

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Bakalářská práce

**Návrh zlepšení systému řízení prostředí ve vybraném
objektu**

Josef Vávra, DiS.

© 2019 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Josef Vávra, DiS.

Veřejná správa a regionální rozvoj

Název práce

Návrh zlepšení systému řízení prostředí ve vybraném objektu

Název anglicky

Proposal to improve the environment management system in selected building

Cíle práce

Bakalářská práce je zaměřená na problematiku řízení systému prostředí ve vybraném objektu. Hlavním cílem práce je analýza vylepšení systému řízení prostředí.

Dílní cíle bakalářské práce jsou:

- analýza stávajícího systému
- zhodnocení současného stavu
- analýza dostupných prvků pro zefektivnění systému
- formulace závěrů a doporučení

Metodika

Metodika řešené problematiky bakalářské práce je založena na studiu a analýze odborných informačních zdrojů. Vlastní řešení je realizováno formou návrhu a implementace vylepšení systému řízení prostředí pro vybraný objekt. Na základě syntézy teoretických poznatků a výsledků praktické části práce budou formulovány závěry bakalářské práce.

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

Internet věcí, IoT,

Doporučené zdroje informací

Internet of Things – Global Technological and Societal Trends from Smart Environments and Spaces to Green Ict, edited by Ovidiu Vermesan, and Peter Friess, River Publishers, 2011. ProQuest Ebook Central,

<https://ebookcentral-proquest-com.infozdroje.czu.cz/lib/czup/detail.action?docID=3400141>.

MÜLLER, Stefan. Internet of Things (IoT). 26. říjen 2016. Deutschland: Books on Demand, 2016. ISBN 9783741276606.

SINCLAIR, Bruce. IoT Inc: how your company can use the internet of things to win in the outcome economy. New York: McGraw-Hill Education, [2017]. ISBN 9781260025897.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Alexandr Vasilenko, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 19. 9. 2018

Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2018

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 27. 12. 2018

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Návrh zlepšení systému řízení prostředí ve vybraném objektu“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 27. 11. 2019

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé práce Ing. Alexandru Vasilenkovi, Ph.D. za to, že mi poskytl možnost tuto práci vypracovat, za jeho odborné a neocenitelné rady, které mi při zpracování této práce pomohly. Dále bych rád poděkoval všem, kteří mě v průběhu psaní práce podporovali, hlavně mé rodině.

Návrh zlepšení systému řízení prostředí ve vybraném objektu

Abstrakt

V této bakalářské práci jsem se zaměřil na problematiku kvality vnitřního prostředí ve vybraném objektu, vliv vnitřního prostředí na zdraví člověka a jeho aktivitu. Ke sledování hodnot v prostředí bylo vybráno sofistikovaného senzoru, který vyniká svou kvalitou měření a precizním zpracováním. Hlavní sledovaná veličina je oxid uhličitý CO₂. Komunikace senzoru je řešena prostřednictvím sítě Internetu věcí (IoT). Problematika regulace hodnot oxidu uhličitého v místnosti je řešena výběrem kvalitní ventilační jednotky s možností napojení na požadovanou síť Internetu věcí. Při návrhu zlepšení systému byl zohledněn charakter budovy a dostupné IoT technologie v okolí.

Klíčová slova: IoT, teplota, prostředí, oxid uhličitý, regulace, systém řízení.

Proposal to improve the environment management system in selected building

Abstract

In this bachelor thesis I focused on the quality of the internal environment in the selected object. Influence of internal environment on human health and its activity. A sophisticated sensor has been chosen for monitoring the values in the environment, which excels in quality of measurement and precise processing. The main monitored variable is carbon dioxide CO₂. Sensor communication is handled via the Internet of Things (IoT). The issue of regulation of carbon dioxide values in the room is solved by selecting a quality ventilation unit with the possibility of connection to the required network of the Internet of Things. The design of the system improvement took into account the nature of the building and the available IoT technology in the area.

Keywords: IoT, temperature, environment, carbon dioxide, regulation, control system.

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Cíl práce a metodika	11
2.1 Cíl práce	11
2.2 Metodika	11
3 Teoretická východiska	12
3.1 Internet věcí (IoT)	12
3.2 IQRF Technologie.....	16
3.3 Řídicí systémy.....	18
3.4 Vnitřní prostředí	19
4 Vlastní práce	24
4.1 Aktuální stav budovy a systému řízení	24
4.2 Zhodnocení současného stavu.....	30
4.3 SWOT analýza dostupných prvků pro zefektivnění systému	31
4.4 Návrh zlepšení systému řízení prostředí	39
5 Výsledky a diskuse	41
6 Závěr.....	44
Seznam použitých zdrojů	45

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Internet věcí (Obr1).....	12
Obrázek 2 - IoT v zemědělství (Obr2).....	13
Obrázek 3 - Volba komunikačního systému podle potřebného přenosového dosahu. (Obr3)	14
Obrázek 4 - Vytváření internetu a inteligentních prostředí. (Obr4)	16
Obrázek 5 - IQRF Transceiver (vlastní zpracování).....	17
Obrázek 6 - historické foto VOŠ a SPŠ, Jičín (Obr6)	24
Obrázek 7 - Grafické znázornění výpisu teplot v objektu, systém DIRC (vlastní zpracování).....	25
Obrázek 8 - Prostředí systému individuální regulace místností – DIRC (vlastní zpracování)	25
Obrázek 9 - Menu – sw DIRC (vlastní zpracování)	26
Obrázek 10 - Skupiny, sw DIRC (vlastní zpracování)	26
Obrázek 11 - harmonogram aperiodických požadavků, sw DIRC (vlastní zpracování)	27
Obrázek 12 - parametry místnosti, sw DIRC (vlastní zpracování).....	28
Obrázek 13 - tabulka teplot sw DIRC (vlastní zpracování).....	29
Obrázek 14 - Monitorovací data zóny, sw DIRC (vlastní zpracování)	29
Obrázek 15 - Protronix NLII-CO ₂ +RH+T-IQRF (Obr6)	32
Obrázek 16 - senzor AirQS-100 (Obr16)	33
Obrázek 17 - detektor CO ₂ Typ HT-501 (Obr17).....	34
Obrázek 18 - Hardwario Cooper IQ multisenzor (Obr18).....	35
Obrázek 19 - Smarwi - chytré otevírání oken (Obr19).....	36
Obrázek 20 - Zehnder ComfoAir 70 (Obr20).....	37
Obrázek 21 - Venus Ready (Obr21)	38
Obrázek 22 - Princip komunikace v návrhu systému řízení (vlastní zpracování)	40

Seznam tabulek

Tabulka 1 - účinky koncentrace CO ₂	19
Tabulka 2 - Příklady hladin akustického tlaku	23
Tabulka 3 - Sledované hodnoty navrženého systému.....	41
Tabulka 4 - Ekonomické zhodnocení	42

1 Úvod

Tato bakalářská práce se zaměřuje na sledování hodnot v prostředí vybrané budovy, konkrétně budovy VOŠ a SPŠ, Jičín. Cílem práce je navrhnout vhodný systém řízení prostředí, tak aby došlo ke zlepšení podmínek pro lidi.

Prostředí nelze posuzovat jen podle jedné veličiny, jak tomu často bývá. Nelze řešit pouze teplotu v místnosti. Na útulnost prostředí má vliv mnoho veličin, kromě již zmíněné teploty například vlhkost, intenzita osvětlení, kvalita vzduchu, hluk a další. Prostředí, ve kterém pobýváme, má velký vliv na náš zdravotní stav či výkon při studiu. V bakalářské práci se proto zaměříme na kvalitu vzduchu, který v objektu dýcháme a bezprostředně na nás působí.

Rozvojem informačních technologií a minimalizací zařízení se staly v dnešní době mnohé technologie dostupnější, levnější a tím i použitelnější pro využití i v menších objektech. Velkou zásluhu na tomto jevu má i čím dál větší zastoupení specifického odvětví v IT a to tzv. „Internet věcí“ (IoT), který za posledních pár let získal na oblibě a je do něj vkládán velký potenciál do budoucna. Internet věcí je jeden ze stěžejních kamenů pro průmysl 4.0. To napomáhá možnosti výběru, na trhu je mnoho výrobců zařízení. Někteří výrobci se spojují do takzvaných aliancí a sdílí mezi sebou své technologie. Tímto soužitím jsou schopni konkurovat nadnárodním společnostem, zároveň jim to přináší jistou volnost ve vývoji a v konečném výsledku i nižší cenu pro spotřebitele.

Výběr vhodného zařízení pro sledování kvality vzduchu v místnosti je prioritní a je potřeba mu věnovat pozornost. Studium parametrů zařízení zabývajících se kvalitou vzduchu se výběr značně ztížil. Nestačí si vybrat jakékoliv čidlo na oxid uhličitý (CO_2), je nutné zjistit jeho rozsah a princip měření, je vhodné, aby senzor měl funkci VOC – sledování hodnot těkavých organických látek. I tyto látky dýcháme a mají na naši aktivitu a zdraví vliv.

Výběr vhodného zařízení pro regulaci množství látek v ovzduší je též důležité téma. V práci se proto pokusíme vybrat vhodnou technologii regulace s dostatečnou efektivitou výměny vzduchu v místnosti, ideální pro vybranou budovu. Je potřeba aby dané řešení bylo schopné komunikovat s vybranými prvky IoT komunikace. Výběr vhodného zařízení pro regulaci množství látek v ovzduší je též důležité téma. V tomto směru je cílem vybrat vhodnou technologii regulace s dostatečnou efektivitou výměny vzduchu v místnosti. Je potřeba aby dané řešení bylo schopné komunikovat s vybranými prvky IoT komunikace. To vše bude bráno na zřetel při výběru kvalitního řešení pro systém řízení.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem práce je analýza vylepšení systému řízení prostředí. Prvním krokem práce bude prostudování stávajícího systému řízení prostředí jeho funkčnosti a efektivnosti. Po důkladné analýze stávajícího systému zhodnotíme jeho současný stav a možné napojení na další systémy řízení prostředí.

Dále bude provedena analýza dostupného systému, nebo dílčích prvků pro zefektivnění systému, které dnešní trh nabízí. Návrh bude následně zhodnocen z různých hledisek. Pro lepší představu lze práci rozdělit na několik dílčích témat:

- IoT technologie vhodné pro řešení dané problematiky v systému řízení pro vnitřní prostředí,
- problematika prostředí v budovách,
- analýza stávajícího systému, jeho funkčnosti a návaznost na jiný systém,
- zhodnocení současného stavu systému řízení,
- analýza dostupných prvků pro zefektivnění systému.

2.2 Metodika

V teoretické části se budeme zabývat tématem Internet věcí (IoT). Toto téma vysvětlíme a uvedeme jeho potenciál pro tuto práci i pro budoucnost Informačních technologií. Navazovat na toto téma bude IQRF technologie, která s IoT úzce spolupracuje. Dále budeme charakterizovat řídicí systémy a jejich rozdělení. V závěrečném oddílu teoretické části se budeme věnovat vnitřnímu prostředí. Obrátíme pozornost na to, které veličiny ho definují a jak působí na lidský organismus.

V praktické části se v první řadě zaměříme na stávající stav systému řízení v objektu. Bude provedena jeho analýza funkčnosti, nastíněn princip řízení a ovládání s následným vyhodnocením. Dále budeme analyzovat dostupné prvky pro vylepšení stávajícího systému řízení. Budou nastolena a popsána kritéria pro hledané prvky. V závěrečném oddílu praktické části v návrhu řešení bude výběr prvků pro daný systém opodstatněn.

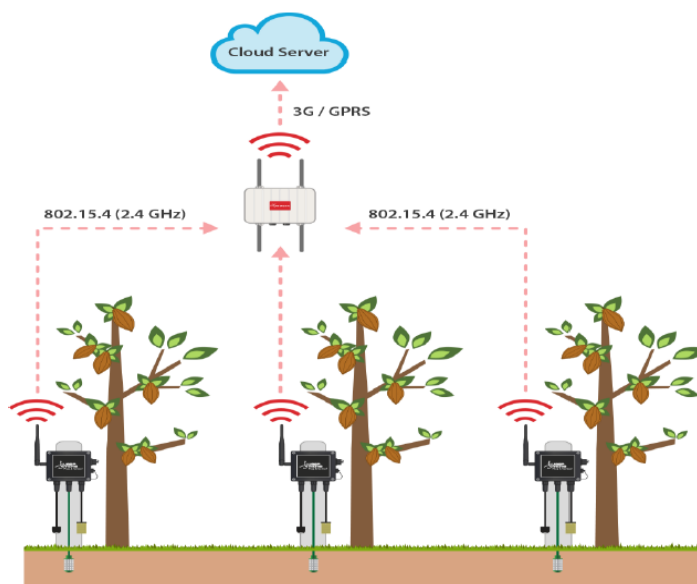
Závěrem práce bude schnutí celé problematiky návrhu systému řízení, řešení problémových částí návrhu a jejich následná řešení.

3.1.2 Snímání a sběr dat

Zařízení, která jsou připojena do IoT infrastruktury, využívají jeden, nebo více senzorů pro snímání fyzikálních veličin a událostí v prostředí. Každý senzor monitoruje specifické podmínky, jako jsou umístění (geografická lokace, poloha v prostoru), vibrace, pohyb, teplotu a mnoho dalších.

V rámci internetu věcí se tyto senzory navzájem propojují a vytváří komplexní systémy, které s pomocí sofistikované aplikační logiky dokážou pochopit, nebo prezentovat informace ze snímačů. Tyto snímače poskytují lidem, nové informace o reálném světě, ve kterém žijeme. (1, 3)

3.1.3 Princip komunikace IOT a její dosah



Obrázek 2 - IoT v zemědělství (Obr2)

Princípem je sběr dat z různých senzorů a čidel, sdílení těchto dat prostřednictvím internetu za účelem dalšího zpracování a vyhodnocování.

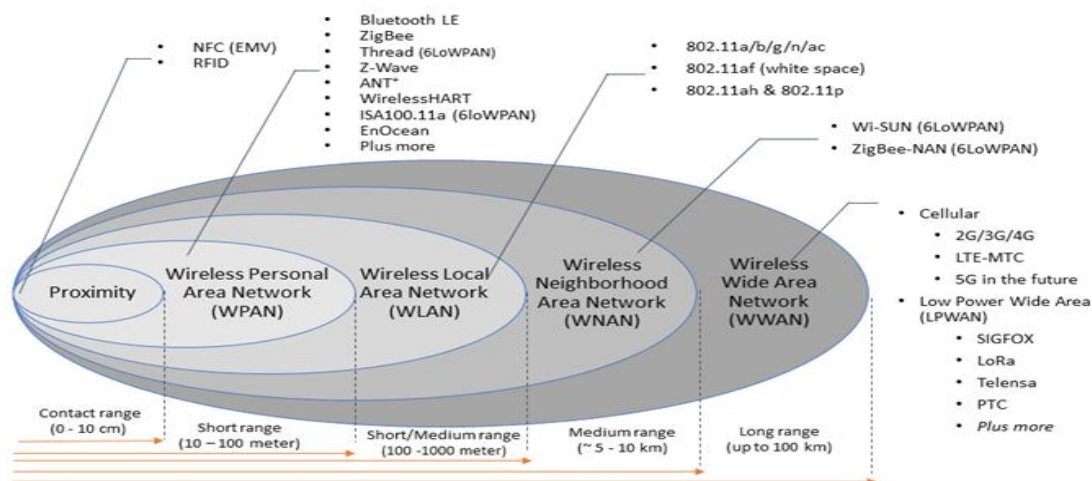
Internet věcí využívá pro připojení zařízení běžné dostupné prostředky, jako je síťové připojení kabelem nebo WLAN sítě. (27) Při práci mimo dosah již zmíněných připojení, lze využít datové sítě mobilních

operátorů. Takto získaná data systém zprostředkuje uživateli anebo dalším zařízením pro jejich činnost.

Komunikace mezi zařízeními probíhá pomocí tradičních systémů a protokolů. Do této skupiny patří hlavně WiFi nebo Bluetooth komunikace (zvláště nově vyvinutá BLE verze = Bluetooth Low-Energy).

V posledních dvou letech, právě společně s rozšířením IoT, se pak s potřebou jednoduché, energeticky nenáročné, a hlavně daleko dosahové bezdrátové komunikace, která by se však dala velmi miniaturizovat do velikosti čipů, vznikly a vyvinuly technologie nové kategorie

LPWAN (Low-Power Wide-Area Network). Mezi nimi jsou zatím nejznámější technologie LoRaWAN a Sigfox s přenosovým dosahem až 15 km. Existují však i další systémy jako ZigBee, Z-Wave, 6LoWPAN, Thread, Cellular a dalším, které lze také do "rodiny" IoT zahrnout a obvykle slouží buď lokální, několika desítek či stovek metrové vzdálenosti nebo naopak dálkový mnoha kilometrový přenos. (45)



Obrázek 3 - Volba komunikačního systému podle potřebného přenosového dosahu. (Obr3)

V souvislosti s Internetem věcí můžeme stále častěji narazit na pojem „Fog Computing“. Fog Computing je označení pro virtualizovanou platformu, kde se požadavky na zpracování dat řeší pomocí distribuované výpočetní infrastruktury, kdy se využívají jak cloudová centra (Cloud Computing), tak i výpočetní výkon dostupný v lokální síti (Edge Computing). Tato virtualizovaná a distribuovaná platforma se nachází mezi koncovými zařízeními a tradičními cloudovými datovými centry. Hlavní rozdíl oproti Edge Computingu tedy spočívá ve faktu, že pojem Fog Computingu zahrnuje nejen zdroje pro zpracování dat v lokální síti, ale zároveň i zdroje v cloudu. (46)

Další součástí komunikace IoT jsou Mesh sítě. Mesh sítě jsou aplikací P2P sítí do bezdrátového světa. Zatímco klasická bezdrátová síť je vystavěna tak, že k access pointu se uživatelé připojují klientským adaptérem, mesh síť tento rozdíl stírá. V mesh síti nejsou access pointy (pánové) ani klienti (sluhové) – v mesh síti jsou si zařízení rovna (proto taky spojení peer-to-peer) a libovolné mesh síťové zařízení je schopné poskytnout stejnou sadu služeb, jako jakékoliv jiné zařízení kdekoliv v síti. (47)

3.1.4 Zabezpečení prvků IoT

Zabezpečení prvků IOT je velice důležité. Každý výrobce zařízení má tuto problematiku řešenou jinak. Časté bývá řešené na koncovém cloud úložišti, kde jsou data sbírána a dále zprostředkovávána. V některých případech není cloud zapotřebí a zařízení mezi sebou komunikují v klasických standardech zabezpečení šifrovaného přenosu dat pomocí svých adres, pak jejich zabezpečení odpovídá zabezpečení dané sítě, kde jsou používána. V České republice jsou mimo jiné podporovávány sítě Sigfox a LoRaWAN tyto sítě jsou určeny pro komunikaci IOT zařízením.

V případě sítě Sigfox fungují jednotlivá zařízení zcela izolovaně od internetu. Komunikace těchto zařízení je umožněna pouze v určených časových intervalech, kdy zařízení vyšle signál k základnové stanici a následně je mu umožněno přijímat či odesílat data. Dalším bezpečnostním prvkem v komunikaci zařízení je jejich autentizace. Samotný přenos informací však není v základu žádným způsobem šifrován.

Síť LoRaWAN pracuje jinak, autentifikace zde probíhá též za pomoci dvou vygenerovaných klíčů – jeden pro zajištění integrity a šifrování LoRaWAN příkazů a druhý pro zajištění End-to-End šifrování. První z nich je distribuován síti LoRaWAN k zajištění komunikace, druhý z nich je distribuován aplikačnímu serveru k zajištění šifrování komunikace aplikací. Stejně jako jiná zabezpečení i tato se stále vyvíjejí a zdokonalují. (48)

Sítě typu Fog Computingu mají výhodu, že zprostředkovávají data lokálně a na uživateli tak zůstává výběr, která zařízení budou informace sbírat a ukládat a která data se budou posílat do cloudu. Toto je výhodné z hlediska ochrany osobních dat. Samotné zabezpečení tedy odpovídá dílčím zabezpečením zařízení a cloudového zařízení, nejčastější je zabezpečení řešeno pomocí šifrování AES. AES šifrování je jednou z prvních šifrovacích metod, která je k dispozici široké veřejnosti a je uznána Národní bezpečnostní agenturou. Jde o symetrický algoritmus, to znamená použití sdíleného klíče, klíč slouží k zašifrování i dešifrování dat. AES má pevně danou velikost bloku na 128 bitů a délka klíče je 128, 196 nebo 256 bitů. Hlavní výhoda AES šifrování je rychlost i při velkém objemu dat. (39)

3.1.5 Využití IoT v systému řízení prostředí

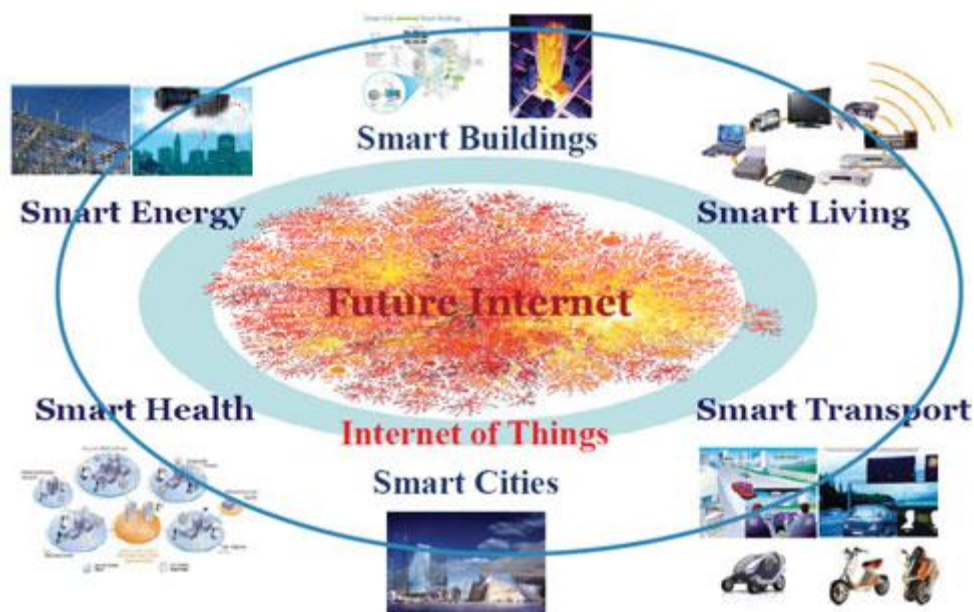
System řízení prostředí již ze zmíněných informací nemůže fungovat bez prvků IoT. Tato zařízení, která komunikují s ostatními prvky v objektu, mají ideální potenciál pro využití

v systému, který bude sledovat prostředí a bude jej i dle nastavení ovlivňovat. Jedná se vlastně o princip moderní inteligentní domácnosti. Taková inteligentní domácnost nemůže fungovat bez centrálního systému.

„Srdcem moderního bydlení je centrální systém, který má jednoduché a intuitivní ovládání pro řízení vytápění, ventilace, klimatizace, stínění, ohřevu teplé vody, zavlažování, zabezpečovací techniky, kamery, osvětlení, provozu spotřebičů, komunikace, distribuce TV a video signálu, rádia a hudby, telefonů a Internetu.“ (51)

3.1.6 IoT budoucnost

„Vize Future Internet založená na standardních komunikačních protokolech zvažuje sloučení počítačových sítí, internetu věcí (IoT), internetu lidí (IoP), internetu energie (IoE), internetu médií (IoM) a internetu služeb (IoS), do společné globální IT platformy bezproblémových sítí a síťové „chytré věci / objekty“.“ (1, str. 29)



Obrázek 4 - Vytváření internetu a inteligentních prostředí. (Obr4)

3.2 IQRF Technologie

IQRF je technologie pro nízký výkon, nízkou rychlost, malý objem dat, spolehlivé a snadno použitelné bezdrátové připojení v pásmech ISM pod GHz. Využití technologie IQRF například v průmyslovém řízení, automatizaci budov a měst (parkování, pouliční

osvětlení atd.). Tuto technologii lze využít s jakýmkoliv elektrickým zařízením, kdekoli je třeba bezdrátový přenos např. dálkové ovládání, sledování vzdálených zařízení a jejich dat, nebo připojení více zařízení k bezdrátové síti. Implementace IQRF je velmi snadná.

3.2.1 Vysílání

Komunikace IQRF je založena na bezdrátových RF transceivers (TR). Operační systém



Obrázek 5 - IQRF Transceiver
(vlastní zpracování)

podporuje síťování, je výkonný a snadno použitelný. Specifických funkcí lze dosáhnout aplikací napsanou v jazyku C (plně programovatelný přístup).

DCTR transceiver je standardní TR transceiver, který navíc podporuje hardwarové profily (HPW), které jsou připojené ready-to-use SW s cílem specifické implementace bez programování. Aplikace je řízená pouze odesíláním a přijímáním příkazů a dat pomocí jednoduchého protokolu

(Direct Peripheral Access – DPA). Implementace je mnohem jednodušší než při programování.

V České republice je transceivery IQRF pro přenos využíváno bez licenční pásmo 868 MHz (volitelně 433 MHz). Transceivery je možno přizpůsobit požadavkům některých zahraničních států na vysílání v pásmu 916 MHz. V pásmu 868 MHz je možno využívat až 62 kanálů, jejichž šířka je 100 kHz. (49)

Protože IQRF pracuje v MESH síti, ve které všechna zařízení, která to nemají konfiguračně zakázané, opakují přenášenou zprávu, je tedy vysoká pravděpodobnost, že zpráva dorazí i do nejvzdálenějších míst sítě. Jeli potřeba sbírat data nebo ovládat IoT zařízení v prostředí, kde by jinak bylo problematické zajistit pokrytí jinými technologiemi, je IQRF vhodná volba. (36)

3.3 Řídicí systémy

Je mnoho druhů řídicích systémů, vždy záleží na požadavcích, která má zařízení splňovat. Řada firem se v tomto odvětví specializuje jako například ABB, AMIT, BECKHOFF, MICRORISC a asi nejznámější společnost SIEMENS.

Rozdělení řídicích systémů dle druhu napájení:

- přímé – jsou napájeny přímo ze soustavy, kterou řídí – nepotřebují zvláštní zdroj energie,
- nepřímé – potřebují vlastní zdroj energie, většinou elektronické řídicí systémy (termostaty).

Druhy řídicích systémů dle hardwaru a složitosti:

- elektromechanický řídicí systém – kontaktní zapojení (relé, stykače, tlačítka,...)
- logické integrované obvody – prvky AND/OR (obvody s nízkou úrovní inteligence)
- programovatelný logický obvod – obsahuje hradla, jejichž propojení je programovatelné, jednodušší než plnohodnotný procesor
- programovatelný logický automat PLC – obsahuje většinou mikroprocesor, realizuje funkci logického obvodu
- programovatelný automat – automat zpracovávající nejen logické signály
- fuzzy logic controller – řídicí systém využívající fuzzy logiku
- industrial computer – počítač upravený pro potřeby průmyslu, velice odolný a se specifickými funkcemi

3.4 Vnitřní prostředí

Vnitřní prostředí má velký vliv na zdraví člověka a je tedy důležité vědět, jaké hodnoty jsou optimální a jak jich dosáhnout.

Vnitřní prostředí v budovách ovlivňuje několik základních aspektů: kvalita vzduchu, dostatečné a vyvážené osvětlení, akustika, tepelná kvalita, ergonomie, použité materiály, rostliny. (7, 50)

3.4.1 Kvalita vzduchu

Kvalita vzduchu má velký vliv na naše zdraví a pocit komfortu. V situaci, kdy není správně nastavena vzduchotechnika anebo se nedostatečně větrá, se mohou vyskytovat jevy, jako jsou bolest hlavy, únava, onemocnění dýchacích cest, výrazně častěji.

Efektivita práce v takovém prostoru výrazně klesá až 10x méně. (4, 5)

Tabulka 1 - účinky koncentrace CO₂

cca 350 ppm	hodnota venkovního prostředí
do 1000 ppm	úroveň bez nepříjemného pocitu
1100 - 1400 ppm	únava a snižování koncentrace, větrání nutné
1500 ppm	maximální přimustný limit koncentrace CO₂ v pobytové místnosti dle vyhlášky 20/2012 Sb.
1400 - 2000 ppm	otupělost, bolesti hlavy, pocit vydýchaného vzduchu
nad 5000 ppm	nevolnost, zvýšený tep
nad 15000 ppm	dýchací potíže, závratě

Zdroj: www.dumabyt.cz - Rodinný dům: Test měřiče CO₂

Koncentrace CO₂ je výborným indikátorem kvality vzduchu, jeho „vydýchanosti“ ve vnitřních prostorách. Jelikož každý člověk dýcháním přirozeně uvolňuje nemalé množství CO₂ (vydechnutý vzduch dospělého člověka obsahuje přibližně 40000 ppm CO₂), poskytuje měření koncentrace CO₂ dostatečně přesnou informaci o počtu lidí v uzavřeném prostoru a lze tuto informaci jednoduše využít pro regulaci intenzity větrání. Oxid uhličitý (CO₂) je přirozenou plynnou součástí atmosférického vzduchu, je bez

zápachu a člověk nemá receptory pro detekci tohoto plynu. Avšak na vyšší koncentraci CO₂ reaguje člověk ztrátou koncentrace, zvýšenou malátností a může vést až k pocitu únavy provázené např. bolestmi hlavy a nevolností. V přirozeném prostředí je koncentrace CO₂ kolem 400 ppm, v průmyslových oblastech je hodnota o něco vyšší. Přibližně 20 % populace začíná negativně reagovat již při koncentraci CO₂ kolem 1000 ppm. (30)

Množství CO₂ ve vnitřním vzduchu nesmí podle vyhlášky Ministerstva pro místní rozvoj (Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 20/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby (článek II, § 11, odstavec 5 limit pro oxid uhličitý, překročit hodnotu 1500 ppm a podle doporučení by se mělo spíše pohybovat pod hodnotou 1000 ppm. (42)

Základními kvalitativními parametry vzduchu jsou:

- Teplota
- Koncentrace CO₂
- Optimální vlhkost vzduch 30 %–60 %
- Prachové částice

3.4.2 Tepelná kvalita

Teplota je jedním ze základních aspektů člověka, které určují celkovou kvalitu vnitřního prostředí v budovách a výrazně určují produktivitu a nemocnost.

Tepelná pohoda člověka má větší vliv na jeho subjektivní pocit celkové pohody, míru odpočinku i skutečnou produktivitu práce, než nežádoucí emise či obtěžující hluk. Zahraniční studie dokazují, že např. při lehké práci dochází ke stoprocentnímu výkonu člověka při teplotě 22 °C, při teplotě 27 °C klesá schopnost podávat plný výkon o 25 %, při 30 °C výkon práce člověka klesá na 50 %. (40)

Optimální teplota pro oblečeného člověka je $21,5 \pm 2$ °C v zimním období. Teplota okolních ploch, tedy stěn, stropu apod. nemá být nižší než o 2,5 °C. V letních měsících se tato hodnota pohybuje 26 ± 2 °C, je závislá zejména na venkovní teplotě prostředí, člověk vnímá teplotu relativně. Pokud je v budově o 4–6 °C chladněji než ve venkovním prostředí, je to optimální z hlediska pocitu příjemného prostředí a zároveň tento rozdíl není rizikový z hlediska nemoci, které jsou příznačná pro „překlimatizované“ budovy. (41)

Parametry prostředí v hygienických předpisech

Požadavky na kvalitu vnitřního prostředí vycházejícího z našich platných předpisů:

- Zákon č. 50/1976 Sb. – stavební zákon v platném znění
- Zákon č. 20/1966 Sb. O zdraví lidu ve znění zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví
- Zákon č. 65/1965 Sb. – zákoník práce ve znění zákona č. 155/2000Sb.

3.4.3 Světelná kvalita

Světlo je pro život zcela elementárním faktorem, bez kterého bychom nemohli žít. Po celý den ovlivňuje výkon, zdraví i celkovou psychiku. Nehraje však roli pouze dostatek světla, ale i jeho charakter – zda se jedná o světlo přirozené nebo umělé. Ideální je přístup uživatelů budovy k dennímu světlu, jehož barevné spektrum se na rozdíl od umělého osvětlení během dne mění. (8, 9)

Celý systém je označován jako nevizuální (neobrazové) vnímání světla. Zajišťuje synchronizaci biologických procesů v těle s vnějším světem a tím potenciálně ovlivňuje naši výkonnost, náladu, vnitřní pohodu a při dlouhodobém působení i zdraví a celkovou kvalitu života. Z těchto důvodů je třeba při navrhování světelného prostředí zohlednit nejen požadavky architektury a stavebnictví, osvětlovací techniky a optiky, ale je nutné vzít v potaz i poznatky z biologie člověka. (53)

Pokud máme nedostatek denního světla, projeví se to nekvalitním spánkem a špatnou náladou. Nekvalitní světelné podmínky také způsobují bolesti očí, hlavy a celkovou únavu. Nedodržování světelné hygieny se může projevit zvýšením výskytu poruch vnitřní časové synchronizace, například problémy se spánkem, sezonními depresemi i jinými psychickými, a nejen psychickými onemocněními. Světlo je pro přírodu i člověka totiž velmi důležitá biologická informace. Správné světlo naopak přináší vyšší výkonnost, menší chybovost, prevenci pracovních úrazů i nižší podíl pracovních neschopností. (8)

Světlo nás provází celý den v takzvaném Cirkadiánním rytmu. Cirkadiánní rytmy a vliv světla Fyziologie lidského těla a chování lidí podléhají 24hodinovým rytmům, které mají rozhodující vliv na jejich zdraví a pohodu. Jde například o cyklus spánku a bdění, cykly bdělosti a výkonnosti, cykly bazální tělesné teploty nebo tvorbu mnohých hormonů, včetně melatoninu a kortizolu. Tyto denní cykly se nazývají cirkadiánní rytmy a jejich regulace velmi výrazně závisí na prostředí, v němž člověk žije. Cirkadiánní systém je propojen

s cykly světla a tmy v přírodě (den a noc). Přírozený cyklus střídání světla a tmy vytvořil lidem potřebu vysokých intenzit v průběhu produktivního dne, a naopak minimálního až nulového světla v době spánku pro jeho regeneraci. Vlivy světla závisejí na jeho intenzitě, spektrálním složení a načasování působení. Je také třeba počítat se specifickými potřebami různých věkových skupin. Děti a mladiství mají biologické hodiny jinak nastavené než starší lidé, a proto potřebují více světla ráno. (37)

Intenzita světla resp. světelný proud udává množství světla, které vyprodukuje určitý světelný zdroj. U světelných zdrojů, které vydávají světlo do všech stran, se udává světelný tok v Lumenech (lm). U reflektorových žárovek, které vydávají svazek světla určitým směrem, se svítivost udává v jednotkách Candela (cd) pro určitý úhel vyzařování. (38)

Barva světla lidské tělo také velice ovlivňuje, možná více než jeho intenzita. Bílé světlo můžeme všeobecně rozdělit na teplé, studené a neutrální. Každý z těchto tónů ovlivňuje vnímání okolí, náladu a celkovou atmosféru místnosti jiným způsobem. Studené světlo stimuluje smysly a podporuje schopnost koncentrace, zatímco teplé světlo napomáhá navodit pocity uklidnění a odpočinku. Umělé osvětlení hraje v životech nás všech především v podzimních a zimních měsících velmi důležitou roli. Mělo by být vždy vhodně přizpůsobeno typu místnosti, vykonávané činnosti a dalším aktuálním potřebám těch, kdo se v jeho blízkosti nachází. (29)

3.4.4 Akustika – hluk

Mezi požadavky na zdravé vnitřní prostředí patří i tzv. akustická pohoda. Hluk na uživatele budov působí jako významný stresor, způsobuje, že se v budovách cítíme nekomfortně, ovlivňuje naši koncentraci a míru chybovosti. Nadměrný hluk může také způsobit nespavost, bolesti hlavy, zvracení, vyšší krevní tlak, zvýšenou náladovost.

Často se jedná o subjektivní pocit, nicméně je definován mimo jiné i nařízením vlády, které stanovuje pro pracoviště, kde vykonáváme tvůrčí nebo duševní práci náročnou na pozornost a soustředění, hygienický limit hluku 50 dB. Speciální vyhláška pak upravuje limit hluku i ve vzdělávacích zařízeních podle jejich účelu viz Tabulka 2 - Příklady hladin akustického tlaku. (50)

Tabulka 2 - Příklady hladin akustického tlaku

akustický tlak p [Pa]	akustická intenzita I [W.m ⁻²]	hladina akustického tlaku L [dB]	příklad prostředí, kde se vyskytuje
cca 60	cca 10	cca 130	práh bolesti
2	10 ⁻²	100	diskotéka
0,2	10 ⁻⁴	80	rušná ulice
0,02	10 ⁻⁶	60	kancelář
0,002	10 ⁻⁸	40	obývací pokoj
0,0002	10 ⁻¹⁰	20	ložnice v noci
0,00002	10 ⁻¹²	0	práh slyšení

Zdroj: www.stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/

Organismus člověka nemá fyziologickou možnost vědomé regulace intenzity přijímaného zvukového signálu, působí tyto zvuky v plné síle, ruší člověka při práci a odpočinku, ztěžují komunikaci řečí, ruší vnímání důležitých zvukových signálů. Hluk, vyskytující se v budovách, nemůže organismus člověka přímo poškodit. Zdraví člověka ale ovlivňuje zprostředkovaně prostřednictvím obranné reakce organismu. Proto není správné příliš důrazným a příliš častým způsobem na hluk a na jeho případné nežádoucí účinky upozorňovat. Proti hluku je třeba bojovat tiše. (10, 52)

4 Vlastní práce

4.1 Aktuální stav budovy a systému řízení

Vybraná budova svou historií sahá, až do roku 1871 kdy se jednalo o Řemeslnickou školu



Obrázek 6 - historické foto VOŠ a SPŠ, Jičín (Obr6)

pokračovací. Jak léta plynula, její úloha se v čase měnila, ale zůstala věrná vzdělání. V současnosti roku 2019 má budova strojní VOŠ a SPŠ, Jičín od roku 2012 instalován systém individuální regulace místností. Ten je řízen pomocí systému DIRC.

Každá místnost je vybavená jedním teplotním čidlem a jednou řídicí jednotkou. Dále jsou v místnosti na radiátorech nainstalovány termostatické hlavice ovládané na dálku pomocí elektrického napětí. Tento systém nezávisle funguje se systémem vytápění.

Systém vytápění je od roku 1994 řešen plynovou kotelnou, která byla vybudována po havárii kotelny na tuhá paliva (koks). Plynová kotelna je v zásadě řízena dle vstupní teploty vody (voda proudící z kotelny do topné soustavy) a výstupní teploty vody (vracející se voda z topného systému).

V letech 2013 a 2015 byla ve třech etapách vyměněna stará špaletová okna za nová dřevěná okna z důvodu nižších tepelných ztrát budovy. V nejbližší době roku 2019–2020 je plánovaná přestavba plynové kotelny na modernější ekonomicky šetrnější kotelnu s kondenzačními kotly a moderním ovládním kotelny.

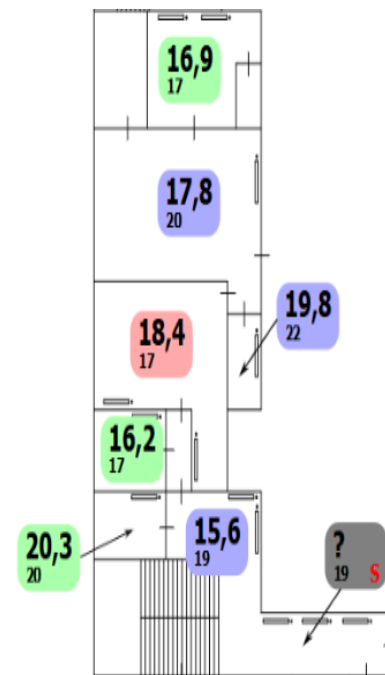
4.1.1 Princip individuální regulace místností:

Teplotní čidlo zaznamenává teplotu v místnosti a zprostředkovává tuto informaci řídicí jednotce. Řídicí jednotka teplotu porovná s požadovanou teplotou v místnosti, když aktuální teplota v místnosti klesne o stupeň pod požadovanou teplotu, vydá řídicí jednotka povel termostatickým hlavicím k otevření (povel je proveden způsobem, že do termostatické hlavice je pozastaven přísun elektrického napětí a tím se otevře ventil). Po natopení místnosti o stupeň nad požadovanou teplotu, vydá řídicí jednotka povel

hlavicím k uzavření termostatického ventilu (řídící jednotka sepne do termostatické hlavice elektrické napětí a uzavře tím ventil).

System graficky zobrazuje podlaží a rozdělení místností na daném podlaží a zobrazuje teploty v místnostech ve webovém prostředí:

- Modře zabarvená informace o teplotě znamená, že je zde teplota nižší, než je požadováno, systém otevírá termostatické hlavice k topení.
- Zeleně zabarvená informace o teplotě znamená, že je teplota v normě požadované teploty ± 1 °C.
- Červeně zabarvená informace o teplotě znamená, že je místnost přetopená a systém zavírá termostatické hlavice.
- Šedé zabarvení signalizuje závadu (porucha řídicí jednotky nebo čidla teploty).



Obrázek 7 - Grafické znázornění výpisu teplot v objektu, systém DIRC (vlastní zpracování)

System disponuje vlastní diagnostikou a mimo grafického zobrazení chyby čidla viz Obrázek 7 vypisuje i případné selhání dílčích jednotek, čidel teploty a termostatických hlavic k příslušné budově.

v2.16.3.18 - DIRC		Atributy domény	
Uživatel		Jméno	Atribut
Doména		POPIS	
Budovy	02	LETNÍ REŽIM	
Podlaží	1NP	TEPLTNÍ PŘÍDAVEK K PROVOZÍHMU URČENÍ [°C]	
Zóny			
Provozní určení			
Skupiny			
Harmonogram požadavků			
od: 23.01.2019	do: 23.01.2019		
23.1. sud.st 14:11			
		Selhání jednotek (aktualizováno 14:10:31)	
		Zóna	
		01/1NP/101a - bufet	
		01/1NP/101b - sklad bufetu	
		01/1NP/103 - chodba komunikační	
		01/1NP/104 - místnost školníka	
		Selhání čidel (aktualizováno 14:10:31)	
		02/1NP/17b - chodba	
		02/2NP/25a - učebna 25s	
		02/2NP/25b - učebna	

Obrázek 8 - Prostředí systému individuální regulace místností – DIRC (vlastní zpracování)

Takto sofistikovaný výpis chyb usnadňuje servis zařízení a jeho případnou opravu. Nejčastější opravy na systému jsou přetržené přívodní kabely k termostatickým hlavicím a vypálená pojistka v řídicí jednotce. Tato porucha není náročná na opravu a zručná obsluha ji opraví i bez nutnosti servisu. Selhání čidla a řídicí jednotky, ale přivolání servisního technika vyžaduje, i když je převážně oprava řešena výměnou daného zařízení.

4.1.2 Ovládání systému – obsluha

Obrázek 9 – Menu – sw DIRC (vlastní zpracování)

Jak již bylo zmíněno, systém se ovládá přes webové prostředí. Přístup na tento web je poskytnut jen po vnitřní síti, je možná vzdálená podpora od zhotovitele tohoto systému společnosti ENESA. Prostředí je graficky povedené a uživatel se v něm celkem rychle zorientuje, některé popisky nastavení jsou, ale pro nezainteresovaného člověka trochu zcestné hlavně provozní určení místností.

Je zde možnost vytvoření skupin. Do skupiny lze zahrnout celou budovu nebo jen vybrané místnosti v budově v případě více budov v systému lze vybírat i celé objekty viz Obrázek 10. S vytvořenou skupinou se nejčastěji pracuje v harmonogramu požadavků.

Skupina svarovna - svařovna

Atributy skupiny

[Přepnout do úplného zobrazení](#)

Atribut	Hodnota	
STANDARDNÍ STAV		🗑️
SVÁTKOVÝ STAV		🗑️
VÝJIMEČNÝ STAV		🗑️
VÝJIMEČNÝ STAV OD		🗑️
VÝJIMEČNÝ STAV DO		🗑️
VÝCHOZÍ PROVOZNÍ TEPLOTA [°C]		🗑️
VÝCHOZÍ MIMOPROVOZNÍ TEPLOTA [°C]		🗑️
VÝCHOZÍ ÚTLUMOVÁ TEPLOTA [°C]		🗑️

Členové skupiny

[Označit zobrazené](#) [Odznačit zobrazené](#) [Odznačit všechny](#)

[Přidat označené](#) [Odebrat označené](#) [Odebrat všechny](#)

Objekt	Operace
<input type="checkbox"/> zóna 02/1NP/10 - zámečnická dílna (zam) - učebna	🗑️
<input type="checkbox"/> zóna 02/1NP/7 - kovárna kov1 - učebna	🗑️
<input type="checkbox"/> zóna 02/1NP/8 - svařovna / kovárna učebna	🗑️
<input checked="" type="checkbox"/> zóna 02/1NP/9 - kovárna kancelář	🗑️

[🗑️ Smazat skupinu](#)

Obrázek 10 - Skupiny, sw DIRC (vlastní zpracování)

Harmonogram požadavků přesněji aperiodických požadavků, jak už jeho název vypovídá, se nejčastěji využívá, když je potřeba celou budovu anebo jen část budovy uvést na jistý časový úsek do jiného provozního určení, nejčastěji se jedná o svátky, prázdniny a jiné výluky ze standartního provozu budovy viz Obrázek 11.

Harmonogram aperiodických požadavků

Všechny požadavky (jinak zvolené období). Třídít podle: **Od / Objekt / Do**

Od	Do	Objekt	Stav	Uživatel	Operace
25.10.19 18:00	30.10.19 18:00	skupina BudovaSo - Budova So	útlum	skolnikso	

[Přidat požadavek](#)

Obrázek 11 - harmonogram aperiodických požadavků, sw DIRC (vlastní zpracování)

Na Obrázek 11 je možno vidět nastavení stavu dané skupiny. V tomto místě je dle mého názoru zbytečně mnoho možností pro uživatele a hned první dvě jsou zavádějící.

- Stav neaktivní neznámá, jak by se na první pohled zdálo, že budou hlavice uzavřeny, je tomu přesně naopak, hlavice jsou naplno otevřené.
- Stav aktivní pro změnu znamená, že termostatické hlavice budou uzavřeny a voda jimi neproteče. Servis mi tuto skutečnost vysvětlil, že je to v závislosti na elektrickém napětí (neaktivní – el. proud neprotéká do hlavice, aktivní – el. proud protéká do hlavice).

Stejného nastavení dosáhneme, ale s jasnými popisky, při použití stavu v provozu a mimo provoz.

Každou místnost je možné individuálně nastavit dle potřeby či požadavků Obrázek 12. Všechny místnosti v systému mají své zónové atributy např.:

- popis,
- standartní stav,
- svátkový stav,
- provozní určení.

Typ programu místnosti je možné zvolit dle přednastavených možností:

- vždy v provozu (bez rozdílu dne vždy bude místnost v provozu),

- vždy mimo provoz (místnost mimo provoz minimální teplota 10 °C proti zamrznutí),
- vždy v útlumu (místnost nastavena na útlumovou teplotu 15 °C),
- denní (možnost nastavení od pondělí do neděle, každý den individuálně),
- pracovní (pondělí až pátek stejné nastavení, víkend nastavení jiné),
- týdenní (lichý a sudý týden),
- 14denní (14 dní možno nastavit každý den jednotlivě).

v2.16.3.18 - **DIRC**

Uživatel	skolnikso
Doména	HKOIVOS
Budovy	02
Podlaží	1NP
Zóny	9

Provozní určení

Skupiny

Harmonogram požadavků

od: 28.10.2019 do: 28.10.2019

28.10. sud.po 10:51
SVÁTEK

Zóna 9 - kovárna kancelář

[Monitorovací záznamy](#) [Přepnout do úplného zobrazení](#)

POŽADAVEK	regulovat	STAV	spojeno
OKAMŽITÁ TEPLOTA	14,8 °C		
POŽADOVANÁ TEPLOTA	15 °C	OSTATNÍ STAVY	
A1: topí	A2:	A3:	A4:

Atributy zóny

Atribut	Hodnota
POPIS	kovárna kancelář
REFERENČNÍ ZÓNA	
DRUH REFERENCE	žádná
STANDARDNÍ STAV	dle programu
SVÁTKOVÝ STAV	mimo provoz
VÝJIMEČNÝ STAV	dle standardního stavu
VÝJIMEČNÝ STAV OD	
VÝJIMEČNÝ STAV DO	
PROVOZNÍ URČENÍ	1/KHK2_DILNY - dílny pro hrubou práci
VÝCHOZÍ PROVOZNÍ TEPLOTA [°C]	
VÝCHOZÍ MIMOPROVOZNÍ TEPLOTA [°C]	
VÝCHOZÍ ÚTLUMOVÁ TEPLOTA [°C]	
TYP PROGRAMU	pracovní

Program zóny

Typ programu: **pracovní**

Den	Program
PR.DEN	0:00 M 7:30 22°C 16:00 M
VÍKEND	

Obrázek 12 - parametry místnosti, sw DIRC (vlastní zpracování)

Místnosti lze sofistikovat dle jejího provozního určení (učebna, laboratoře, technická místnost nebo dílny). V systému je k dispozici norma ČSN 06 0210, legislativní vyhláška a uživatelské hodnoty které neporušují normu ani vyhlášku. Uživatelské hodnoty jsou v systému výchozí pro určité místnosti Obrázek 13.

4.2 Zhodnocení současného stavu

V současné době rok 2018/2019 systém vytápění a systém regulace teplot je plně funkční. Má však svoje technické limity. Hlavním nedostatkem je, že oba systémy nemají navzájem zpětnou vazbu, ani ji mít nemohou (systém vytápění to neumožňuje). Systém vytápění je z roku 1994 a disponuje čtyřmi atmosférickými kotly. Tyto kotle se v dnešní době již moc nevyhledávají, jejich provoz je o 15–25 % nákladnější než u nových kondenzačních kotlů.

V prvních letech instalace systému regulace teploty se stávalo, že když systém regulace teploty zavře natopené místnosti, tak systém vytápění to nijak nezjistí, snaží se dále vytápět, ale uzavřením natopených místnosti mu vzniká vyšší odporový tlak, což vedlo k tomu, že zadní místnosti nebyly vytopené na požadovanou hodnotu.

Budova prošla výměnou oken pro snížení tepelných ztrát při vytápění. Požadovaných ekonomických výsledků se dosáhlo, ale nastal problém s vydýchaným vzduchem v místnostech. V některých místnostech byla zvýšená vlhkost a byly obavy, aby nevznikala plíseň. Toto se prozatím řeší krátkým intenzivním větráním místností.

V současné době je sledované jen vytápění v místnostech. Veličiny jako kvalita ovzduší (CO₂) a intenzita osvětlení nejsou sledované. To že tyto hodnoty nejsou sledované je velký problém, který má velký vliv na lidský organismus a je důležitý pro efektivitu jedinců. Místnosti v objektu jsou všechny vybaveny okny a je v nich dostatek přirozeného světla.

Z těchto důvodů je důležité dále se zaměřit na sledování a regulaci oxidu uhličitého. Pokud to bude možné, lze sledovat i intenzitu osvětlení (zatím monitoring pro vyhodnocení).

4.3 SWOT analýza dostupných prvků pro zefektivnění systému

Tato kapitola je zaměřená na popis vyhledaných zařízení pro zefektivnění systému, jejich analýzu a množnost využití v navrhovaném systému, či celý sofistikovaný systém. Zařízení bude záměrně hodnoceno více, pro možnost jejich porovnání a z důvodu možnosti cenového výběru.

Hlavní rozhodujícím faktorem je kvalita a rozsah senzoru CO₂ a možnost připojení do IoT, další sledovaná veličina intenzita osvětlení a další výhody produktu.

„SWOT analýza je velmi univerzální a jednou z nejpoužívanějších analytických technik, její využití v praxi je velmi široké. Její podstatou je identifikovat klíčové silné a slabé stránky uvnitř, tedy v čem je projekt (nebo jeho část) dobrý a v čem špatný. Stejně tak je důležité znát klíčové příležitosti a hrozby, které se nacházejí v okolí, tedy ve vnějším prostředí. Cílem SWOT analýzy je identifikovat a následně omezit slabé stránky, podporovat silné stránky, hledat nové příležitosti a znát hrozby.“ (44)

Každý prvek bude popsán a bude provedena jeho SWOT analýza, tedy budou vypsány silné a slabé stránky produktu, příležitosti a hrozby při jejich použití.

Senzory CO₂

Protronix čidlo NLII-CO₂+RH+T-IQRF



Jedná se o prostorové čidlo, které slouží pro sledování kvality vzduchu v interiéru budov a pro řízení výkonu ventilačních systémů dle aktuální úrovně znečištění vzduchu. Čidlo měří koncentraci oxidu uhličitého, relativní vlhkost a teplotu vzduchu. (33)

Obrázek 15 - Protronix NLII-CO₂+RH+T-IQRF (Obr6)

Silné stránky:

- snímá oxid uhličitý, relativní vlhkost a teplotu vzduchu,
- komunikuje v síti IQRF,
- nevyžaduje údržbu během provozu,
- rozsah měření oxidu uhličitého 0–5 000 ppm,
- cena cca 6 000 Kč,
- vestavěná automatická kalibrační funkce zajišťuje velmi dobrou dlouhodobou stabilitu.

Slabé stránky:

- chybějící čidlo VOC,
- chybějící čidlo intenzity osvětlení.

Příležitosti:

- propojení s dalšími systémy,
- zlepšení pozornosti studentů,
- příjemnější klima v místnosti.

Hrozby

- studenti – poškození čidla,
- špatné umístění,
- nepřijetí technologie a její nevyužívání.

Senzor kvality ovzduší - oxid uhličitý (CO₂) - AirQS-100NB



Obrázek 16 - senzor AirQS-100 (Obr16)

Senzor AirQS-100 – monitoruje hodnoty CO₂ v místnosti a také měří aktuální teplotu, vlhkost a intenzitu osvětlení v daném prostoru. Disponuje anti-sabotážní funkcí (Tamper – při jakémkoliv sejmutí detektoru ze základny je odeslána zpráva na server). Díky bezdrátovému řešení a komunikaci Sigfox / LoRa / NB-IoT můžeme senzor nainstalovat na zvolené místo a ihned provozovat. V případě detekce jsou data zasílána na server, ze kterého mohou být následně

zobrazena jako notifikace v chytrém telefonu. (32)

Silné stránky:

- měření koncentrace CO₂ v rozsahu 300–5 000 ppm,
- měření teploty v rozsahu –25 až 70 °C,
- měření vlhkosti v rozsahu 0–90 %,
- měření intenzity osvětlení 0,045–188 000 Lx,
- anti-sabotážní funkce,
- komunikace Sigfox / LoRa / NB-IoT.

Slabé stránky:

- chybějící VOC čidlo,
- chybějící čidlo intenzity osvětlení,
- cena cca 10 000 Kč.

Příležitosti:

- propojení s dalšími systémy,
- zlepšení pozornosti studentů,
- příjemnější klima v místnosti.

Hrozby

- studenti – poškození čidla,
- špatné umístění,
- nepřijetí technologie a její nevyužívání.

Elektronický detektor CO2 Typ HT-501



Obrázek 17 - detektor CO2 Typ HT-501 (Obr17)

Detektor oxidu uhličitého HT-501 detekuje zvyšující se úroveň CO₂ v ovzduší a upozorní na ní signálem, že je třeba vyvětrat, případně aktivovat jiný způsob ventilace a výměny vzduchu v místnosti. Detektor je vhodný do jakéhokoliv uzavřené místnosti, jako jsou dílny, administrativní prostory, hotely, kanceláře, byty, rodinné domy atd. (34)

Silné stránky:

- měření úrovně CO₂ s nastavitelným alarmem, rozsah: 0–9999 ppm,
- záložní akumulátor pro provoz bez možnosti napájení ze sítě,
- měření teploty v rozsahu: -10–70 °C,
- měření vlhkosti v rozsahu: 0–99.9 % RH,
- cena cca 3 000 Kč.

Slabé stránky:

- Ukládání záznamů do vnitřní paměti zařízení – výstup pouze do připojeného PC ne online.
- Chybějící sledování hodnot VOC.
- Chybějící číslo intenzity osvětlení.

Příležitosti:

- V případě malé místnosti, pro manuální kontrolu hodnot a ruční vyvětrání ideální zařízení, pro automatizaci nevyhovující.

Hrozby:

- studenti – poškození čidla
- špatné umístění

- nepřijetí technologie a její nevyužívání
- lehce odcizitelné

Hardwario COOPER IQ



Platforma je multisenzorová pro IoT k vnitřnímu použití. Navržena je tak, aby splňovala nejvyšší standardy kvality snímání s nízkou spotřebou energie a bezdrátové komunikace. Je vybaven jedenácti vestavěnými senzory, včetně nejmodernějšího snímače CO₂ NDIR. Životnost baterie na platformě je až 3 roky. (31)

Obrázek 18 - Hardwario Cooper IQ multisenzor (Obr18)

Silné stránky:

- Funkce:
 - rádio IQRf,
 - bluetooth Low Energy (volitelné),
 - reproduktor pro hlasový výstup,
 - USB rozhraní (s podporou napájení),
 - aktualizace firmwaru přes USB.
- Senzory:
 - CO₂ + VOC – těkavé organické látky (čidlo kvality vzduchu),
 - teplota, vlhkost vzduchu,
 - pohyb (PIR), akustický zvuk,
 - barometr + výškoměr,
 - intenzita světla,
 - a další.

Slabé stránky:

- cena cca 8 000 Kč.

Příležitosti:

- možnost propojení se systémem osvětlení,
- sledování a vyhodnocování dat z více čidel.

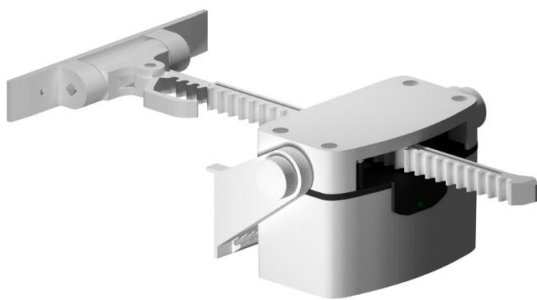
Hrozby:

- studenti – poškození čidla,
- špatné umístění,
- nepřijetí technologie a její nevyužívání.

4.3.1 Prvky ventilace

Smarwi – chytré otevírání oken

Jedná se o český výrobek, vychází z konstrukce okenní ventilace. Je to tichý a spolehlivý systém pro každodenní použití. Díky čistému designu přístroje rychle splyne s oknem. Instalace zařízení je řešena přes vysoce kvalitní 3m pásky, díky tomu je instalace bez nutnosti vrtání. Konstrukce přístroje nijak neomezuje používání okna, lze jej otevírat i vyklápět dle libosti. (28)



Obrázek 19 - Smarwi – chytré otevírání oken (Obr19)

Silné stránky:

- tichý provoz,
- možnost připojení k WiFi,
- snadné používání,
- možnosti otvírat ručně,
- podporuje zdravé klima v místnosti,
- cena cca 3 000 Kč.

Slabé stránky:

- v zimních měsících ztráta tepla.

Příležitosti:

- Vhodné využití z důvodu bezpečnosti ve vyšších patrech domů.

Hrozby:

- okno není při zavřeném stavu plně zajištěné proti otevření,
- studenti – poškození zařízení.

Zehnder ComfoAir 70

Tato decentrální větrací jednotka Zehnder ComfoAir 70 slouží k dosažení komfortního



klimatu v interiéru díky rekuperaci tepla a vlhkosti.

Ovládání je možné dle preferencí: přímo na dotykovém displeji, na jednotce nebo za pomoci externího ovladače umístěného kdekoliv v místnosti.

Nepřetržitá výměna vzduchu je zajištěna bez použití centrálního systému větrání s rozvody vzduchu.

Navíc pro dosažení vyššího komfortu i účinnosti větrání lze využít doplňkové funkce ovládání pomocí čidel vlhkosti, VOC a CO₂.

S větrací jednotkou instalovanou v obvodové stěně přivádíme do místnosti čerstvý vzduch a současně odvádíte

vydýchaný, spotřebovaný vzduch. Na fasádě je

Obrázek 20 - Zehnder ComfoAir 70 (Obr20)

pouze decentní vnější kryt, není třeba řešit odvod kondenzátu. (35)

Silné stránky:

- rekuperace tepla,
- odvod vydýchaného vzduchu a vlhkosti,
- jednoduchá obsluha a údržba,
- netvoří se kondenzát,
- snadné připojení VOC a CO₂ čidel,
- decentní vzhled,
- náklady na spotřebu el. energie nižší než 300 Kč/rok.

Slabé stránky:

- vrtání otvoru do obvodové zdi,
- pořizovací cena 38 000 Kč.

Příležitosti:

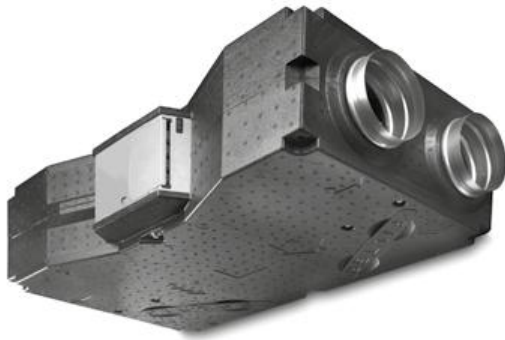
- Vhodné pro menší objekty či místnosti.

Hrozby:

- studenti – poškození jednotky,
- špatné umístění,
- nepřijetí technologie a její nevyužívání.

Venus Ready

Rekuperční jednotka Venus Ready je vzduchotechnické zařízení, které nasává potrubím



vzduch z venkovního prostředí a předává mu teplo z odváděného (ohřátého) vzduchu, aniž by došlo k jejich promísení. Pomocí potrubí je čerstvý vzduch dopravován do jednotlivých místností. Přívodní a odvodní vzduch je také filtrován. V opačném směru zařízení nasává vzduch z místností, odebírá mu teplo a vyfukuje ho do venkovního prostředí ovšem s rekuperací tepla až 93 %. (25)

Obrázek 21 - Venus Ready (Obr21)

Silné stránky:

- rekuperace tepla s účinností až 93 %,
- řešení pro více místností,
- možné napojení na čidla VOC a CO₂,
- plynulé řízení otáček ventilátorů – nižší hluk.

Slabé stránky:

- vrtání do venkovní zdi,
- instalace vzduchotechnického potrubí při stropu s nasávacími a vyfukujícími otvory,
- vyšší pořizovací cena cca 75 000 Kč (jednotka 750 m³, rozvody, jádrové vrtání).

Příležitosti:

- Možnost napojení na jednu jednotku Venus Ready více menších místností

Hrozby:

- studenti – poškození jednotky,

- špatné umístění,
- nepřijetí technologie a její nevyužívání.

4.4 Návrh zlepšení systému řízení prostředí

Již při popisu stávajícího stavu vyšlo najevo, že upgrade bohužel nebude možný. Problém je tedy možné řešit zcela novým systémem řízení prostředí. Provedením SWOT analýzy nám vyvstanul tento návrh lepšího systému řízení. V této části bude tento systém popsán a bude objasněno, které komponenty z výše zmíněných k jeho sestavení budou použity. Při tvorbě nového systému bylo nahlíženo zejména na tyto kritéria:

1. Kompatibilita
2. Kvalita a rozsah senzoru CO₂
3. Ekonomika (cena)
4. Další funkce

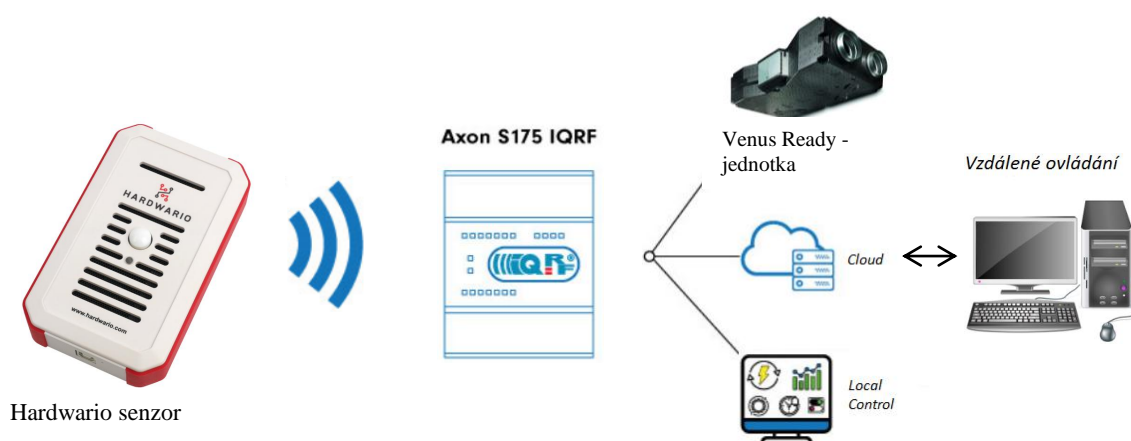
Na základě SWOT analýzy bylo z čidel vybráno Hardwario COOPER IQ. Převažují u něho silné stránky nad slabými. Také funkčností předčí ostatní porovnávaná čidla. Hlavními klady jsou precizní zpracování a pro relativně velkou škálu sledovaných hodnot. Hlavní podmínka výběru čidla je splněna kvalitním senzorem CO₂. Navíc je zde i senzor pro VOC a intenzitu osvětlení. Všechny tyto senzory mají rozsah měření v požadované velikosti. Velkým plusem je možnost si daný senzor vyzkoušet v laboratorních podmínkách elektro oddělení školy. Hardwario COOPER IQ byl vyvíjen za pomoci společnosti IQRF a je tedy s touto technologií plně kompatibilní, čímž je splněna podmínka kompatibility. Cena je také příznivá.

Pro regulaci vzduchu bude použita jednotka Venus Ready. Hlavním důvodem tohoto rozhodnutí jsou technické parametry výměny vzduchu, které jsou od 150 do 750 m³/hod. Z důvodu relativně objemných místností cca 350 m³ bude ve většině případů zapotřebí do každé místnosti jedna jednotka Venus Ready, ale bude tak dosaženo cíleného klimatu pro danou místnost. Dalším rozhodujícím faktorem je velká rekuperační účinnost a plynulé nastavování otáček a tím i nižší hlučnost. Bude nutné vybrat vhodné umístění jednotky v místnosti a objektu. Instalace jednotky u stropu není v objektu problémem, jsou zde relativně vysoké stropy cca 3,5 m což je pro instalaci a následné pohledy ideální. Jednotky Venus jsou připravené na ovládání senzory CO₂ a VOC již od výroby, což ulehčí

velice práci s připojením čidel, i když se nejedná o čidla dodávaná výrobcem Venus, čímž je vyřešeno kritérium kompatibility. Cena jednotky s instalací je vyšší, ale bude tím zajištěno její odborné provedení.

Propojení a řízení čidla Hardwario COOPER IQ a jednotky Venus Ready bude provedeno za pomoci řídicí jednotky Axon S175 IQRF. Čidlo Hardwario COOPER IQ je touto technologií od výroby již vybaveno a plně s ní spolupracuje. IQRF jsou v podstatě malé moduly s velkým dosahem a velice nízkou náročností na el. energii, vysílají v bez licenční ISM 868 MHz pásmu RF. Tyto moduly lze snadno připojit k zvoleným prvkům.

IQRF bylo zvoleno i z důvodu sídla společnosti v okolí vybraného objektu a dobré spolupráci s nimi. Cena modulů je příznivá. Dále nebude nutné zasahovat do vnitřní sítě objektu a řešit případné nesoulady sítí. Ze strany objektu bude zapotřebí jen možnost připojení cloud serveru IQRF pro správu a vyhodnocování dat ze systému.



Obrázek 22 - Princip komunikace v návrhu systému řízení (vlastní zpracování)

5 Výsledky a diskuse

Při návrhu vylepšení systému řízení prostředí bylo zjištěno, že vzhledem k použité současné technologii není možné vylepšit tento systém řízení. Technologie je zastaralá a separovaná od dalších systému budovy, nelze s ní nijak komunikovat. Vylepšení tohoto systému by bylo velice složité a nákladné, ne-li nemožné. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k návrhu nového systému řízení.

Výběrem a následnou SWOT analýzou vybraných součástí, byl navržen nový systém sledování prostředí v objektu. Nový systém se bude skládat ze senzoru Hardwario COOPER IQ, ventilační jednotky Venus Ready a řídicí jednotky Axon S175 IQRF. Navrhovaný systém v první řadě bude monitorovat a ovlivňovat pomocí jednotky Venus Ready kvalitu vzduchu v místnostech. Díky senzoru Hardwario COOPER IQ lze zaznamenávat i další hodnoty v prostředí. Prioritní pro ovládání jednotky Venus Ready je čidlo kvality vzduchu CO₂ a VOC. Naměřené hodnoty jsou poté v reálném čase vyhodnoceny systémem a řídicí jednotka udržuje koncentraci CO₂ na doporučené hladině 1000 ppm v místnosti. Senzor Hardwario COOPER IQ je vybaven funkcemi pro sledování dalších veličin ovlivňujících optimální klima v místnosti, jako jsou data o teplotě, intenzitě hluku, barometrickém tlaku, vlhkosti vzduchu, pohybu v místnosti, nadmořské výšce a intenzitě osvětlení viz Tabulka 3. Tyto údaje budou v budoucnu nápomocny pro nastolení optimálního klimatu v místnosti pro vzdělávání. Data o intenzitě osvětlení lze využít při výběru inteligentního osvětlení či stínění. Informace o teplotě v místnosti získaná ze Senzoru Hardwario COOPER IQ budou sloužit pro porovnání a zefektivnění informací o jednotlivých teplotách v místnostech objektu.

Tabulka 3 - Sledované hodnoty navrženého systému

Sledované hodnoty navrženého systémů	
Sledované hodnoty	Optimální hodnota řízená systémem
kvalita vzduchu CO ₂ a VOC	1000 ppr
teplota	21 °C
intenzita hluku	40–60 dB
barometrický tlak	-
vlhkost vzduchu	45–60 %
pohyb v místnosti	-
nadmořská výška	-
intenzita osvětlení	300 lx

Zdroj: vlastní zpracování

Ekonomické zhodnocení návrhu pro jednu místnost čítá jednotku Venus Ready za cenu 75 000 Kč (jednotka 750 m³, rozvody, jádrové vrtání), čidlo měření Hardwario COOPER IQ v ceně 8 000 Kč a řídicí jednotka Axon S175 IQRF za cenu 10 000 Kč (umožňuje připojení až deseti zařízení). Celková cena činí 93 000 Kč viz Tabulka 4. Cena z hlediska zdraví a zlepšení klima v místnosti je příznivá.

Tabulka 4 - Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení	
Výrobek	Cena
Venus Ready (ventilační jednotka 750 m ³ , rozvody, vrtání)	75 000 Kč
Hardwario COOPER IQ (senzor)	8 000 Kč
Axon S175 IQRF (řídicí jednotka)	10 000 Kč
Celková cena	93 000 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

Ekonomická návratnost investice do navrhovaného systému je předpokládána v úspoře financí za vytápění hlavně v zimních měsících. Díky velké efektivitě rekuperace jednotky Venus Ready, která činí 93 %, se předpokládá, že nebude potřeba intenzivního větrání okny a tím nebude docházet ke strmému poklesu teplot ve třídách a nárůstu vlhkosti. Tím se docílí optimalizace kvality vzduchu v prostoru, zvýšení koncentrace a psychické výkonnosti žáků. V neposlední řadě bude odstraněn zápach z vydýchaného vzduchu v prostoru, bude zamezeno rušivých vlivů z venkovního prostředí a prachů. Každý rodič se zabývá zdravím svých potomků a zdravé prostředí kam docházejí má pro ně velkou váhu při rozhodování výběru dalšího studia, proto i zde lze očekávat návratnost investice.

Škola, které patří objekt popisovaný v této práci, se snaží využívat moderních technologií a zajímá se o vhodné klima pro vyučování. Právě kvalitní prostředí výuky nabírá v poslední době na důležitosti. Již na jiné budově školy je podobné zařízení nainstalované, ale jeho využívání není dle prvotních představ. Zařízení je za provozu hlučné a při některých hodinách působí jako rozptylující prvek, nejčastěji při psaní zápisků či testech. Vyučující musejí zvyšovat hlas, aby je bylo slyšet i v zadních lavicích. Systém na této budově je sice automatizován, ale nezaznamenává ani neumožňuje správu a vyhodnocení zaznamenaných dat o koncentraci CO₂. Tyto informace byly nápomocné při výběru komponent na návrh systému řízení prostředí na druhou budovu.

Sledování koncentrace CO₂ je stěžejní pro nastolení optimálního klimatu v místnostech. Na lidský organismus působí mnoho vjemů, ale právě kvalita vzduchu je jedna z prvních, která nás ovlivňuje. V příznivé hladině koncentrace CO₂ je lidský organismus aktivnější, lépe se prokrvuje a tím je člověk bystřejší a lépe vstřebává informace. Při vysoké koncentraci CO₂ je naopak člověk unavený a snižuje se jeho aktivita a vnímání. Pro reálné využití tohoto návrhu napovídá i mnoho jiných projektů, které byly již uskutečněny na jiných školách.

Například na základní škole Květnového vítězství v Praze bylo dosaženo velkého zlepšení. Prvotní měření ukázalo průměrnou koncentraci CO₂ ve třídě 2 000 ppm, maximální hodnoty se pohybovaly okolo 4 000 ppm. Po instalaci jednotky Venus maximální hodnoty nepřesáhly 2 550 ppm a průměrné hodnoty při vyučování se pohybovaly okolo 1 070 ppm. Z výsledků je zřejmé zlepšení kvality prostředí. (43)

Vedení školy se k řešení uváděnému v této práci postavilo kladně a uvažuje o realizaci návrhu systému do objektu druhé budovy. Nejprve je však zapotřebí zhotovit projekt, v kterém se upřesní stavební prostupy a umístění instalované jednotky Venus v prostorech stropů. Poté po konzultaci s místní firmou se bude realizovat nákup senzoru s řídicí jednotkou a jejich propojení s následným uvedením do provozu.

Objevila se i možnost nechat celý projekt zhotovit externí firmou HomeUP. V tomto případě by veškeré administrativní a technické starosti řešila externí firma, ale značně by se prodražil celý návrh. Proto zatím od této možnosti bylo opuštěno.

Závěr

Bakalářská práce se zabývá návrhem zlepšení systému řízení prostředí ve vybraném objektu. Tento návrh zlepšení systému má zajistit požadované optimální podmínky kvality vzduchu v učebnách, laboratořích a kabinetech. Vybraný objekt se nachází v území města Jičín.

Po prozkoumání možností vylepšení systému řízení prostředí bylo zjištěno, že vylepšení stávajícího systému není optimální řešení. Aktuální systém vytápění ani systém individuální regulace tepla neumožňuje jiné sledování a řízení, než je teplota. Z tohoto důvodu jsem přistoupil k návrhu nového systému řízení prostředí.

Nové řešení, samostatný návrh systému řízení prostředí v objektu, je jedinou možností, jak hlavní cíl práce splnit a zároveň v sobě skrývá potenciál do budoucna. Pro nový návrh bylo zapotřebí vybrat základní funkční prvky. Výběr prvků byl učiněn z analýzy dostupných prvků pro zefektivnění systému. Tyto prvky byly vybírány s velkým důrazem na efektivitu a kvalitu výrobku a musely vyhovovat hlavním kritériím pro funkčnost navrhovaného řešení. Díky široké škále, kterou trh nabízí, se povedlo vyhovět všem nastoleným požadavkům.

Vybraný senzor Hardwario COOPER IQ veškerá kritéria splňuje a díky své relativně velké škále sledovaných hodnot umožňuje budoucí vylepšení navrhovaného řešení. Sledované hodnoty, které nejsou přímo ovládány, budou zaznamenány pro další využití (např.: inteligentní osvětlení místnosti atd.). I při výběru rekuperační jednotky byla kritéria splněna. Rekuperační jednotka Venus Ready vyniká kvalitním zpracováním a její výběr byl i pro značnou rezervu ve výkonu, a tedy její delší životnost. Řídící jednotka Axon S175 IQRF byla zvolena na doporučení firmy Microrisc a celý princip řízení je za pomoci technologie IQRF od této společnosti.

V době závěrečného psaní této bakalářské práce bylo rozhodnuto vedením školy o realizování tohoto návrhu u Nás na škole.

Seznam použitých zdrojů

1. Vermesan O, Friess P, editors. Internet of Things : Global Technological and Societal Trends from Smart Environments and Spaces to Green Ict. Aalborg: River Publishers; 2011.
2. SINCLAIR, Bruce. IoT Inc: how your company can use the internet of things to win in the outcome economy. New York: McGraw-Hill Education, [2017]. ISBN isbn9781260025897.
3. MÜLLER, Stefan. Internet of Things (IoT). 26. říjen 2016. Deutschland: Books on Demand, 2016. ISBN 9783741276606.
4. DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL. *Větrání*. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-80-01-06378-1.
5. ZMRHAL, Vladimír. *Větrání rodinných a bytových domů*. Praha: Grada, 2014. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4573-2.
6. NOVÁK, Jiří. *Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-1953-5.
7. MURTINGER, Karel. *Úsporný rodinný dům*. Praha: Grada, 2013. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4559-6.
8. LIBERMAN, Jacob. *Světlo - lék budoucnosti: jak ho využít ke svému uzdravení hned teď*. 2. vydání (opravené). Přeložil Jitka PRIHAROVÁ. Praha: Blue step, 2014. ISBN 978-80-905767-0-4.
9. PLCH, Jiří, Jitka MOHELNÍKOVÁ a Petr SUCHÁNEK. *Osvětlení neosvětlitelných prostor*. Brno: ERA group, 2004. ISBN 9788086517827.

10. Intenzita zvuku – decibel. *Www.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/216-intenzita-zvuku-decibel>
11. Mikroklimatické podmínky vnitřního prostředí pracovišť. *Http://www.szu.cz* [online]. [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/mikroklimaticke-podminky-vnitriho-prostredi-pracovist>
12. Udržitelné a komfortní bydlení. *Www.saint-gobain.cz* [online]. [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: <https://www.saint-gobain.cz/multikomfortni-bydleni/>
13. Kvalitní vzduch: kvalita vzduchu ovlivňuje naše zdraví, koncentraci i únavu. *Www.bydlet.cz* [online]. [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: <https://www.bydlet.cz/439438-kvalitni-vzduch-kvalita-vzduchu-ovlivnuje-nase-zdravi-koncentraci-i-unavu/>
14. Vnitřní prostředí. *Www.bydlet.cz* [online]. [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi>
15. VALEŠ, Miroslav. *Inteligentní dům*. Brno: ERA, 2006. ISBN 978-80-7366-062-8.
16. Větrání a zdravé vnitřní prostředí budov. *Www.mpo.cz/* [online]. 2017 [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/stavebnictvi-a-suroviny/konference-seminare/vetrani-a-zdrave-vnitri-prostredi-budov--226802>
17. Co je IoT? *Www.iot-portal.cz* [online]. [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: <https://www.iot-portal.cz/co-je-iot/>
18. Jak na IQRF: tři způsoby, jak si postavíte IoT síť s IQRF. *Www.root.cz* [online]. [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/jak-na-iqrf-tri-zpusoby-jak-si-postavite-iot-sit-s-iqrf/>

19. IQRF technology. *Www.iqrf.org* [online]. [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: <https://www.iqrf.org/technology>
20. IoT Networking. *Www.cisco.com* [online]. [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/internet-of-things/iot-network-connectivity.html#~stickynav=1>
21. Bezdrátové sítě pro internet věcí. *Www.microrisc.com/cs* [online]. [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: <https://microrisc.com/cs/what-we-do>
22. BURIAN, Pavel. *Internet inteligentních aktivit*. Praha: Grada, 2014. Průvodce (Grada). ISBN 978-80-247-5137-5.
23. Inteligentní budovy aneb chytré prostředí pro lepší život. *Www.microrisc.com* [online]. [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: <http://inbudovy.cz/artukul/article/inteligentni-budovy-aneb-chytre-prostredi-pro-lepsi-zivot/>
24. Vyhláška č. 108/2001 Sb. *Www.zakonyprolidi.cz* [online]. [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-108>
25. Rekuperační jednotky Venus Comfort a Venus Ready HRV nové generace. *Www.multivac.cz* [online]. [cit. 2019-11-03]. Dostupné z: <http://www.multivac.cz/produkty/rekuperacni-jednotky-venus>
26. Smart Things. *Www.fibaro.com* [online]. [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: <https://www.fibaro.com/cz/smartthings/>
27. Internet věcí (Internet of Things) - propojení různých zařízení díky internetu. *Www.kodys.cz* [online]. [cit. 2019-10-27]. Dostupné z: <https://www.kodys.cz/technologie/internet-veci-internet-things>

28. Smarwi - chytré otevírání oken. *Www.vektiva.com* [online]. [cit. 2019-11-03].
Dostupné z: <https://vektiva.com/shop/smarwi>
29. Vše, co potřebujete vědět o barevné teplotě světla. *Www.lighting.philips.cz*
[online]. [cit. 2019-10-28]. Dostupné z:
<https://www.lighting.philips.cz/vzdelavani/blog-budoucnost-svetla/svetlo-v-domacnosti/barevna-teplota-svetla-chromaticnost>
30. Jaká je správná koncentrace CO₂ ve zdravé budově? *Www.tzb-info.cz* [online].
[cit. 2019-10-28]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-skol/17612-jaka-je-spravna-koncentrace-co2-ve-zdrave-budove>
31. Hardwario. *Www.hardwario.com* [online]. [cit. 2019-11-03]. Dostupné z:
<https://www.hardwario.com/>
32. *Carbon dioxide (CO₂) - AirQS-100S* [online]. [cit. 2019-10-31]. Dostupné z:
<https://www.albau.lv/ru/products/airqs-100s-air-quality-sensor-carbon-dioxide-co2-airqs-100s>
33. *Čidlo NLII-CO₂+RH+T-IQRF* [online]. [cit. 2019-10-31]. Dostupné z:
<https://www.careforair.eu/produkty/kombinovana-cidla/co2-cidla-a-relativni-vlhkost/nlii-cidlo-co2-rektivni-vlhkosti-teploty-s-modulem-iqrf/>
34. *Detektor plynu HUTERMANN CO₂-501oxidu uhličitého* [online]. [cit. 2019-10-31]. Dostupné z: <https://www.tipa.eu/cz/detektor-plynu-hutermann-co2-501oxidu-uhliciteho/d-201405/>
35. Větrací jednotka Zehnder. *Www.zehnder.cz* [online]. [cit. 2019-11-03]. Dostupné z: <https://www.zehnder.cz/rekuperace-pro-byty>
36. IQRF technology. *Www.iqrf.org/* [online]. [cit. 2019-11-03]. Dostupné z: <https://www.iqrf.org/technology>

37. Světlo pro naši budoucnost. *Www.odbornecasopisy.cz* [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: www.odbornecasopisy.cz/svetlo/clanek/svetlo-pro-nasi-budoucnost--2688
38. Intenzita světla. *Www.eglo.com* [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <https://www.eglo.com/czechia/Svet-svetla/Vse-o-svetle/Vysvetlivky-pojmu/Intenzita-svetla>
39. AES šifrování. In: *Www.istorage-cz.com* [online]. [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: <https://www.istorage-cz.com/zajimave-informace/aes-sifrovani/>
40. Kvalita vnitřního prostředí v našich předpisech - mikroklima. In: *Www.vetrani.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/2470-kvalita-vnitriho-prostredi-v-nasich-predpisech-mikroklima>
41. Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka. In: *Www.vetrani.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/2650-vnitri-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>
42. Výsledky měření: Nevhodné vnitřní prostředí škol! *Www.vetrani.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2019-11-17]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-skol/15988-vysledky-mereni-nevhodne-vnitri-prostredi-skol>
43. VENUS do škol. *Www.vetrani.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2019-11-17]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/11758-venus-do-skol>
44. SWOT analýza. *Www.managementmania.com* [online]. [cit. 2019-11-18]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/swot-analyza>

45. Základní úvod do oblasti internetu věcí (IoT). *Www.automatizace.hw.cz* [online]. [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/zakladni-uvod-do-oblasti-internetu-veci-iot.html>
46. Fog Computing. *Www.iot-portal.cz* [online]. [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <http://www.iot-portal.cz/2017/06/16/fog-computing/>
47. Mesh sítě – P2P architektura v bezdrátových sítích. *Www.marigold.cz* [online]. [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: www.marigold.cz/item/mesh-site-p2p-architektura-v-bezdratovych-sitich
48. Zabezpečení sítí pro provoz Internetu věcí (IoT). *Www.systemonline.cz* [online]. [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/it-security/zabezpeceni-siti-pro-provoz-internetu-veci-iot.htm>
49. Bezdrátová inovace pro malá data jménem IQRF. *Www.root.cz* [online]. [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/bezdratova-inovace-pro-mala-data-jmenem-iqrf/>
50. Zdravé vnitřní prostředí. *Www.zdravabudova.cz* [online]. [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <http://www.zdravabudova.cz/cs/zdrave-vnitri-prostredi>
51. *Systémy pro inteligentní budovy* [online]. [cit. 2019-11-23]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/239/Cover.html>
52. Fyziologické vymezení zvuku. *Www.stavba.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2019-11-23]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/214-fyziologicke-vymezeni-zvuku>
53. Zdravé bydlení. *Www.drevoastavby.cz* [online]. [cit. 2019-11-23]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/zdrave-bydleni/5518-svetelna-hygiena-vliv-svetla-na-zdravi-cloveka-lenka-maierova-o-svetle-a-tme>

Zdroje Obrázků

- Obr1: IoT TechConnect. In: *Www.mitechnews.com* [online]. [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <http://mitechnews.com/featured/iot-techconnect-a-survival-guide-to-the-internet-of-things-in-michigan/>
- Obr2: Sustainable Farming. In: *Www.fierceelectronics.com* [online]. [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <https://www.fierceelectronics.com/components/sustainable-farming-and-iot-cocoa-research-station-indonesia>
- Obr3: Základní úvod do oblasti internetu věcí (IoT). In: *Www.automatizace.hw.cz* [online]. [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/zakladni-uvod-do-oblasti-internetu-veci-iot.html>
- Obr4: Vermesan O, Friess P, editors. Internet of Things : Global Technological and Societal Trends from Smart Environments and Spaces to Green Ict. Aalborg: River Publishers; 2011. Str39
- Obr5: Stručná historie naší školy v datech. In: *Www.vos-sps-jicin.cz* [online]. [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <https://www.vos-sps-jicin.cz/?main=historie>
- Obr6: Čidlo *NLII-CO2+RH+T-IQRF* [online]. [cit. 2019-10-31]. Dostupné z: <https://www.careforair.eu/produkty/kombinovana-cidla/co2-cidla-a-relativni-vlhkost/nlii-cidlo-co2-reltivni-vlhkosti-teploty-s-modulem-iqrf/>
- Obr7: *Carbon dioxide (CO2) - AirQS-100S* [online]. [cit. 2019-10-31]. Dostupné z: <https://www.albau.lv/ru/products/airqs-100s-air-quality-sensor-carbon-dioxide-co2-airqs-100s>
- Obr8: *Detektor plynu HUTERMANN CO2-501 oxidu uhličitého* [online]. [cit. 2019-10-31]. Dostupné z: <https://www.tipa.eu/cz/detektor-plynu-hutermann-co2-501-oxidu-uhliciteho/d-201405/>
- Obr9: Hardwario. *Www.hardwario.com* [online]. [cit. 2019-11-03]. Dostupné z: <https://www.hardwario.com/>
- Obr10: Smarwi - chytré otevírání oken. *Www.vektiva.com* [online]. [cit. 2019-11-03]. Dostupné z: <https://vektiva.com/shop/smarwi>
- Obr11: Větrací jednotka Zehnder. *Www.zehnder.cz* [online]. [cit. 2019-11-03]. Dostupné z: <https://www.zehnder.cz/rekuperace-pro-byty>
- Obr12: Rekuperační jednotky Venus Comfort a Venus Ready HRV nové generace. *Www.multivac.cz* [online]. [cit. 2019-11-03]. Dostupné z: <http://www.multivac.cz/produkty/rekuperacni-jednotky-venus>