks). Snímače voči ktorým sme realizovali overenie boli Comet U3430 (3ks), ktoré sú nové a sú kalibrované výrobcom.

3.1 Vypočítané korekčné koeficienty dataloggerov

3.1.1 Korekčné koeficienty teplôt dataloggerov

Výsledky korekčných koeficientov dataloggerov, sme zaznamenali do Tabuľka 3.1.

Datalogger	n	X_k	ϵ_r	Presnosť udaná výrobcom [°C]	Stav dataloggera
	Počet nameraných vzoriek [-]	Korekčný koeficient [°C]	Relatívna chyba merania [%]		
MCH_383SD_Q643843	757	0,138954205	0,591749819	±0,8	
MCH_383SD_Q830738	757	0,188491854	0,80271065	±0,8	VYHOVUJE
MCH_383SD_Q830739	757	0,650314839	2,769428156	±0,8	VYHOVUJE
MCH_383SD_Q830745	757	0,599191986	2,551716579	±0,8	VYHOVUJE
MCH_383SD_Q830747	757	0,609099516	2,593908745	±0,8	VYHOVUJE
MS5D_Kan_1	757	0,122988254	0,523757284	±0,2	VYHOVUJE
MS5D_Kan_2	757	-0,034769424	-0,148068928	±0,2	VYHOVUJE
MS5D_Kan_3	757	0,078699195	0,335148074	±0,2	VYHOVUJE
MS5D_Kan_4	757	0,141665767	0,603297265	±0,2	VYHOVUJE
MS5D_Kan_5	757	0,072857941	0,310272534	±0,2	VYHOVUJE
MS5D_Kan_6	757	0,054691143	0,232907482	±0,2	VYHOVUJE
MS5D_Kan_7	757	0,088987156	0,378960345	±0,2	VYHOVUJE
MS5D_Kan_8	757	0,031543913	0,13433278	±0,2	VYHOVUJE
R0110_10920757	757	-0,096970498	-0,412958171	±0,4	VYHOVUJE
R0110_10920759	757	-0,112148833	-0,477596569	±0,4	VYHOVUJE
R0110_10920760	757	0,162967415	0,694012378	±0,4	VYHOVUJE
S3120_09932433	757	0,315540731	1,343760487	±0,4	VYHOVUJE
S3120_09932434	757	0,417255394	1,776922141	±0,4	VYHOVUJE
S3541_10932669	757	0,64159225	2,732282173	±0,4	VYHOVUJE
S3541_10932670	757	0,110489212	0,470528913	±0,4	VYHOVUJE

Tabuľka 3.1 Korekčných koeficientov teplôt dataloggerov

3.1.2 Korekčné koeficienty relatívnej vlhkosti dataloggerov

Výsledky vypočítaných korekčných koeficientov relatívnych vlhkostí dataloggerov, sme zaznamenali do Tabuľka 3.2.

Datalogger	n	X _k	ε _r	Presnosť udaná výrobcom [%]	Stav dataloggera
	Počet nameraných vzoriek [-]	Korekčný koeficient [%RH]	Relatívna chyba merania [%]		
MCH_383SD_Q643843	757	1,505188023	2,900873057	±3% RH	VYHOVUJE
MCH_383SD_Q830738	757	-0,353068252	-0,680450657	±3% RH	VYHOVUJE
MCH_383SD_Q830739	757	-1,977374725	-3,810894702	±3% RH	NEVYHOVUJE
MCH_383SD_Q830745	757	-1,268127697	-2,443998632	±3% RH	VYHOVUJE
MCH_383SD_Q830747	757	-1,482658741	-2,857453506	±3% RH	VYHOVUJE
S3120_09932433	757	1,215279172	2,342146332	±2,5% RH	VYHOVUJE
S3120_09932434	757	6,676172171	12,86665033	±2,5% RH	NEVYHOVUJE
S3541_10932669	757	-5,654411713	-10,89746287	±2,5% RH	NEVYHOVUJE
S3541_10932670	757	-4,676337737	-9,012470162	±2,5% RH	NEVYHOVUJE

Tabuľka 3.2 Korekčných koeficientov relatívnej vlhkosti dataloggerov

3.1.3 Korekčné koeficienty koncentrácie CO₂ dataloggerov

Výsledky vypočítaných korekčných koeficientov dataloggerov, sme zaznamenali do Tabuľka 3.3.

Datalogger	n	X _k	ε _r	Presnosť udaná výrobcom [%]	Stav dataloggera
	Počet nameraných vzoriek [-]	Korekčný koeficient [ppm]	Relatívna chyba merania [%]		
MCH_383SD_Q643843	757	54,60369881	4,162768425	±5%	VYHOVUJE
MCH_383SD_Q830738	757	-46,09379128	-3,514006983	±5%	VYHOVUJE
MCH_383SD_Q830739	757	-19,9009247	-1,517167203	±5%	VYHOVUJE
MCH_383SD_Q830745	757	138,667107	10,57142771	±5%	NEVYHOVUJE
MCH_383SD_Q830747	757	284,8612946	21,71669005	±5%	NEVYHOVUJE

Tabuľka 3.3 Korekčných koeficientov koncentrácie CO₂ dataloggerov

3.1.4 Korekčné koeficienty rosných bodov dataloggerov

Výsledky vypočítaných korekčných koeficientov dataloggerov, sme zaznamenali do tabuľky Tabuľka 3.4.

Datalogger	n	X _k	ε _r	Presnosť udaná výrobcom [°C]	Stav dataloggera
	Počet nameraných vzoriek [-]	Korekčný koeficient [°C]	Relatívna chyba merania [%]		
S3120_09932433	757	0,640063408	4,91687511	±1,5	VYHOVUJE
S3120_09932434	757	2,227404227	17,11059915	±1,5	NEVYHOVUJE
S3541_10932669	757	-1,166735799	-8,962696723	±1,5	NEVYHOVUJE
S3541_10932670	757	-1,335033025	-10,25553182	±1,5	NEVYHOVUJE

Tabuľka 3.4 Korekčných koeficientov rosných bodov dataloggerov

3.2 Diskusia

Experimentálne merania presnosti snímačov nám poukázalo, aký je aktuálny stav dataloggerov. Zmapovaniu kvality snímačov. Pomerne dlhé meranie nám umožnilo spracovať 757 meraní, čo malo priaznivý vplyv na kvalitné a relevantné zhodnotenie. Vykurovacie teleso prípadne otvorenie okna malo vplyv na zmenu parametrov prostredia čo nám, taktiež pomohlo k lepšiemu

4 Experimentálne meranie kvality vnútorného prostredia KIC

Cieľom experimentálneho bolo zaznamenať a vyhodnotiť kvalitu vnútorného prostredia verejného priestoru, ktorý podlieha dynamickým zmenám podľa normy STN EN 15251 pre meranie uskutočnené do 31.10.2019 a podľa normy STN EN 16798-1 po tomto dátume. Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave disponuje Knížničným a informačným centrom, ktorého primárnou úlohou je poskytovať služby študentom. Keďže ide o veľmi dynamický priestor s veľmi premenlivou hustotou obsadenia priestoru počas dňa a značne podliehajúci školským cyklom a ročným obdobiam, tak ide o veľmi vhodný priestor na zmonitorovanie a vyhodnotenie. V uvedenom priestore sme vykonali merania teploty,

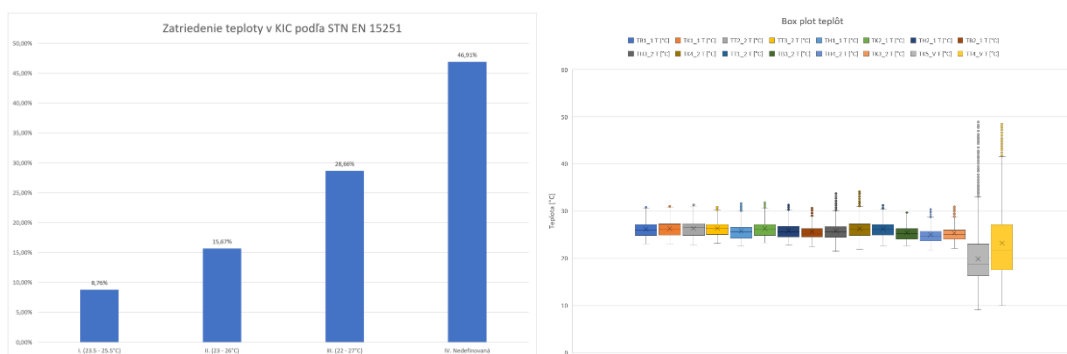
vlhkosti a koncentrácie oxidu uhličitého, zároveň sa zaznamenali stavy zariadení, vybavenia priestoru, ako sú vykurovacie telesá, žalúzia, vzduchotechnika či otvorenie okien. Pre porovnanie vplyvu ročných období a vyťaženia priestoru sme urobili dve merania a to v letnom a zimnom období. Pre potreby hodnotenia bolo potrebné urobiť záznam aj vonkajšieho prostredia. Na meranie vnútorného prostredia sme využili pevne inštalované snímače riadiaceho systému Teco (snímače teplôt, intenzity osvetlenia, koncentrácie CO₂), údaje z týchto snímačov boli zaznamenávané pomocou vizualizačného programu Reliance, pričom perióda záznamu bola nastavená na 5 minút. Ďalej v priestore KIC sme rozmiestnili aj prenosné snímače (datalogery) teploty, vlhkosti a koncentrácie oxidu uhličitého taktiež s periódou ukladania dát 5 minút.

4.1 Kvalita vnútorného prostredia

4.1.1 Letné meranie - nezaťažený priestor

A. Tepelno-vlhkostný stav prostredia KIC v letnom období / teplota

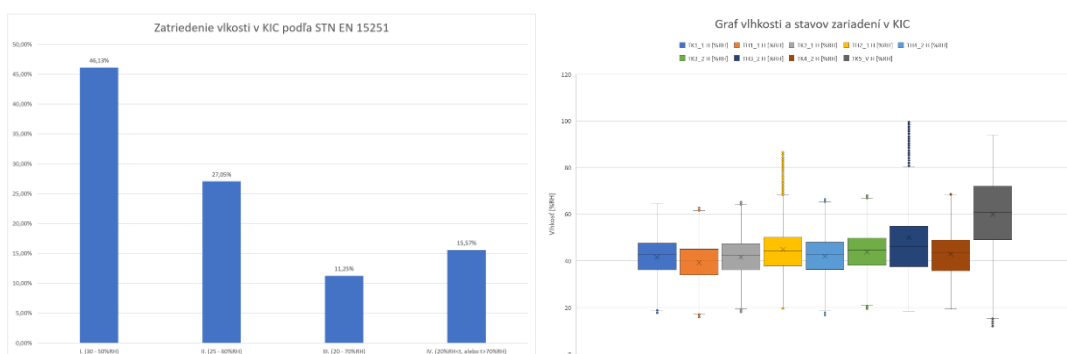
Z nameraných hodnôt sme určili percentuálny podiel času jednotlivých teplotných kategórií. Výsledky takéhoto zatriedenia nám ukázali, že takmer polovicu času merania bolo prostredie v nevyhovujúcej kategórii IV. a to až 46,91%.



Obr. 4.1 Graf zatriedenia teploty a box plot teplôt v KIC

B. Tepelno-vlhkostný stav prostredia KIC v letnom období / vlhkosť

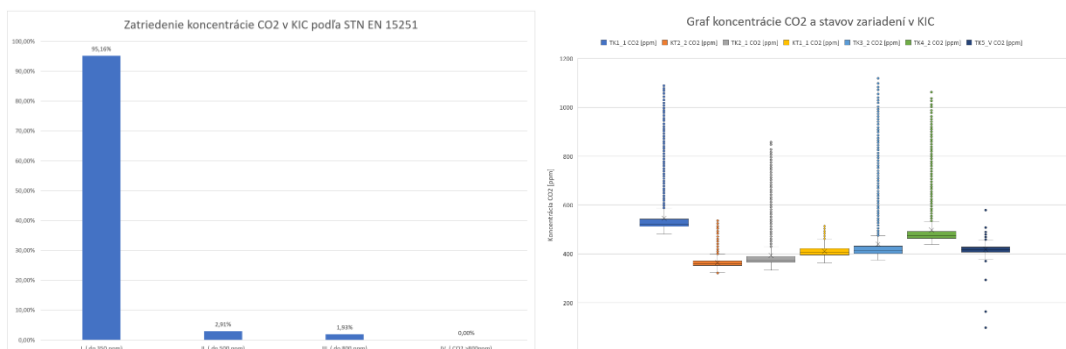
Výsledky zatriedenia prostredia podľa vlhkosti dopadlo dá sa povedať opačne, a to v kategórii I. bolo prostredie až 46,13%.



Obr. 4.2 Graf zatriedenia vlhkosti a box plot vlhkosti v KIC

C. Kvalita vnútorného vzduchu prostredia KIC v letnom období / CO₂

Vzduchotechniku sme na pár dni vyppli, aby sme mohli zaznamenať jej vplyv. Po niekoľkých dňoch vypnutej vzduchotechniky sa otvorilo okno, nakoľko pre obsluhu už bolo nekomfortné vnútorné prostredie. Vonkajšiu koncentráciu CO₂ sme merali pomocou prenosného dataloggeru. Kategórie priestoru sme z nameraných dát určili nasledovne, prostredie sa v kategórii I. nachádzalo 95,16% času.

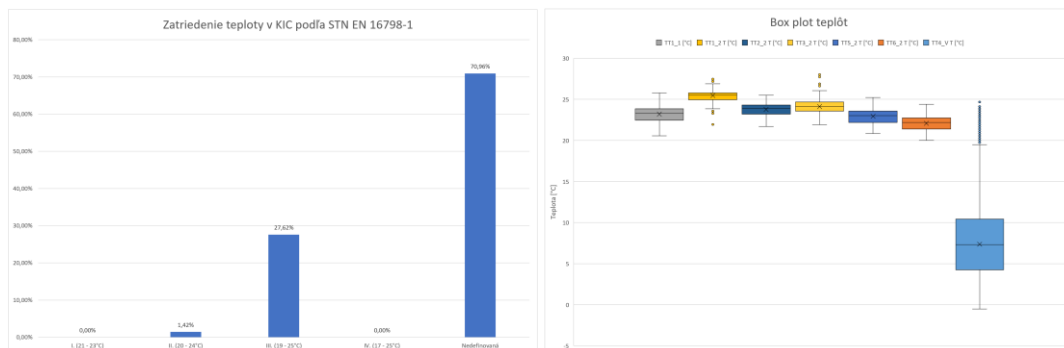


Obr. 4.3 Zatriedenie koncentrácie CO₂ a box plot koncentrácie CO₂ v KIC

4.1.2 Zimné meranie zaťažený priestor

A. Tepelno-vlhkostný stav prostredia KIC v zimnom období / teplota

Z nameraných hodnôt sme určili percentuálny podiel času jednotlivých teplotných kategórií v celkovom sledovanom období. Výsledky takéhoto zatriedenia nám ukázali, že až 70,96% bolo prostredie KIC v nevyhovujúcej nedefinovanej kategórii.



Obr. 4.4 Graf zatriedenia teploty a box plot teplôt v KIC

Odfiltrovaním nameraných hodnôt počas víkendu sme určili percentuálny podiel času jednotlivých teplotných kategórií. Výsledky takéhoto zatriedenia nám ukázali, že až 83,51% času bol priestor KIC v nevyhovujúcej nedefinovanej kategórii.



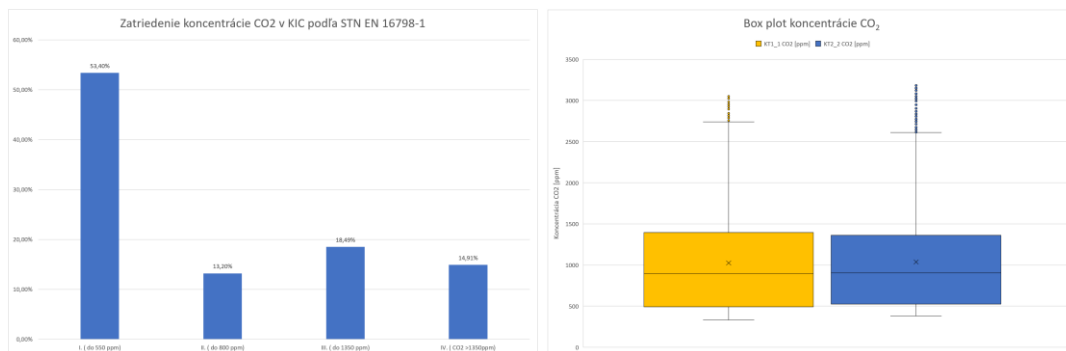
Obr. 4.5 Graf zatriedenia teploty v KIC bez víkendových dní

B. Tepelno-vlhkostný stav prostredia KIC v zimnom období / vlhkosť

Tepelno-vlhkostný stav prostredia KIC v zimnom období s vyhodnotením vlhkosti sme nemohli vykonať, nakoľko riadiaci systém nedisponuje snímačom vlhkosti vnútorného prostredia.

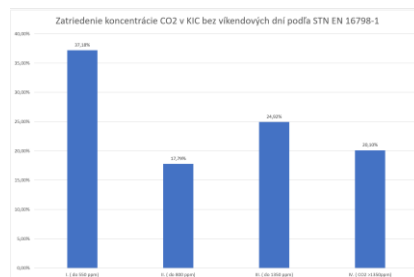
C. Kvalita vnútorného vzduchu prostredia KIC v zimnom období / CO₂

Vzduchotechniku počas merania bola vypnutá, z technických príčin a tým nám neovplyvňovala meranie koncentrácie CO₂. Riadiaci systém nedisponuje snímačom vonkajšej koncentrácie CO₂ preto sme použili pre výpočty priemernú hodnotu koncentrácie CO₂ nameranú v letnom meraní. Kategórie priestoru sme z nameraných dát určili nasledovne, prostredie sa v kategórii I. nachádzalo až 53,40% času.



Obr. 4.6 Zatriedenie koncentrácie CO₂ a Box plot koncentrácie CO₂ v KIC

Odfiltrovaním nameraných hodnôt počas víkendov sme určili percentuálny podiel času jednotlivých kategórií. Výsledky takéhoto zatriedenia nám ukázali, že podiel času kategórie I. klesol na 37,18.



Obr. 4.7 Zatriedenie koncentrácie CO₂ v KIC bez víkendových dní

5 Experimentálne overenie teplotnej regulačnej stratégie

Cieľom experimentálneho merania bolo porovnanie regulačných stratégií riadenia teploty vo vykurovanom priestore na základe hysterézie, PI regulátora a následne tieto merania porovnať s riadením vykurovania pomocou termostatickej hlavice. Boli zvolené regulačné stratégie riadenia prevádzky vykurovania:

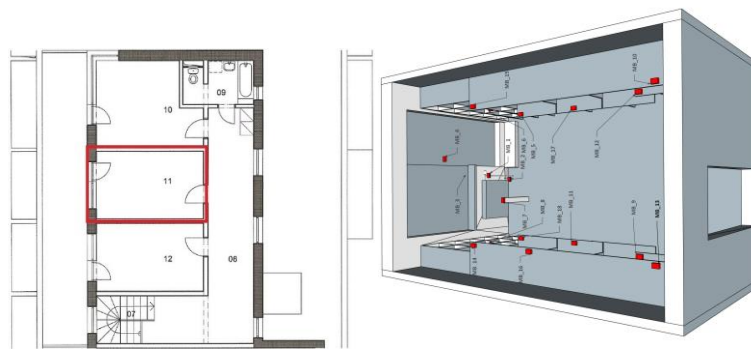
- PI regulátorom s použitím elektrotermickej hlavice
- Hysterézne riadenie s použitím elektrotermickej hlavice
- S použitím tradičnej termostatickej hlavice

Zároveň každý spôsob riadenia sme realizovali so zatiahnutou a odtiahnutou záclonou. Takto namerané dáta vyhodnotili a navzájom porovnali.

Ako referenčný priestor na meranie sme si zvolili miestnosť s rozmermi šírka 2,98m, dĺžky 4,65m a s výškou 2,65m.

Miestnosť je využívaná, ako šatník, čo nám zabezpečilo takmer rovnaké podmienky počas celého merania (zatiernené okná interiérovými žalúziami, minimálny výskyt osôb a žiadne externé zdroje tepla). Keďže na prúdenie ohriateho vzduchu vykurovacím telesom majú záclony významný vplyv, tak sme každý druh hlavice a spôsob riadenia zmeriame so zatiahnutou záclonou (*_Z_MB_*) a aj s odstreťou záclonou (*_O_MB_*).

V miestnosti sme rozmiestnili snímače teploty (MB – meracie body), v priestore okna sme umiestnili meraciu centrálu Comet MS5D, ktorou sme merali prívod (MB_1) a odvod (MB_2) vykurovacieho telesa, vonkajšiu teplotu (MB_3), priestor pred radiátorom (MB_7), priestor pri okne (MB_4) a okolie po stranách miestnosti pri okne (MB_5, MB_6, MB_8). Ďalšie meracie body pokryjeme s dataloggermi Comet R0110, Comet S3120, Comet S3541 a Comet U3430 (MB_9 až MB_18). Rozmiestnenie sme zvolili po stranách miestnosti v troch výškových úrovniach a to 1059mm, 1650mm a 2118mm.



Obr. 5.1 Pozícia a rozmiestnenie snímačov v referenčnej miestnosti

Meranie prebiehalo od 28.12.2019 14:00 do 7.1.2020 13:00. Snímač vonkajšej teploty sme umiestnili pred okno, aby sme zaznamenali vonkajšiu teplotu a zároveň aj vplyv slnečného žiarenia.

5.1 Výsledky meracích bodov

Pre vyhodnotenie regulačných stratégií sme zvolili na vyhodnotenie dva meracie body nachádzajúce sa v strede miestnosti vo výške 1059mm a vo vzdialenosti 2204mm od vykurovacieho telesa, na jednej a druhej strane miestnosti (MB_11 a MB_17). Zároveň sme zvolili merací bod pred vykurovacím telesom, pre vyjadrenie vplyvu záclony na šírenie tepla počas meraní.

5.1.1 Merací bod MB_7

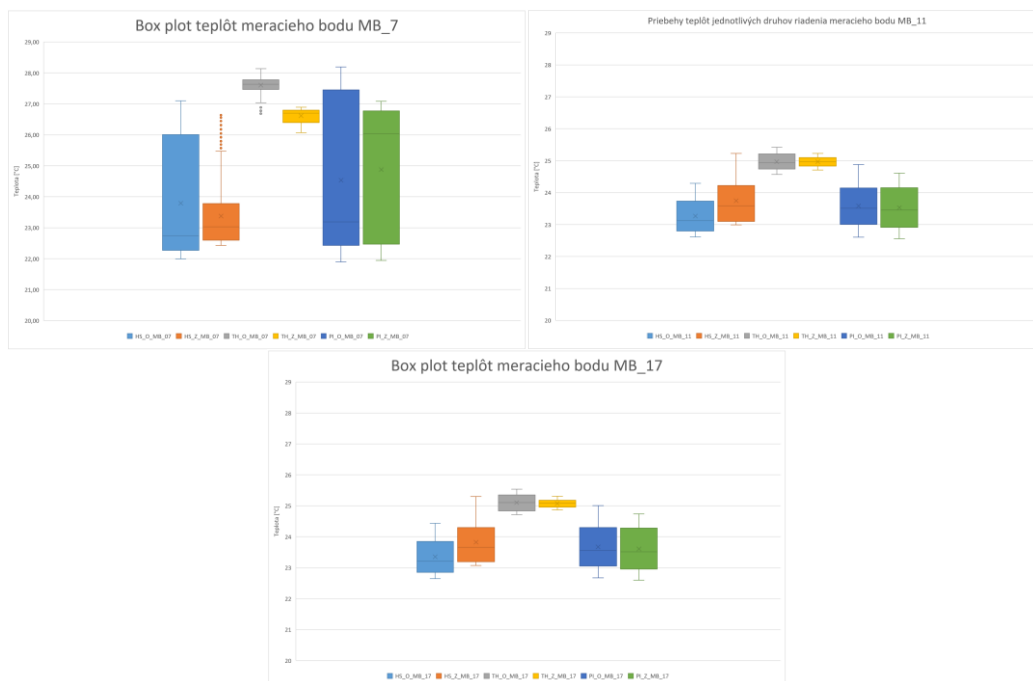
Merací bod MB_7 sa nachádza v priestore pred vykurovacím telesom, pričom záclona sa nachádza medzi vykurovacím telesom a meracím bodom MB_7. Namerané dáta sme zobrazili pomocou grafu Obr. 5.2. Merania PI regulácie s odtiahnutou záclonou má označenie PI_O_MB_7, so zatiahnutou záclonou PI_Z_MB_7. Merania hysterézneho riadenia s odtiahnutou záclonou má označenie HS_O_MB_7 a so zatiahnutou záclonou HS_Z_MB_7.

A merania riadenia vykurovania termostatickou hlavickou sú pri odtiahnutej záclone označené TH_O_MB_7 a so zatahnutou záclonou TH_Z_MB_7. Pri porovnaní jednotlivých regulačných stratégií sme zaznamenali najmenší teplotný rozptyl pri použití termostatickej hlavice, ale dochádzalo k permanentnému prekurovaniu priestoru. Pri hysteréznom riadení pozorujeme pri meraní so zatahnutou záclonou tiež nie veľký rozptyl teplôt, čo spôsobilo, že daný priestor sa v tomto meraní úseku schladzoval z prekúrenia predošlého merania s klasickou termostatickou hlavickou. Pri regulačnej stratégii s použitím PI regulátora pozorujeme výraznejší rozptyl teplôt, čo spôsobilo použitie elektrotermickej hlavice, ktorá nám neumožňovala kontinuálne riadenie 0-100%.

5.1.2 Merací bod MB_11

Merací bod MB_11 sa nachádza na ľavej strane miestnosti. Namerané dáta sme zobrazili pomocou grafu Obr. 5.2. Merania PI regulácie s odtiahnutou záclonou má označenie PI_O_MB_11, so zatahnutou záclonou PI_Z_MB_11. Merania hysterézneho riadenia s odtiahnutou záclonou má označenie HS_O_MB_11 a so zatahnutou záclonou HS_Z_MB_11. A merania riadenia vykurovania termostatickou hlavickou sú pri odtiahnutej záclone označené TH_O_MB_11 a so zatahnutou záclonou TH_Z_MB_11.

Pri porovnaní jednotlivých regulačných stratégií sme zaznamenali najmenší teplotný rozptyl pri použití termostatickej hlavice, ale dochádzalo k permanentnému prekurovaniu priestoru. Pri hysteréznom riadení a PI regulácii s použitím termoelektrickej hlavice pozorujeme, veľmi podobný priebeh, tento jav spôsobilo použitie elektrotermickej hlavice, ktorá nám neumožňovala kontinuálne riadenie 0-100%, čím aj PI regulácia sa javila, ako hysterézne riadenie.



Obr. 5.2 Box plot teplôt meracieho bodu MB_7, MB_11 a MB_17

5.1.3 Merací bod MB_17

Merací bod MB_17 sa nachádza na ľavej strane miestnosti. Namerané dáta sme zobrazili pomocou grafu Obr. 5.2. Merania PI regulácie s odtiahnutou záclonou má označenie PI_O_MB_17, so zatiahnutou záclonou PI_Z_MB_17. Merania hysterézneho riadenia s odtiahnutou záclonou má označenie HS_O_MB_17 a so zatiahnutou záclonou HS_Z_MB_17. A merania riadenia vykurovania termostatickou hlavice sú pri odtiahnutej záclone označené TH_O_MB_17 a so zatiahnutou záclonou TH_Z_MB_17.

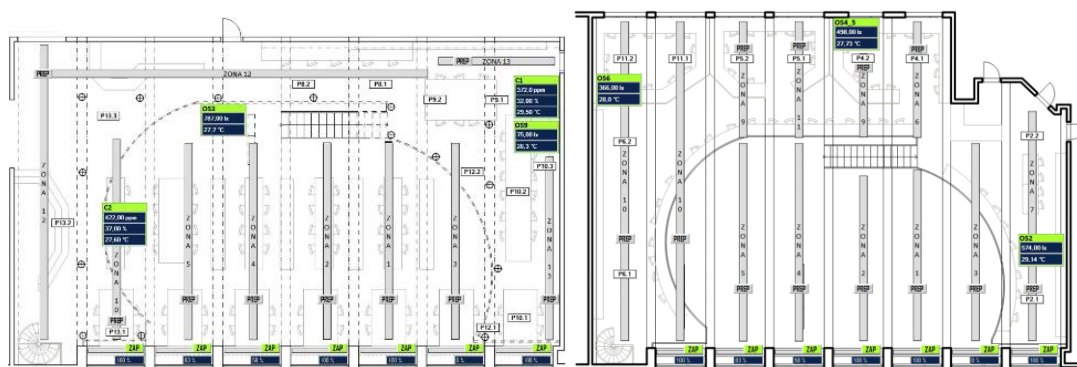
Pri porovnaní jednotlivých regulačných stratégií sme zaznamenali najmenší teplotný rozptyl pri použití termostatickej hlavice, ale dochádzalo k permanentnému prekurovaniu priestoru. Pri hysteréznom riadení a PI regulácii s použitím termoelektrickej hlavice pozorujeme, veľmi podobný priebeh, tento jav spôsobilo použitie elektrotermickej hlavice, ktorá nám neumožňovala kontinuálne riadenie 0-100%, čím aj PI regulácia sa javila, ako hysterézne riadenie.

6 Vývoj softvérového riešenia riadenia intenzity osvetlenia

Pomocou riadiaceho systému sme navrhli riadenie regulácie osvetlenia pomocou tieniacej techniky spolu v synergii s ovládaním osvetlenia. Riadenie sme koncipovali aj s ohľadom na energetickú efektivitu, kedy môže byť svietenie svietidlami pri zatiahnutých žalúziách počas dňa lepšie, ako mať odostreté a pri tom chladiť, aby sa potlačili tepelné zisky slnečného žiarenia. Takýto návrh sme vyhodnotili na základe nameraných údajov intenzity osvetlenia a teploty prostredia. Počas testovacej prevádzky návrhu sme zozbierali a vyhodnotili subjektívne pocity užívateľov priestoru.

6.1 Dispozičné riešenie KIC

Tretie poschodie a balkónová časť na ktorých sa nachádza knižnica a informačné centrum:

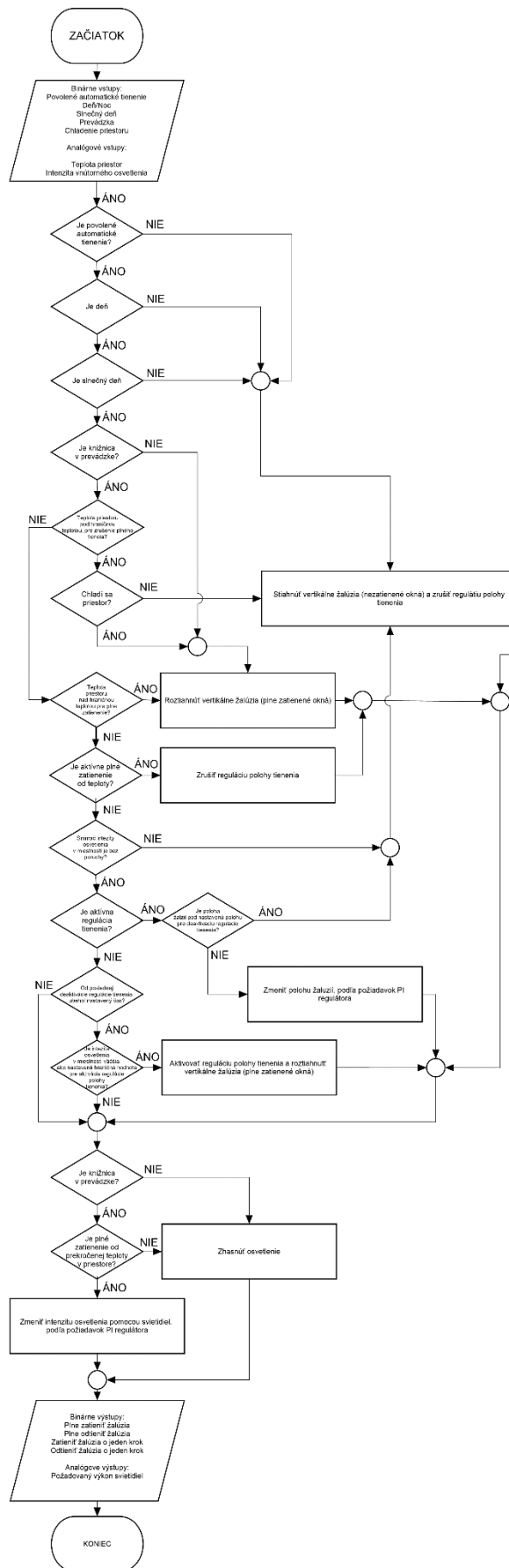


Obr. 6.1 Pôdorysy KIC

6.2 Algoritmus riadiaceho systému

6.2.1 Vývojový diagram

Nakoľko regulácia intenzity osvetlenia s ohľadom na tepelné zisky slnečným žiarením, si vyžadovalo komplexné riešenie. Na tento účel sme spracovali jednotlivé úlohy, ktoré od systému požadujeme pomocou vývojového diagramu. Vývojový diagram nám dáva otázku na nejakú podmienku, z čoho nám vystáva odpoveď, ktorá nám posunie na iný rozhodovací bod, až softvér prejde na koniec a opätovne sa vráti na začiatok a tak neustále dookola.



Obr. 6.2 Vývojový diagram regulácie intenzity osvetlenia

Na základe funkčného diagramu bol zostavený riadiaci program vo vývojevom prostredí Mosaic spoločnosti Teco a.s. a to funkčný blok s názvom „FB_Control_Lx“.

6.2.2 Program funkčného bloku „FB_Control_Lx“

Úlohou funkčného bloku pre riadenie intenzity osvetlenia, je komplexné riadenie zariadení, od tieniacej techniky, až po požadovanú intenzitu osvetlenia. Funkčný blok pozostáva z deklaračnej časti v ktorej sú zadefinované vstupné, vstupno-výstupné, výstupné, statické a vnútorné premenné. Následne z tela programu funkčného bloku.

Program funkčného bloku „FB_Control_Lx“:

```

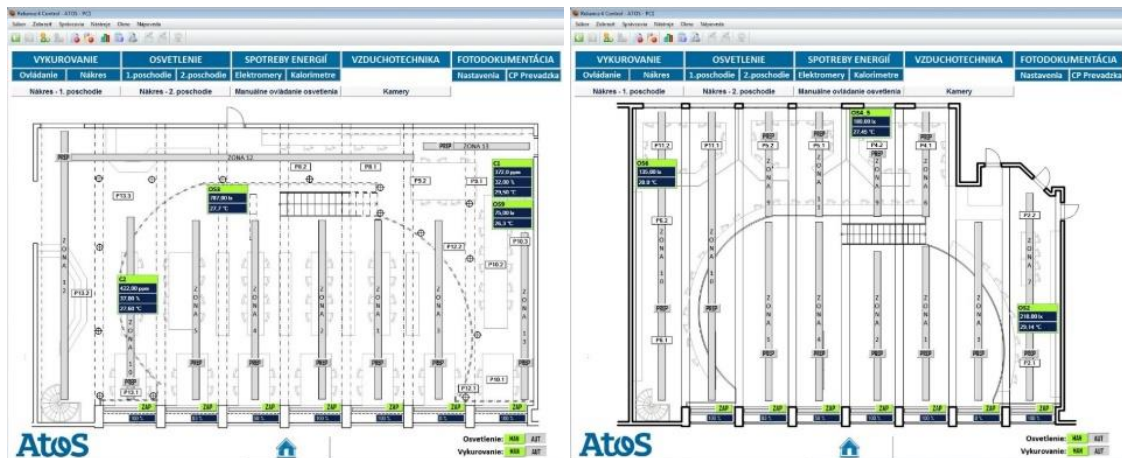
FUNCTION_BLOCK FB_Control_Lx
VAR_INPUT
IN_Enable_Control : BOOL; //Povolenie ovladania
IN_In_Lx : REAL; //Merana intenzita jasú
IN_In_Set_Lx : REAL; //Pozadovana intenzita jasú
IN_In_Hyst_Lx : REAL; //Hystereza povolenia regulacie
IN_Sunnyday : BOOL; //Informacia o slnečnom dni (slnečný den = 1, neslnečný den = 0)
IN_In_Temp : REAL; //Vnútorná teplota miestnosti
IN_In_Set_Temp : REAL; //Pozadovana teplota miestnosti
IN_In_Hyst_Temp : REAL; //Hystereza pozadovanej teploty
IN_tmin_Jalousie : REAL; //Minimalný pulz žaluzii [s]
IN_0_100_Jalousie : REAL; //Cas prechodu žaluzii z 0-100% [s]
IN_Pos_Deakt_Reg_Tien : USINT; //Poloha žaluzii, pri ktorej podkročení dochádza k deaktivácii regulácie tienenia
IN_Time_Blok_Reg_Tien : TIME; //Cas blokovania opatovného regulovania
IN_Err_In_Lx : BOOL; //Porucha vnútorného jasomeru
IN_Cooling_Mod : BOOL; //Mod chladenia = 1
IN_Operation : BOOL; //Prevádzka priestoru
IN_Day : BOOL; //Režim den=1, noc=0
IN_Jal_Full_Window : BOOL; //Žaluzia v polohe cez cele okno
IN_Pulz : BOOL; //Impulz zo systému, pre pulzne ovladany výstup
END_VAR
VAR_OUTPUT
OUT_Pos_Jalousie : REAL; //Percentuálna poloha tienenia
OUT_Perc_Light : REAL; //Pozadovaný výkon svietidiel
OUT_Jal_1P_Zat : BOOL; //Pootčít zatienie žaluzii pulznyi
OUT_Jal_1P_Odt : BOOL; //Pootčít otvorenie žaluzii pulznyi
OUT_Jal_F_Zat : BOOL; //Plne zatienie žaluzii
OUT_Jal_F_Odt : BOOL; //Plne odtienenie žaluzii
END_VAR
VAR_IN_OUT
END_VAR
VAR
FB_RS_Akt_reg_Jal : RS; //SR aktivácia regulácie polohy žaluzii
FB_RS_Temp_F : RS; //Hystereza pre povolenie a ukončenie regulácie od teploty
FB_RS_MAN_PID : RS; //Nastavenie manuálneho režimu PID regulácie žaluzii
FB_RS_OUT_Full_Window : RS; //Nastavenie požiadavky žaluzia cez cele okno
FB_PID_Pos_Jalousie : fbSimplePID; //Regulácia polohy žaluzii
FB_PID_Perc_Light : fbSimplePID; //Regulácia intenzity osvetlenia
FB_Step_Jalousie : fbStepControl; //Krokové ovládanie
FB_TOF_Blok_Tien_Reg : TOF; //Blokovanie znovu regulácie po zrušení regulácie tienenia
FB_R_TRIG_F_Zat : R_TRIG; //Pulz na naběžnú hranu zatienie
FB_R_TRIG_F_Odt : R_TRIG; //Pulz na naběžnú hranu odtienenie
FB_R_TRIG_Full_Window : R_TRIG; //Pulz na žaluzia cez cele okno
FB_R_TRIG_Position : R_TRIG; //Pulz ze poloha regulácie je pod žaluzie cez cele okno
FB_R_TRIG_Full : R_TRIG; //Pulz na zatahnutie okien
END_VAR
VAR_TEMP
TMP_Man_Set_Light : REAL; //Pozadovana poloha v manuálnom režime
TMP_Man_Set_Jalousie : REAL; //Pozadovana poloha v manuálnom režime
TMP_F_Zat_Temp : BOOL; //Plne zatienie od teploty
TMP_Pov_Odt_Temp : BOOL; //Povolenie odtienovania žaluzii
TMP_Pov_Reg_Tien : BOOL; //Povolenie regulácie tienenia
TMP_Zrus_Reg_Tien : BOOL; //Zrusenie regulácie tienenia
TMP_Man_PID_Light : BOOL; //Manuálny režim PID svetiel
TMP_Man_PID_Jalousie : BOOL; //Manuálny režim PID žaluzii
TMP_Zrus_reg_Tien_SR : BOOL; //Zrusenie regulácie tienenia
TMP_S : BOOL; //Set FB_SR
TMP_R : BOOL; //Reset FB_SR
TMP_R_Puls_500ms : BOOL; //Pulz 500ms 1 cyklov
END_VAR
//Zatienie od prekročenej teploty
TMP_F_Zat_Temp := (IN_In_Temp > (IN_In_Set_Temp + (IN_In_Hyst_Temp/2))) AND
IN_Sunnyday AND IN_Day;
TMP_Pov_Odt_Temp := ((IN_In_Temp < (IN_In_Set_Temp - (IN_In_Hyst_Temp/2)))
AND NOT(IN_Cooling_Mod)) OR NOT(IN_Day) OR NOT(IN_Sunnyday) OR
(NOT(IN_Enable_Control) AND NOT(TMP_F_Zat_Temp));
FB_RS_Temp_F(S := TMP_F_Zat_Temp, R1 := TMP_Pov_Odt_Temp);
//Povolenie regulácie tienenia
TMP_Pov_Reg_Tien := (IN_In_Lx > (IN_In_Set_Lx + IN_In_Hyst_Lx)) AND IN_Day AND
NOT(FB_RS_Temp_F.Q1) AND IN_Enable_Control;
FB_R_TRIG_Position(CLK := (FB_PID_Pos_Jalousie.u <
USINT_TO_REAL(IN_Pos_Deakt_Reg_Tien)));
TMP_Zrus_Reg_Tien := NOT(IN_Day) OR FB_R_TRIG_Position.Q OR
FB_RS_Temp_F.Q1 OR IN_Err_In_Lx AND NOT(IN_Enable_Control);
FB_TOF_Blok_Tien_Reg(IN := TMP_Zrus_Reg_Tien, PT := IN_Time_Blok_Reg_Tien);
TMP_Zrus_reg_Tien_SR := TMP_Zrus_Reg_Tien OR FB_TOF_Blok_Tien_Reg.Q OR
NOT(IN_Enable_Control);
FB_RS_Akt_reg_Jal(S := TMP_Pov_Reg_Tien, R1 := TMP_Zrus_reg_Tien_SR);
//Povel na žaluzie cez cele okno
FB_R_TRIG_Full(CLK := FB_RS_Akt_reg_Jal.Q1);
TMP_R := IN_Jal_Full_Window OR NOT(IN_Enable_Control);
FB_RS_OUT_Full_Window(S := FB_R_TRIG_Full.Q, R1 := TMP_R);
//Žaluzia cez cele okno pulz
FB_R_TRIG_Full_Window(CLK := (IN_Jal_Full_Window AND NOT(FB_RS_Temp_F.Q1))
AND IN_Enable_Control);
TMP_S := TMP_Zrus_Reg_Tien OR NOT(IN_Enable_Control);
TMP_R := (FB_R_TRIG_Full_Window.Q AND FB_RS_Akt_reg_Jal.Q1 AND
IN_Enable_Control);
FB_RS_MAN_PID(S := TMP_S, R1 := TMP_R);
IF FB_RS_OUT_Full_Window.Q1 THEN
TMP_Man_Set_Jalousie := 100.0;
ELSE
TMP_Man_Set_Jalousie := 0.0;
END_IF;
TMP_Man_PID_Jalousie := FB_RS_MAN_PID.Q1; // OR FB_R_TRIG_Full_Window.Q;
FB_PID_Pos_Jalousie(y := IN_In_Set_Lx, w := IN_In_Lx, u_man :=
TMP_Man_Set_Jalousie, min_u := 0.0, max_u := 100.0, Gain := 1.0, Ti := 300.0, Td := 0.0,
T := 10.0, Tf := 1.0, dz := 30.0, manual :=
TMP_Man_PID_Jalousie, u => OUT_Pos_Jalousie);
FB_Step_Jalousie(Pos := OUT_Pos_Jalousie, PosVel := FB_PID_Pos_Jalousie.uvel,
t0100 := IN_0_100_Jalousie, tmin := IN_tmin_Jalousie, t01min := 2.0);
OUT_Jal_1P_Zat := FB_Step_Jalousie.Open AND IN_Pulz AND IN_Enable_Control
AND NOT(FB_RS_OUT_Full_Window.Q1);
OUT_Jal_1P_Odt := FB_Step_Jalousie.Close AND IN_Pulz AND IN_Enable_Control
AND NOT(OUT_Pos_Jalousie = 0.0);
//Regulácia osvetlenia
TMP_Man_PID_Light := (NOT(FB_RS_Temp_F.Q1) OR NOT(IN_Day)) AND
NOT(IN_Operation) OR IN_Err_In_Lx OR NOT(IN_Enable_Control) OR
FB_RS_Akt_reg_Jal.Q1;
TMP_Man_Set_Light := 0.0;
FB_PID_Perc_Light(y := IN_In_Lx, w := IN_In_Set_Lx, u_man :=
TMP_Man_Set_Light, min_u := 0.0, max_u := 100.0, Gain := 0.5, Ti := 300.0, Td := 0.0, T
:= 10.0, Tf := 1.0, dz := 30.0, manual := TMP_Man_PID_Light, u =>
OUT_Perc_Light);
//Plne zatienie
FB_R_TRIG_F_Zat(CLK := FB_RS_Temp_F.Q1 OR FB_RS_OUT_Full_Window.Q1);
OUT_Jal_F_Zat := FB_R_TRIG_F_Zat.Q AND IN_Enable_Control;
//Plne odtienenie
FB_R_TRIG_F_Odt(CLK := NOT(IN_Day) OR NOT(IN_Operation) OR
NOT(FB_RS_Akt_reg_Jal.Q1) AND NOT(FB_RS_Temp_F.Q1));
OUT_Jal_F_Odt := FB_R_TRIG_F_Odt.Q AND IN_Enable_Control;
END_FUNCTION_BLOCK

```

6.2.3 Uživateľské rozhranie – vizualizácia Reliance

Reliance je softvér, ktorý patrí do kategórie Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) a Human–Machine Interface (HMI) a je určený pre vizualizáciu, monitorovanie a

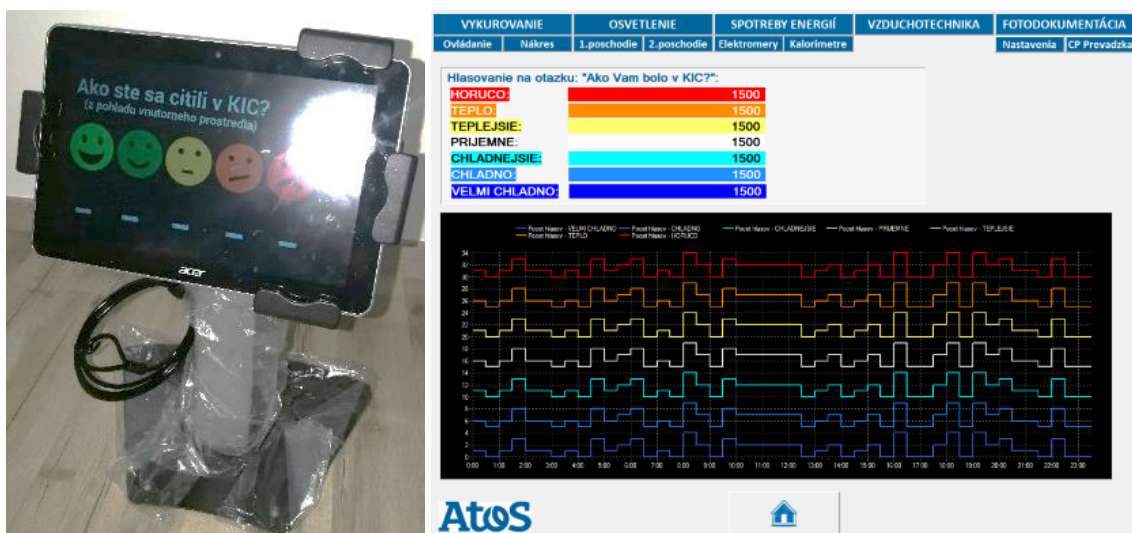
ovládanie technológií. V softvéri Reliance sme modifikovali existujúcu vizualizáciu do podoby Obr. 6.3. Na obrazovkách sú rozmiestnené jednotlivé zariadenia a snímače podľa fyzického rozloženia s možnosťou ovládania v ručnom režime.



Obr. 6.3 Obrazovka Reliance KIC

6.2.4 Systém automatizovanej ankety

Pre potreby zberu názorov užívateľov, ako sa cítia v knižnici a informačnom centre bolo vytvorené webové rozhranie, bežiacie na webovom serveri riadiaceho systému. Ako hardvér užívateľského rozhrania, cez ktorý je možné hlasovať bol zvolený tablet, ktorý sa umiestnil do špeciálneho stojana, aby bolo zabránené jeho odcudzeniu. Nazbierané dáta sa archivujú priamo v PLC a vo vizualizačnom softvéri Reliance.



Obr. 6.4 Automatizovaný anketný systém, užívateľské rozhranie pomocou tabletu a zber dát automatizovaného anketného systému pomocou softvéru Reliance

Softvér, ktorý sme vytvorili pre riadenie intenzity osvetlenia nebolo možné testovať na reálnom systéme, nakoľko práve v čase vývoja a nasadenia sa rozšírila epidémia koronavírusu, dôsledku čoho došlo k uzatvoreniu fakulty a knižničného a informačného centra. Z uvedeného dôvodu sme program riadenia odlaďovali len na simulačnom PLC vývojového prostredia.

7 Odporúčania

7.1 Odporúčania pre ďalší rozvoj vedy a techniky

7.1.1 Centralizovaný zber dát

Takto získané dáta by mohli byť vstupnými dátami pre zmenu požadovaných parametrov vnútorného prostredia na základe priamej interakcie užívateľov. Čo by vytváralo systém, priamo komunikujúci s ľuďmi, veľmi jednoduchou a efektívnou cestou. Keďže prioritný cieľ riadiacich systémov v budovách je vytvárať zdravé prostredie, tak tejto oblasti je nevyhnutné venovať veľkú pozornosť vedy a techniky.

7.1.2 Interakcia a autonómnosť systémov

Skúmať vzájomnú interakciu systémov, hľadať cesty pre nové informácie, ich spracovanie a definovanie reakcií. Podiel inteligentných budov v čase bude stále pribúdať, preto je potrebné ich zlepšovať a zvyšovať autonómnosť systémov, tak aby sa maximalizoval komfort človeka, ako jednotky, pre ktorú sa to robí. Odporúčania pre spoločenskú prax

7.1.3 Synergické riadenie

Hlavnou úlohou budov je zabezpečiť komfortné, zdravé a bezpečné prostredie jej užívateľom. Z uvedeného nám vyplýva, že v budovách je potrebné zabezpečiť adekvátne vetranie, tepelnú pohodu a iné. To sa v budovách bežne aj deje, na čo sa používajú riadiace systémy.

7.1.4 Inteligencia budov

Vysvetlenie prečo nie je v našich zemepisných šírkach väčší tlak na zvyšovanie inteligencie budov, ak ich bežná prevádzka má nepriaznivý finančný vplyv na náklady za prevádzku budov a je to menej prospešné pre životné prostredie, je v tom, že naše budovy fungujú tak, aké nároky majú ich užívatelia. Ak zhodnotíme, že ku koncu roka 2017 bolo len v Bratislave 1,72 milióna štvorcových metrov kancelárskych priestorov a z toho až 59 percent boli priestory v najvyššom štandarde A, a pritom z celkovej ponuky malo len 31 percent certifikát zelenej, teda trvalo udržateľnej budovy, buď LEED alebo BREEAM. Zmysel týchto certifikátov má nespochybniteľnú hodnotu, ale hodnotia budovu ako celok, v tomto priestore, by bolo vhodné hodnotenie budov, z pohľadu ich „inteligencie“. Inteligentných budov je v súčasnosti pomerne dosť, ale málo, aby vedeli obslúžiť aj také problémy, ako sme popísali v kapitole 7.2.2. Na to, aby vedeli čeliť aj týmto problémom, by museli byť jednotlivé zónové regulátory zosieťované s centrálnym riadiacim systémom. Jednotlivé priestory, by kvôli riadeniu osvetlenia, museli byť vybavené snímačmi intenzity osvetlenia, prítomnosti a iné. Informácie z dochádzkového systému, by museli byť k dispozícii riadiacemu systému.

8 Literatúra

- [1] „International Energy Agency,“ International Energy Agency, [Online]. Available: <https://www.iea.org/>.
- [2] International Energy Agency, „Energy efficiency 2017,“ International Energy Agency, 2017.
- [3] Fundación Chile, „Preliminary market analysis for refrigerators in Chile,“ 2016, Santiago, Chile.
- [4] IEA Energy in Buildings and Communities Technical Collaboration Programme, „OECD/IEA,“ Paris, 2017.

- [5] Smernica EP a Rady č. 2010/31/EU, „Smernica EP a Rady č. 2010/31/EU zo dňa 19. mája 2010 o energetickej náročnosti budov (prepracovanie).“, 19. mája 2010. [Online].
- [6] P. Ing. Stanislav Števo, Marec 2012. [Online]. Available: http://www.stevo.szm.com/papers/2012/ES_3_STEVO-2.pdf.
- [7] COMET SYSTEM, s.r.o., „Záznamník teploty, vlhkosti a CO2 s vestavěnými čidly“, COMET SYSTEM, s.r.o., Rožnov pod Radhoštěm.
- [8] COMET SYSTEM, s.r.o., „Záznamník teploty, vlhkosti a CO2 s vestavěnými čidly - oficiální webová stránka“, COMET SYSTEM, s.r.o., [Online]. Available: <https://www.cometsystem.cz/produkty/zaznamnik-teploty-vlhkosti-a-co2-s-vestavenymi-cidly/reg-u3430>.
- [9] COMET SYSTEM, s.r.o., Teploměr s vnitřním čidlem, Rožnov pod Radhoštěm: COMET SYSTEM, s.r.o..
- [10] COMET SYSTEM, s.r.o., „Teploměr s vnitřním čidlem - oficiální webová stránka“, COMET SYSTEM, s.r.o., [Online]. Available: <https://www.cometsystem.cz/produkty/teplomer-s-vnitrnim-cidlem/reg-r0110>.
- [11] COMET SYSTEM, s.r.o., „Thermometer - Temperature Data Logger“, COMET SYSTEM, s.r.o., [Online]. Available: <https://www.comet-sensors.ch/german/temperature-dataloggers.htm>.
- [12] COMET SYSTEM, s.r.o., Teploměr-vlhkoměr, Rožnov pod Radhoštěm: COMET SYSTEM, s.r.o..
- [13] COMET SYSTEM, s.r.o., „Teploměr-vlhkoměr - oficiální stránka“, COMET SYSTEM, s.r.o., [Online]. Available: <https://www.cometsystem.cz/produkty/reg-s3120>.
- [14] TR instruments spol. s r.o., „Teplomer, vlhkomer so záznamom COMET S3120“, TR instruments spol. s r.o., [Online]. Available: <http://www.meraciepristroje.sk/teplomer-vlhkomer-so-zaznamom-comet-s3120>.
- [15] TR instruments spol. s r.o., „Teplomer, vlhkomer s 2 vstupmi 0-5V záznamom COMET S3541“, TR instruments spol. s r.o., [Online]. Available: <http://www.meraciepristroje.sk/s3541>.
- [16] COMET SYSTEM, s.r.o., Univerzální monitorovací systém s m ící úst ednou MS5 , MS5, Rožnov pod Radhoštěm: COMET SYSTEM, s.r.o..
- [17] TR instruments spol. s r.o., „Měřicí ústředna COMET MS5D“, TR instruments spol. s r.o., [Online]. Available: <http://www.trinstruments.cz/merici-ustredna-comet-ms5d>.
- [18] MICRONIX, spol. s r.o., „Měřič CO2 LUTRON MCH-383SD“, MICRONIX, spol. s r.o., [Online]. Available: <https://eshop.micronix.cz/merici-technika/neelektricke-veliciny/teplota-a-vlhkost/vlhkomery-s-teplomerem/se-zaznamem/lutron-mch-383sd.html>.
- [19] LUTRON ELECTRONIC ENTERPRISE CO., LTD., CO2 /HUMIDITY/TEMP. MONITOR, Taipei: LUTRON ELECTRONIC ENTERPRISE CO., LTD..
- [20] Teco a.s., „MODULY ŘADY CFOX ZÁKLADNÍ DOKUMENTACE MODULU C-IT-0200R-Design“, Teco a.s., Október 2012. [Online]. Available: https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv13320_01_cfox_c-it-0200r_cz.
- [21] Teco a.s., „C-IT-0200R-Design“, Teco a.s., [Online]. Available: <https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-c-it-0200r-design>.
- [22] Teco a.s., „C-RQ-0600“, Teco a.s., [Online]. Available: https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv13361_00_cfox_c-rq-0600_cz_en.
- [23] EMEA Gateway, „C-RQ-0600R-CHT-Logus-Zak“, EMEA Gateway, [Online]. Available: <http://emeagateway.eu/sklep/crq0600rchtloguszak-p-869.html>.
- [24] Teco a.s., „CFox C-RI-0401R“, Teco a.s., [Online]. Available: https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv13347-01_00_cfox_c-ri-0401r_cz_en.

Publikačná činnosť

ADE Vedecké práce v odborných zahraničných časopisoch

ADE01 Slodičák, Bohumil, Vliv regulačních metod vytápění na tepelnou pohodu, TZB Haustechnik, 14. ročník, 3 (2020), s. 13-16. ISSN: 1803-4802

ADF Vedecké práce v odborných domácich časopisoch

ADF01 Slodičák, Bohumil, Kategorizácia vnútorného prostredia KIC na SvF STU v letnom období, TZB Haustechnik, 27. ročník, 5 (2019), s. 44-47. ISSN: 1210-356X

BDE Odborné práce v ostatných zahraničných časopisoch

BDE01 Slodičák, Bohumil, Řízení vytápění v inteligentní domácnosti, TZB Haustechnik, 13. ročník, 3 (2019), s. 12-13. ISSN: 1803 – 4802

BDF Odborné práce v ostatných domácich časopisoch

BDF01 Slodičák, Bohumil, Krízová kontrola merania a regulácie, iDB Journal, 4. ročník, 1 (2014), s. 7-8. ISSN: 1338-3337, 1338-3379

BDF02 Slodičák, Bohumil, Skúsenosti s akumuláčnými zásobníkmi, iDB Journal, 4. ročník, 6 (2014), s. 24-25. ISSN: 1338-3337, 1338-3379

BDF03 Slodičák, Bohumil, MaR od vzniku po dospelosť budovy, TZB Haustechnik, 13. ročník, 5 (2015), s. 30. ISSN: 1210-356X

BDF04 Slodičák, Bohumil, Anketa: Meranie a regulácia, TZB Haustechnik, 13. ročník, 5 (2015), s. 32-34. ISSN: 1210-356X

BDF05 Slodičák, Bohumil, Optimalizácia energetických úspor pri prevádzke budov, iDB Journal, 5. ročník, 6 (2015), s. 24-25. ISSN: 1338-3337, 1338-3379

BDF06 Slodičák, Bohumil, MaR v kancelárskych budovách na Slovensku, TZB Haustechnik, 27. ročník, 5 (2019), s. 44-47. ISSN: 1210-356X

BDF07 Slodičák Bohumil- Konečný, Maroš- Baršovský, Michal- Adamík, Michal, Riadenie technológie tunelov Ovčiarsko a Žilina, I. časť, Inžinierske stavby, 67. ročník, 5 (2019), s. 42-45. ISSN: 1335-0846

BDF08 Slodičák Bohumil- Konečný, Maroš- Burík, Jozef- Baršovský, Michal- Adamík, Michal, Riadenie technológie tunelov Ovčiarsko a Žilina, II. časť, Inžinierske stavby, 67. ročník, 6 (2019), s. 62-64. ISSN: 1335-0846

AFD Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách

AFD01 Slodičák, Bohumil, Krízová kontrola merania a regulácie, Facility management 2013: Zborník z prednášok 11. vedecko-odbornej konferencie so zahraničnou účasťou. Bratislava, SR, 1.-2.10.2013. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2013, 141 strán. ISBN: 978-80-89216-57-4.

AFD02 Slodičák, Bohumil, Skúsenosti s akumuláčnými zásobníkmi, Facility management 2014: Zborník z prednášok 12. vedecko-odbornej konferencie so zahraničnou účasťou. Štrbské Pleso, SR, 30.9.-1.10.2014. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2014, CD-ROM, s. 101-104, 131 strán. ISBN: 978-80-89216-65-9.

- AFD03 Slodičák, Bohumil, Optimalizácia energetických úspor pri prevádzke budov, Facility management 2015: Zborník z prednášok 13. vedecko-odbornej konferencie so zahraničnou účasťou. Štrbské Pleso, SR, 6.-7.10.2015. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2015, 145 strán. ISBN: 978-80-89216-78-9.
- AFD04 Slodičák, Bohumil, Vykurovanie: Čo by na to povedal Baťa?, Vykurovanie 2016: Zborník z prednášok 24. medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie. Stará Ľubovňa, SR, 7.-11.3.2016. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2016, CD-ROM, s.115-118, 519 strán.
ISBN: 978-80-89216-87-1.
- AFD05 Slodičák, Bohumil, Optimalizácia energetických procesov počas prevádzky ÚVTOS a ÚVV Leopoldov, Energetický manažment 2016: Zborník z prednášok vedecko-odbornej konferencie. Štrbské Pleso, SR, 18.-19.4.2016. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2016, CD-ROM, 123 strán. ISBN: 978-80-898216-89-5.
- AFD06 Slodičák, Bohumil, Akumulácia chýb, až k FATAL ERROR-u, Facility management 2016: Zborník z prednášok 14. vedecko-odbornej konferencie so zahraničnou účasťou. Štrbské Pleso, SR, 6.-7.10.2016. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2016, s. 105-108, 115 strán.
ISBN: 978-80-89216-98-7.
- AFD07 Slodičák, Bohumil, Softvérové riadenie osvetlenia v tuneloch Svrčinovec a Poľana, Energetický manažment 2018: Zborník prednášok zo 4. vedecko-odbornej konferencie. Štrbské Pleso, SR, 19.-20.3.2018. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2018, CD-ROM, s. 117-121, 166 strán. ISBN: 978-80-89878-22-2.
- AFD08 Slodičák, Bohumil, Automatizačné systémy v inteligentných budovách, Facility management 2018: Zborník z prednášok 16. vedecko-odbornej konferencie so zahraničnou účasťou. Štrbské Pleso, SR, 1.-2.10.2018. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2018, s. 75-78, 100 strán. ISBN: 978-80-89878-27-7.
- AFD09 Slodičák, Bohumil, Riadenie obnoviteľných zdrojov v malých kotolniach, Vykurovanie 2018: Zborník z prednášok 26. medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie. Podbanské, SR, 12.-16.2.2018. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2018, CD-ROM, s. 363-365, 487 strán. ISBN: 978-80-89878-20-8.
- AFD10 Slodičák, Bohumil, Optimalizácia prevádzky knižnice a informačného centra, Facility management 2019: Zborník z prednášok 17. vedecko-odbornej konferencie so zahraničnou účasťou. Štrbské Pleso, SR, . 30.9.-1.10.2019. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2019, CD-ROM, s. 77-81, 131 strán. ISBN: 978-80-89878-46-8.
- AFD11 Slodičák, Bohumil, Riadenie vykurovania v inteligentnej domácnosti, Vykurovanie 2019: Zborník z prednášok 27. medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie. Podbanské, SR, 1.-5.4.2019. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2019, CD-ROM, s. 369-372, 481 strán. ISBN: 978-80-89878-42-0.
- AFD12 Slodičák, Bohumil, Vplyv regulačných metód vykurovania na tepelnú pohodu, Vykurovanie 2020: Zborník z prednášok 28. medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie. Podbanské, SR, 10.-14.2.2020. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2019, CD-ROM, s. 293-298, 419 strán. ISBN: 978-80-89878-58-1.