

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Diplomová práce

**Návrh inovací pro systém řízení prostředí ve vybraném
objektu.**

Bc. Josef Vávra, DiS.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Josef Vávra, DiS.

Veřejná správa a regionální rozvoj – c.v. Jičín

Název práce

Návrh inovací pro systém řízení prostředí ve vybraném objektu.

Název anglicky

Proposal to innovation the environment management system in selected building

Cíle práce

Diplomová práce je zaměřena na problematiku řízení systému prostředí ve vybraném objektu. Hlavním cílem práce je analýza inovací systému řízení prostředí s použitím prvků IoT.

Dílčí cíle:

- analýza stávajícího systému
- zhodnocení aktuálního stavu
- analýza dostupných prvků pro zefektivnění systému
- formulace závěru a doporučení

Metodika

Metodika řešení problematiky diplomové práce je založena na studiu a analýze odborné a vědecké literatury. 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 diplomové práce.

Doporučený rozsah práce

40 – 50 pages

Klíčová slova

IoT, vnitřní klima, oxid uhličitý, intenzita osvětlení

Doporučené zdroje informací

AMSTUTZ, Lisa J. Internet of things. Lake Elmo, MN: Focus Readers, [2020]. ISBN 9781641858496
LIBERMAN, Jacob. Light medicine of the future: how we can use it to heal ourselves NOW. Rochester: Bear & Company, 1991. ISBN 1879181010.
MALÝ, Martin. Hradla, volty, jednočipy: úvod do bastlení. Praha: CZ.NIC, z.s.p.o., 2017. CZ.NIC. ISBN 978-80-88168-23-2.
MARTEL, Anadi. Light Therapies: A Complete Guide to the Healing Power of Light. EU: Healing Arts Press, 2018. ISBN 1620557290.
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 1260025896.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 ZS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Alexandr Vasilenko, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 17. 8. 2021

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2021

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 23. 11. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Návrh inovací systému řízení prostředí ve vybraném objektu " jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 29. 11. 2022

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 mne v průběhu psaní práce podporovali především mé rodině.

Návrh inovací pro systém řízení prostředí ve vybraném objektu.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zaměřuje na problematiku kvality interního prostředí ve vybraném objektu. Zaměří se na souvislost aspektů prostředí a aktivity a zdraví člověka.

Vyhodnocování hodnot v prostředí se provede za pomoci širokospektrého senzoru, který má zpracování na precizní úrovni s vhodným rozsahem měření. Hlavní sledovanou hodnotou je oxid uhličitý CO₂ a intenzita osvětlení. Dorozumívání senzorů je řešeno prostřednictvím sítě Internetu věcí (IoT). Oblast regulace množství oxidu uhličitého v místnosti je vyřešena výběrem vhodné ventilační jednotky, problematika osvětlení je řešena řízeným osvětlením vše s možností napojení na vybranou síť internetu věcí. Při výběru komponent systému řízení je využito vícekritériální analýzy. Při návrhu inovací systému je zohledněn charakter budovy a dostupné IoT technologie v okolí.

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

Design of innovations for the environmental management system in the selected facility.

Abstract

This thesis focuses on the quality of the internal environment in a selected building. It will focus on the relationship between aspects of the environment and human activity and health. The evaluation of the environmental values will be done using a wide spectrum sensor that has precision level processing with a suitable measurement range. The main monitored value is CO₂ carbon dioxide and light intensity. The communication of the sensors is handled through the Internet of Things (IoT) network. The area of controlling the amount of carbon dioxide in the room is covered by the selection of a suitable ventilation unit, the lighting issue is solved by controlled lighting all with the possibility of connection to the selected IoT network. A multicriteria analysis is used to select the components of the control system. The character of the building and the available IoT technologies in the surroundings are taken into account when designing the system innovation.

Keywords: IoT, temperature, environment, carbon dioxide, control, control system, lighting intensity.

Obsah

1 Úvod.....	11
2 Cíl práce a metodika	13
2.1 Cíl práce	13
2.2 Metodika	13
3 Teoretická východiska	15
3.1 Internet věcí (IoT)	15
3.2 Technologie IQRF.....	22
3.3 Vnitřní prostředí	23
3.4 Řídicí systémy	28
4 Vlastní práce	30
4.1 Aktuální situace systému řízení v budově	30
4.2 Posouzení současné situace systému řízení.....	36
4.3 SWOT analýza prvků pro inovaci systému řízení.....	37
4.4 Vícekriteriální analýza prvků pro inovaci systému řízení.....	47
4.5 Návrh zlepšení systému řízení prostředí	51
5 Výsledky a diskuse	54
5.1 Ekonomické zhodnocení návrhu	54
6 Závěr.....	57
Seznam použitých zdrojů	59
Seznam zdroje obrázků:.....	65

Seznam obrázků

Obrázek 1 - internet věcí (1)	15
Obrázek 2 - Schéma sběru dat IOT (2)	16
Obrázek 3 - Volba komunikačního systému podle potřebného přenosového dosahu. (3) ..	17
Obrázek 4 - MESH síť komunikace a tok dat (4)	19
Obrázek 5 - IQRF Transceiver (vlastní zpracování).....	23
Obrázek 6 - Graf vlivu světla na člověka	26
Obrázek 7 - Hladiny intenzity zvuku (dB) (5)	28
Obrázek 8 - Vizualní řešení kotelny SWcontrol (vlastní zpracování)	31
Obrázek 9 - Vzduchotechnika kuchyň (vlastní zpracování).....	32
Obrázek 10 - Parametry topení (vlastní zpracování)	32
Obrázek 11 - Hlavní menu DIRC	33
Obrázek 12 - Zobrazování teplot prostředí DIRC (vlastní zpracování).....	34
Obrázek 13 - Diagnostika systému vytápění DIRC (vlastní zpracování).....	34
Obrázek 14 - Hardwario Cooper IQ multisenzor (5).....	38
Obrázek 15 - Monitor kvality vzduchu 5 v 1 (6)	39
Obrázek 16 - WiFi Senzor 3v1 – Tuya (7)	40
Obrázek 17 - Ambientní LoRaWAN senzor AM319 (8)	41
Obrázek 18 - VENTILA HOUSE 300 (9)	42
Obrázek 19 - Dalap ZEPHIR SIMPLE (10)	43
Obrázek 20 - Řetězový otvírač EA230-K-50 (11).....	44
Obrázek 21 - Ledvance - PLANON LED/28W/230V Wi-Fi (12).....	45
Obrázek 22 - Wi-Fi Smart LED – Tuya (13).....	46
Obrázek 23 - Princip regulace (vlastní zpracování).....	52

Seznam tabulek

Tabulka 1 - SWOT analýza – Hardwario Cooper IQ	38
Tabulka 2 - SWOT analýza – 5 IN 1 CO ₂ Meter.....	39
Tabulka 3 - SWOT analýza - WiFi Senzor 3v1 - Tuya	40
Tabulka 4 - SWOT analýza – Ambientní LoRaWAN senzor AM319	41
Tabulka 5 - SWOT analýza – VENTILA HOUSE 300.....	42
Tabulka 6 - SWOT analýza – Dalap ZEPHIR SIMPLE.....	43
Tabulka 7 - SWOT analýza – Řetězový otvírač EA230-K-50	44

Tabulka 8 - SWOT analýza – Ledvance – PLANON LED	45
Tabulka 9 - SWOT analýza – Stropní LED osvětlení - Tuya.....	46
Tabulka 10 - vícekriteriální analýza – senzory	48
Tabulka 11 - vícekriteriální analýza – ventilace	49
Tabulka 12 - vícekriteriální analýza – osvětlení	50
Tabulka 13 - Finanční přehled	55

1 Úvod

Tato diplomová práce se zaměřuje na sledování hodnot v prostředí vybrané budovy, konkrétně budovy pro ubytování mládeže spadající pod VOŠ a SPŠ, Jičín. Cílem práce je navrhnout vhodný systém řízení prostředí, tak aby došlo ke zlepšení podmínek pro studenty a pracovníky.

Prostředí nelze posuzovat jen podle jedné veličiny, jak tomu často bývá. Nelze řešit pouze teplotu v místnosti. Na komfortnost prostředí má vliv velké množství hodnot, kromě již zmíněné teploty například hluchnost, intenzita osvětlení, kvalita vzduchu, vlhkost prostředí a další. Místnosti, ve kterých žijeme či pracujeme, mají velký vliv na náš zdravotní stav a energičnost. V diplomové práci se proto zaměříme na kvalitu vzduchu, který v objektu dýcháme a intenzitu osvětlení. Tyto dvě hodnoty na nás bezprostředně působí a ovlivňují naše chování a výkonost.

Rozvoj technologií v informačním průmyslu a stále se zvětšující počet chytrých zařízení má za následek levnější a tím i dostupnější zařízení pro využití i v menších objektech. Velkým přičiněním je čím dál větší zastoupení specifického odvětví v IT a to tzv. „Internet věcí“ (IoT), který je dnes ve velké oblibě, a i do budoucna se předpokládá jeho vzestup. Internet věcí byl a stále zůstává jedním ze základních pilířů pro průmysl 4.0, který se stále rozrůstá a působí na nás. Tato expanze průmyslu usnadňuje výběr zařízení, který na trhu je díky mnoha výrobců chytrých zařízení. Některé malé i globální firmy se spojují do aliancí a sdílí mezi sebou své technologie pro efektivnější rozvoj. Tímto spojením dosahují rychlejších inovativních výsledků a jsou schopni konkurovat světovým aglomeracím.

Určení správného zařízení pro sledování kvality vzduchu v místnosti je stěžejní a je potřeba se mu věnovat hlouběji. Zkoumáním kritérií zařízení zabývajících se kvalitou vzduchu se volba neulehčila. Nestačí si vybrat jakékoliv čidlo na oxid uhličitý (CO_2), je nutné zjistit jeho rozsah a princip měření, je potřebné, aby senzor měl funkci VOC – sledování hodnot těkavých organických látek. I tyto látky dýcháme a mají na náš život velký vliv (30).

Volba správného přístroje pro regulaci množství látek v ovzduší je důležité téma. V práci se proto pokusíme zvolit vhodné technologické řešení regulace výměny vzduchu v místnosti s ohledem na charakter budovy. Schopnost daného řešení komunikovat s prvky IoT je zásadní pro tento projekt.

V dnešní době pokroku nesmíme zapomenout i na sledování intenzity osvětlení, která na nás působí denně všude a je mnohdy podceňována a bagatelizována. Přitom je intenzita osvětlení

velmi důležitá, působí na činnost člověka a přímo ho ovlivňuje skrze zrakový orgán. Nastavením správného osvětlení v místnosti lze docílit vyšší výkonosti lidského těla a jeho psychické pohody. Sluneční svit je, také zdrojem důležitého vitamínu D.

I z tohoto důvodu se pokusíme zvolit vhodnou technologii regulace a osvětlení s dostatečnou svítivostí pro sledovaný objekt.

Všechny tyto kritéria budou rozhodující při výběru systému řízení.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem práce je analýza inovací systému řízení prostředí s použitím prvků IoT. Prvním krokem práce bude prozkoumat stávající systém řízení a jeho funkčnost a efektivnost. Po důkladné analýze stávajícího systému, zhodnotíme jeho současný stav a možné napojení na další systémy řízení prostředí.

Dále bude provedena analýza dostupných inovací systému, nebo zjištění dílčích prvků pro zefektivnění systému, které dnešní trh nabízí. Návrh bude následně hodnocen z různých hledisek.

Hlavním cílem práce je analýza inovací systému řízení prostředí s použitím prvků IoT a dále se zaměříme na dílčí cíle:

- rozbor IoT technologie vhodné pro řešení dané problematiky v systému řízení pro vnitřní prostředí,
- analýza stávajícího systému, jeho funkčnosti a návaznost na jiný systém, efektivita,
- zhodnocení současného stavu systému řízení,
- analýza dostupných prvků pro zefektivnění systému,
- návrh inovativního řešení,
- formulace závěrů a doporučení.

2.2 Metodika

Část teoretická se zabývá tématem Internetu věcí (IoT), toto téma bude vysvětleno a uveden jeho potenciál pro tuto práci i pro budoucnost Informačních technologií. Navazovat na toto téma bude IQRF technologie, která s IoT úzce spolupracuje. Dále bude věnovaná část práce vnitřnímu prostředí, které veličiny ho definují a jak působí na lidský organismus. V závěrečném oddílu teoretické části budou charakterizovány řídicí systémy a jejich rozdělení.

Praktická část práce se v první řadě zaměří na stávající stav systému řízení v objektu. Bude provedena jeho analýza funkčnosti, nastíněn princip řízení a ovládání s následným vyhodnocením. Dále bude provedena analýza dostupných prvků 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 Teoretická východiska

3.1 Internet věcí (IoT)

Definice Internetu věcí je mnoho, ale všechny se shodují v podstatě toho, že se jedná o mechanismus, který nepotřebuje člověka k své činnosti. Tyto zařízení jsou vybavena elektronikou, aplikací, síťovým připojením a senzory, které dohromady umožňují fungování a ovládání na dálku prostřednictvím datové sítě internetu.



Obrázek 1 - internet věcí (1)

„Internet věcí“ (IoT) je jedním ze základních stavebních kamenů digitální transformace v mnoha oblastech společnosti. Sítě v domácnosti pod pojmem „inteligentní dům“ nebo dokonce „připojené auto“ jsou pouze dva příklady použití (1, 30).

Takto propojená zařízení můžeme snadno ovládat chytrým telefonem nebo řídicí jednotkou. V podstatě jde o digitální transformaci, která na začátku z „hloupých“ zařízení dělá zařízení „Smart“ čili chytrá. Tato skutečnost vede k jinému nahlížení na používání těchto technologií (1, 2, 3).

3.1.1 Rozdíl oproti standardnímu IT

Komunikace s přenosem dat se v IoT liší od tradičních IT systémů (video stream, databáze, web). Velký rozdíl je ve velikosti přenesených dat. Sítě IoT se nehodí pro přenos velkého objemu dat, jejich specifikem je přenos malých datových objemů v častých časových intervalech. Zato počet zařízení připojených do sítě je značně větší.

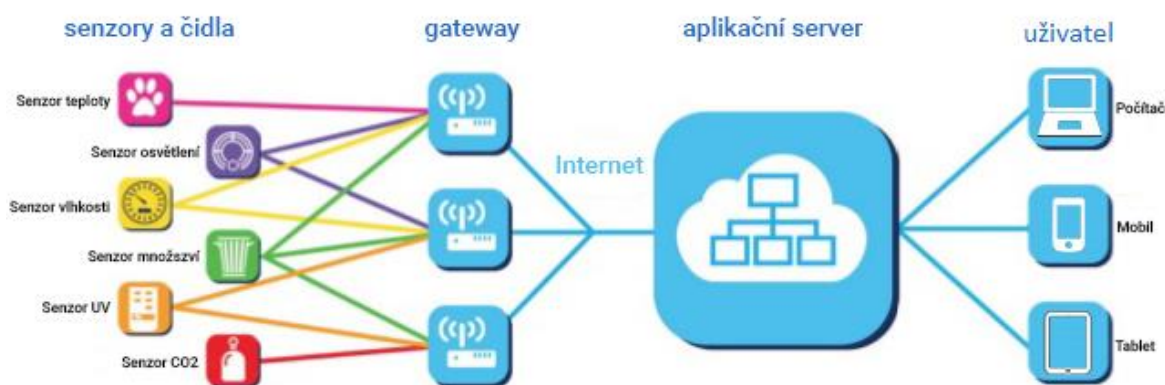
Jádro technologie IoT tkví v přesunutí hlavního výpočtu systému a požadavků do koncového zařízení, centrální systém (cloud) slouží k shromáždění dat.

IoT vyžaduje specifické procesy a řešení bezpečnosti, přenosu dat, zajišťování kvality a stability komunikačního kanálu. To vše z důvodu omezeného výpočetního výkonu (2, 3, 14, 30).

3.1.2 Snímání a sběr dat

Zařízení, která jsou připojena do infrastruktury IoT využívají jeden, nebo více čidel pro snímání fyzikálních veličin a událostí jejich hodnot z prostředí. Každé čidlo monitoruje podmínky jako umístění (geografická lokace, poloha v prostoru), pohyb, vibrace, kvalitu ovzduší, teplotu a intenzitu osvětlení.

V prostředí internetu věcí se tyto čidla navzájem propojují a tvoří komplexní systémy, které s pomocí naprogramované aplikační logiky dokážou pochopit, nebo prezentovat informace ze snímačů. Tyto snímače poskytnou nám lidem nové informace o reálném světě, ve kterém žijeme (2, 27, 30).



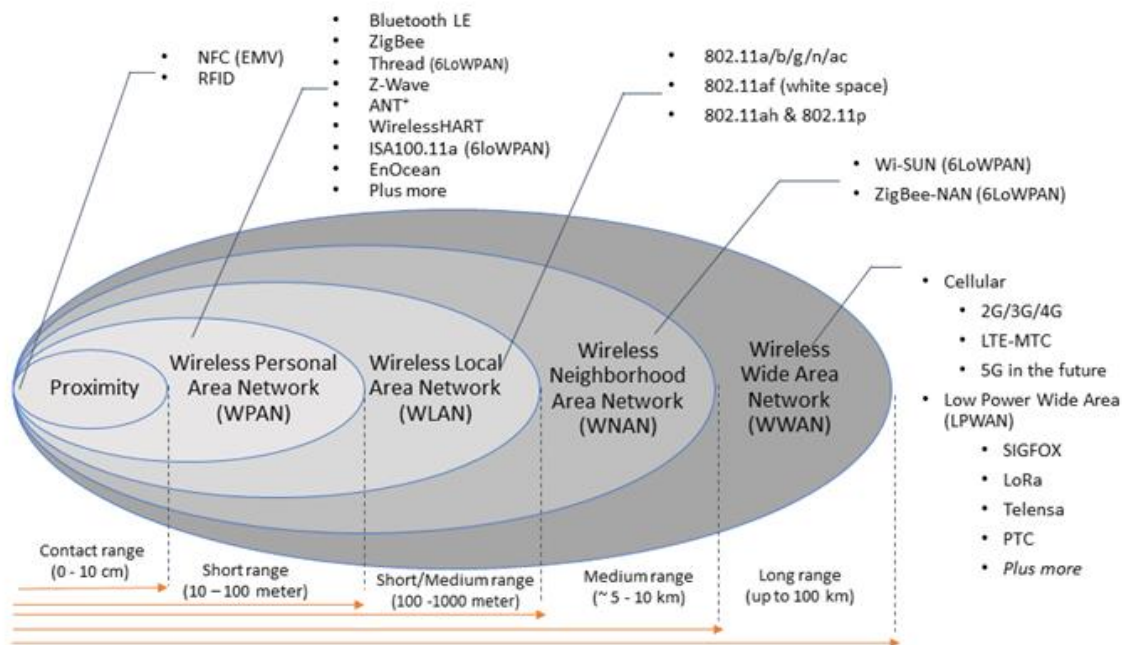
Obrázek 2 - Schéma sběru dat IOT (2)

3.1.3 Komunikace IOT a její dosah

Komunikace probíhá za účelem sběru dat z různých senzorů a čidel, sdílení těchto dat za pomoci sítě internet, pro účel dalšího zpracování a vyhodnocování uživatelem.

Dostupná je spousta komunikačních technologií hodících se pro internet věcí, mezi prvotní lze určit bezdrátové WiFi nebo Bluetooth komunikační kanály (zvláště novější vyvinutá BLE verze = Bluetooth Low-Energy), které již umožňují, byť na poměrně krátké vzdálenosti několika metrů nebo desítek metrů, bezdrátově připojit nositelnou elektroniku, sluchátka, chytré hodinky k počítači, tabletu či mobilu. V případě firmy lze propojit daný systém s výrobní linkou pro získání provozních dat, nebo jeho základní nastavení a ovládání, výhodou je i jiné frekvenční pásmo, které nezasahuje do firemní sítě (3).

Každé Smart zařízení má vlastní aplikaci (operační systém), senzory a určitou podporu síťové konektivity (WiFi, USB, Bluetooth, ...). Prostřednictvím této konektivity komunikuje se zbytkem spárovaných (připojených) zařízení (2).



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

Na Obrázek 3 vidíme vybrané technologie pro komunikaci v prostředí Internetu věcí a jejich preferovaný dosah komunikace. V rámci tohoto návrhu se budeme zabývat technologiemi pro „Short range“ kratší vzdálenost s nízkou náročností na spotřebu energie.

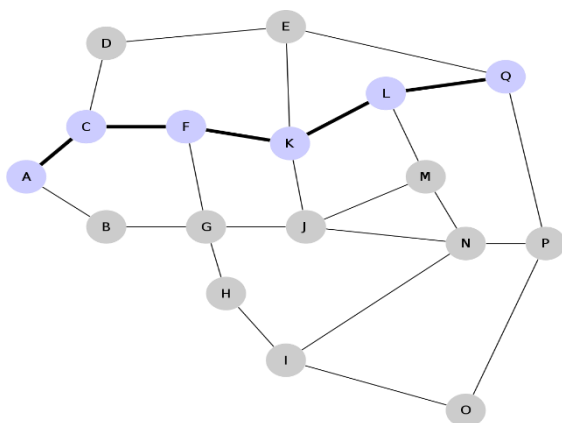
Oproti dřívějším letům je dnešní označení IoT mnohem známější a v podstatě se jedná o velmi malá zařízení, která vynikají svou energetickou nenáročností a umožňují komunikovat i na značně velké vzdálenosti. Dnes se technologie vyvinuté před pár lety z kategorie LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) stávají součástí dnešního života kolem nás. Existující systémy jako ZigBee, Z-Wave, Thread a další, které jsou velmi často využívány v IoT. Slouží nejčastěji v lokální síti několika desítek či stovek metrové vzdálenosti přenosu dat.

Uvedené systémy jsou vhodné pro použití v závislosti na klíčových faktorech:

- **dosah** – data se předávají ve vzdálenosti několika metrů či kilometrů,
- **rychlost přenosu dat** – kapacita přenosové sítě a její odezva,
- **energetická náročnost** – nositelná elektrotechnika má převážně kratší životnost baterie, stále se jedná o největší slabinu této technologie, s vývojem nových baterií, ale některé zařízení slibují i provoz v řádu let,
- **frekvence** – Frekvenční rozsah sítě použitelný v dané lokalitě.

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 (6, 30).

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 anuluje. 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. MESH síť samostatně rozhoduje o tom, přes jaká zařízení data potečou a vybírá automaticky tu nejlepší možnou cestu.



Obrázek 4 - MESH síť komunikace a tok dat (4)

v danou chvíli k vysílači u kterého je silnější signál – čili vyšší stabilita připojení a vyšší přenosová rychlost.

Z laického pohledu tedy může připomínat neuronovou síť v mozku, která používá aktuálně nejsilnější vazby (7, 8, 9, 30).

Největším přínosem této technologie je mobilita zařízení připojena do mesh sítě, tyto zařízení pracují bez nutnosti změny dané sítě – neztrácí spojení s vysílačem, a tedy se neodpojují, nedojde k odpojení a k přerušení proudu dat. Zařízení je vždy připojeno

3.1.4 IOT síť v ČR

V současné době na území ČR funguje několik společností zajišťujících IoT síť. Tyto společnosti využívají různé standardy a komunikační protokoly. V následující části budou představeny ty největší z nich.

- Síť Sigfox, provozovatel SimpleCell v České republice

Jednalo se o nejrozšířenější IoT síť v Evropě, která se pomalu rozšiřovala i na další kontinenty. Založena byla v roce 2010 a do dalších zemí se rozrůstá pomocí lokálních operátorů, jako je například SimpleCell pro ČR. Do sítě se lze připojit po registraci u lokálního operátora. Síť komunikuje na frekvenci 868 MHz s vysílacím výkonem 25mW pomocí technologie UNB. V rámci sítě je pak možné posílat až 12bytové zprávy v počtu 144 zpráv za den a přijímat až čtyři 8bytové zprávy za den. Přenosová rychlost sítě je pak 100bits. Síť je rozšířena již do 65 zemí. V ČR je pokryto 94 % území (5, 30, 39).

Aktuálně (květen 2022) má, ale firma Sigfox finanční problémy, společnost hledá nového majitele. A firma provozující síť v ČR SimpleCell již na Slovensku omezuje provoz, vypíná vysílače IOT, v ČR zatím omezení neohlásila (38, 40).

- CRA - LoRa

Dalším velkým poskytovatelem IoT služeb na území ČR je CRA, tedy České Radiokomunikace. Ty využívají technologii LoRaWAN. Ta opět komunikuje na frekvenci 868 MHz s vysílacím výkonem 25mW, ale tentokrát pomocí technologie Spread Spectrum. To ji umožňuje komunikaci pod úrovní šumu. Počet zpráv není omezen, ale maximální délka

zprávy je 255 bytů. Síť využívá 9 kanálů, 8 pro uplink a 1 pro downlink. Přenosová rychlost může být až 55kbits (4, 30).

- NB-IoT

NarrowBand - IoT (NB-IoT) je situován na standardech technologie LPWA (low power wide area), která je vyvinutá s cílem umožnit širokou škálu nových zařízení a služeb internetu věcí. NB-IoT výrazně snižuje spotřebu energie uživatelských zařízení, kapacitu systému a efektivitu spektra, zejména v šířce pokrytí. Životnost baterie je udávána na více než 10 let tím má předpoklad k širokému použití. NB-IoT je technologie, která využívá LTE pásma a lze implementovat do stávajících vysílačů a přijímačů za pomoci softwarového upgradu. Není tedy zapotřebí dokupovat jakékoli další hardwarové vybavení. Mobilní operátoři O2 a Vodafone, kteří budují naši tuzemskou síť, využili svých stávajících vysílačů a během krátké doby dosáhli vysoce spolehlivého pokrytí téměř po celém území České republiky (28, 10, 11, 30).

Součástí zařízení musí být možnost čtení SIM karty, ať už se jedná o zabudovanou eSIM či klasickou čtečku SIM. Je to však malá cena za možnost využití této úzkopásmové sítě s velmi nízkou spotřebou energie (30).

NB-IoT umožňuje vyšší přenosové rychlosti, zabezpečení na vysoké úrovni, díky práci v licencovaném pásmu technologie zajišťuje nízkou míru rušení okolními signály, než je tomu u LoRa a Sigfoxu. Cena zařízení je o něco dražší než u konkurenční LoRa nebo SigFox technologie, avšak tato cena se postupem času stále snižuje (10, 11, 30).

Kromě standartních aplikací, jako je snímání a měření různých veličin či sledování naplněnosti kontejneru odpadu v městech, jsou NB-IoT zařízení vhodná pro aplikace, kde je nutná častější a obousměrná komunikace. Mezi takové aplikace patří například sledování zásilek, nositelné technologie (např. chytré hodinky či chytrá jízdní kola) či aplikace pro zemědělství (10,11, 30).

3.1.5 Ochrana IoT komponent

V jednom se výrobci antivirových systémů a bezpečnostních řešení shodnou: zařízení internetu věcí, jako jsou IP kamery nebo třeba po internetu ovládané vytápění, představují zásadní bezpečnostní riziko. Mnoho z nich je totiž nedokonale zabezpečeno a vystaveno útokům hackerů. I velké firmy, neustále objevují bezpečnostní mezery ve svých produktech. Hlavní problém je, že mezi výrobci neexistuje žádný konsensus, jak tato zařízení zabezpečit (12, 30).

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 (30).

Každé zařízení je v síti jednoznačně identifikováno pomocí unikátního 32bitového Sigfox ID, které je přiřazeno při výrobě. Vlastnictví daného zařízení se převádí online pomocí PAC (Porting Authorization Code) kódu. Samotná komunikace tedy vypadá tak, že zařízení pošle data k základnové stanici, která je nejbližší, odkud putují pomocí zabezpečeného IP spojení do cloudu Sigfox (46).

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 (30).

Základní je komplexní šifrování pomocí 128bitové šifry, přičemž se využívá systém dvou klíčů, kdy jeden má provozovatel sítě a druhý provozovatel služby (koncový zákazník). Každá LoRa Gateway vyžaduje pro komunikaci s řídicím serverem buď vyhrazenou přípojku, anebo se připojuje prostřednictvím zabezpečeného připojení ve standardní přípojce k síti Internet. Je důležité zmínit, že každý typ použitého čidla podléhá certifikaci. Do sítě CRA je možno přihlásit pouze certifikované typy čidel (46).

NB-IoT síť nabízí zabezpečení na protokolu CAVE, AKA a dalších, které jsou používány v komunikaci u mobilních operátorů, kde má tato síť svou základnu. AKA – Ověření a dohoda o klíči aka 3G ověřování. Základ mechanismu autentizace 3G, definovaného jako nástupce Ověřování na základě CAVE, AKA poskytuje postupy pro vzájemné ověřování mobilní stanice a obsluhujícího systému. Úspěšné provedení AKA má za následek vytvoření asociace zabezpečení (tj. Souboru bezpečnostních dat) mezi MS a obsluhujícím systémem, který umožňuje poskytování sady bezpečnostních služeb (13).

Mezi hlavní výhody AKA patří:

- větší ověřovací klíče (128bitové),
- silnější hashovací funkce,
- podpora vzájemného ověřování,
- podpora integrity dat signalizačních zpráv,
- podpora šifrování signalizačních informací,
- podpora šifrování uživatelských dat (13).

3.1.6 Komponenty IoT v prostředí řídicího systému

Prvky internetu věcí jsou již dnes nedílnou součástí mnoha zařízení. Tyto prvky dnes již cenově dostupné nám pomáhají pochopit a ovlivňovat prostředí v kterém žijeme. Již není sci-fi mít dům na hlasové ovládání, ale je to realitou. Díky velké škále možností, co dnešní trh nabízí v IoT či Smart technologií je řízení prostředí kolem nás vcelku jednoduché. Řídící jednotky jsou dnes, tak optimalizovány a kvalitně vyrobeny, že vydrží léta a mají velkou škálu využití. Z prostředí domácnosti lze sledovat spotřebu vody, elektrické energie, plynu, intenzitu osvětlení a kvalitu ovzduší.

Ve firemním prostředí lze sledovat navíc například spotřebu materiálu různého druhu, skladové zásoby, pohyb lidí a mnoho dalších.

Města mohou tyto technologie využít na sledování plnosti kontejnerů, již tato technologie začíná být standardem v mnoha městech, která používají zapuštěné kontejnery do země na různý typ odpadu jako plast, sklo a papír.

3.1.7 Budoucnost v IoT

Vize Future Internet založená na standardních komunikačních protokolech zvažuje sloučení počítačových sítí, internetu věcí (IoT), internetu lidí (IoP), internet energie (IoE), internet médií (IoM) a internet služeb (IoS), do společné globální IT platformy bezproblémových sítí a síťové „chytré věci / objekty“ (14, str. 29).

Tato budoucnost, v jistých případech současnost, již začala a funguje mezi námi. V jistých odvětví více v jiných méně, ale je to pokrok, který nelze zastavit. Pokrok v první řadě vytvoření pro lepší život nás všech.

3.2 Technologie IQRF

IQRF je technologie pro nízký výkon, nízkou rychlost, nízký 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 (30).

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 odesláním a přijímáním příkazů a dat pomocí jednoduchého protokolu

(Direct Peripheral Access - DPA). Implementace je mnohem jednodušší než při programování (30).

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 (15, 30).

Protože IQRF pracuje v MESH síti, ve které všechna zařízení, kterým to konfiguračně nezakázete, 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 (16, 30).

3.3 Vnitřní prostředí

Vnitřní prostředí budov, objektů má zásadní vliv na zdraví člověka, trávíme v něm velkou část svých dní a tím i života a je tedy důležité vědět, jaké hodnoty jsou optimální a jak jich dosáhnout.

Prostředí v budovách je v zásadě ovlivněno několika faktory a to: tepelný komfort, čistota vzduchu, správně zvolené osvětlení a jeho intenzita, použité doplňky, barva prostředí a rostliny. To je výčet pár hlavních faktorů, které na člověka bezprostředně působí v objektech přímo.

3.3.1 Kvalita ovzduší

Kvalita vzduchu má velký vliv zejména na naše zdraví a pocit komfortu uvnitř budov. Zde je úzká souvislost s provozováním budovy její klimatizační a ventilační technologie, které ve výsledku vedou i k energetickým úsporám. Automatizace budov je v tomto ohledu velkým pomocníkem (17, 30).

Pro správně nastavení automatizace a určení si výchozích hodnot pro kvalitu ovzduší lze využít data z Větrání za účelem dodržení hygienických norem z vyhlášky č. 20/2012 Sb.

Nejdůležitější sledované veličiny vzduchu v budovách jsou:

- Koncentrace CO₂ do 1000 ppm
- Vlhkost vzduch 40 % - 60% (optimální hodnoty)
- VOC senzor
- Celkové množství hub a plísní

V mnoha případech, kdy v budovách je špatně nastavená a udržovaná kvalita ovzduší či je nízká míra výměny vzduchu větráním, je pravděpodobnost výskytu jevu, jako je bolest hlavy, únava, suché sliznice a onemocnění cest dýchacích velmi vysoká a častá (17, 18, 30, 52).

Jako uživatelé budov máme několik možností, jak ovlivnit ovzduší kolem nás:

- intenzivním provětráváním celého prostoru v řádu několika minut,
- chránit části těla před přímým prouděním vzduchu – záda, zátylek,
- prouděním vzduchu rovnoměrné v místnosti – vzduchotechnika,
- množství přivedeného vzduchu má odpovídat velikosti odvedeného,
- sledování parametrů a hodnot, následné plánování úprav,
- dbát pravidelné údržby filtru a vzduchové instalace.

3.3.2 Tepelná kvalita

Pohodlí člověka je hlavně spojené s vnímáním teploty a je jedním ze zásadních ukazatelů, které určují celkovou kvalitu vnitřního prostředí budov a významně určují produktivitu jejich obyvatel. Člověk na základě svých biologických pochodů neustále produkuje teplo, které odevzdává do svého okolí. Udržování optimální tepelné kvality zároveň úzce souvisí

s kvalitním a efektivním provozováním budov, které přispívá k energetickým úsporám (17, 18, 30, 53).

Optimální teplota vnitřního vzduchu je pro oblečeného člověka $21,5 \pm 2$ °C v zimním období. Teplota okolních ploch, tedy stěn, stropu, oken apod. nemá být nižší než o 2 °C. V letním období se tato hodnota pohybuje 26 ± 2 °C, je závislá zejména na teplotě ve venkovním prostředí, neboť 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 z nachlazení, která je příznačná pro "překlimatizované" budovy. Rychlost proudění vzduchu by neměla překročit 0,1 m/s (17, 18, 30, 53).

Teplotní komfort ovlivňuje hlavně následujících šest faktorů:

- Teplota vzduchu v místnosti
- Střední hodnota záření
- Proudění vzduchu a jeho rychlost
- Vzdušná vlhkost v prostoru
- Jaké má člověk na sobě oblečení
- Úroveň tělesné zátěže

Požadavky na kvalitu vnitřního prostředí vycházejícího z 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.

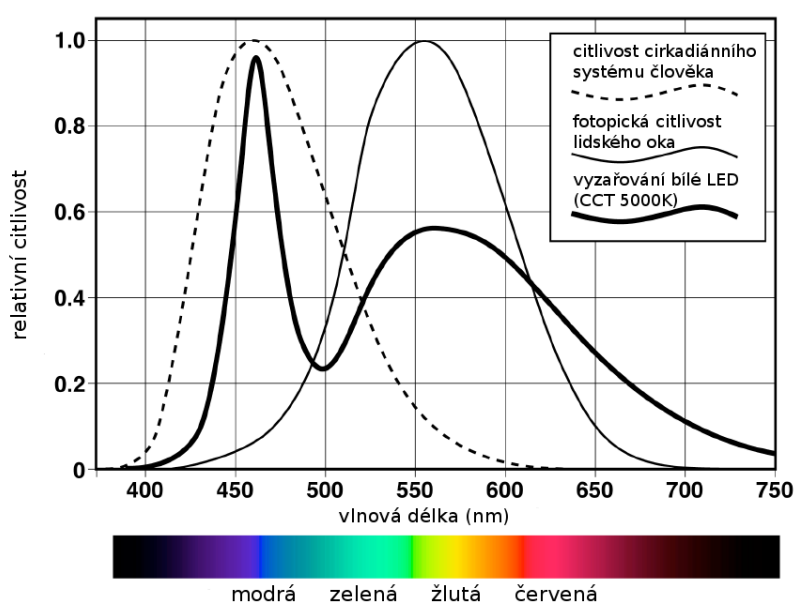
3.3.3 Světelné klima

Světlo je pro život zcela elementárním faktorem, bez kterého bychom nemohli žít. Po celý den ovlivňuje výkon, zdraví i celkovou psychiku. Denní světlo řídí naše biorytmy, vyplavování hormonů v těle a má tak vliv na téměř všechny životně důležité procesy. Jinými slovy tělo využívá světla jako živinu pro metabolické procesy, podobně jako vodu nebo potravu (17, 19, 20, 30, 54).

Ze začátku lidé nechápali, proč je slunce v této léčbě účinné, ale časem objevili, že když na kůži dopadají sluneční paprsky vyvolává to celou sérii reakcí organismu vedoucích k produkci vitamínu D, jenž je nezbytný pro vstřebávání vápníku i jiných minerálů ze stravy. Jestliže je vitamínu D nedostatek, tělo není schopné absorbovat dostatečné množství vápníku nezbytného pro normální růst a vývoj kostí. Jeho deficit vede k rozvoji křivice u dětí a osteoporózy u dospělých. Dnes už se obecně ví, že zdravý vývoj a udržování kostí je přímo závislé na schopnosti organismu vstřebávat vápník a fosfor. Vitamin D, který si tělo vyrábí reakcí na sluneční záření není opravdový vitamin, nýbrž hormon, nazývaný cholekalciferol, který vyrábí tělo, je-li vystaveno ultrafialovému záření. Liší se od komerčně vyráběného vitamínu D3, obsaženého v mléčných výrobcích, i od vitamínu D2, který najdeme ve většině vitaminových tabletek i v obohacené stravě. Přirozeně vytvářený D3 je v těle účinnější a není toxický, zatímco D2 může být ve vysokých dávkách jedovatý (21 str.94).

Hlavní byl v tomto směru objev třetího druhu fotoreceptorů v lidském oku, který je citlivý na modrou složku světelného spektra (o vlnové délce cca 464 nanometrů) a je schopný řídit produkci melatoninu, což je hormon, který řídí právě cirkadiánní rytmus člověka. Melatoninu se jinak říká „hormon tmy a spánku“ a právě jeho nedostatek způsobuje poruchy spánku a nespavost (17, 20, 72).

Vynálezem umělého osvětlení se v posledních 140 letech citelně proměnil životní styl; v rozvinutých zemích podstatná většina obyvatel mění svůj přirozený cirkadiánní rytmus



prostřednictvím světla. Důsledky narušení cirkadiánního rytmu jako jsou sezónní deprese (SAD) a poruchy spánku se více projevují u obyvatel vyšších zeměpisných šířek, kde vlivem výrazně prodlouženého dne v létě a noci v zimě nedochází k dostatečně

Obrázek 6 - Graf vlivu světla na člověka

Zdroj: <http://www.svetelneznecistení.cz/img-content/8.png>

vysokým a nízkým hladinám osvětlení (19, 29, 54).

Nehraje však roli pouze dostatek světla, ale i jeho charakter – zda se jedná o světlo přirozené nebo umělé. Podstatný je přístup uživatelů budovy k dennímu světlu, jehož barevné spektrum se na rozdíl od umělého osvětlení během dne mění. Právě tyto změny barevnosti spektra určují náš biorytmus, říkají nám, kdy je čas spát a kdy být aktivní. Pokud máme nedostatek denního světla, projeví se to nekvalitním spánkem a špatnou náladou. Nekvalitní světelné podmínky také způsobují bolesti očí, hlavy a celkovou únavu. Správné světlo naopak přináší vyšší výkonnost, menší chybovost, prevenci pracovních úrazů i nižší podíl pracovních neschopností (20, 30, 54, 72).

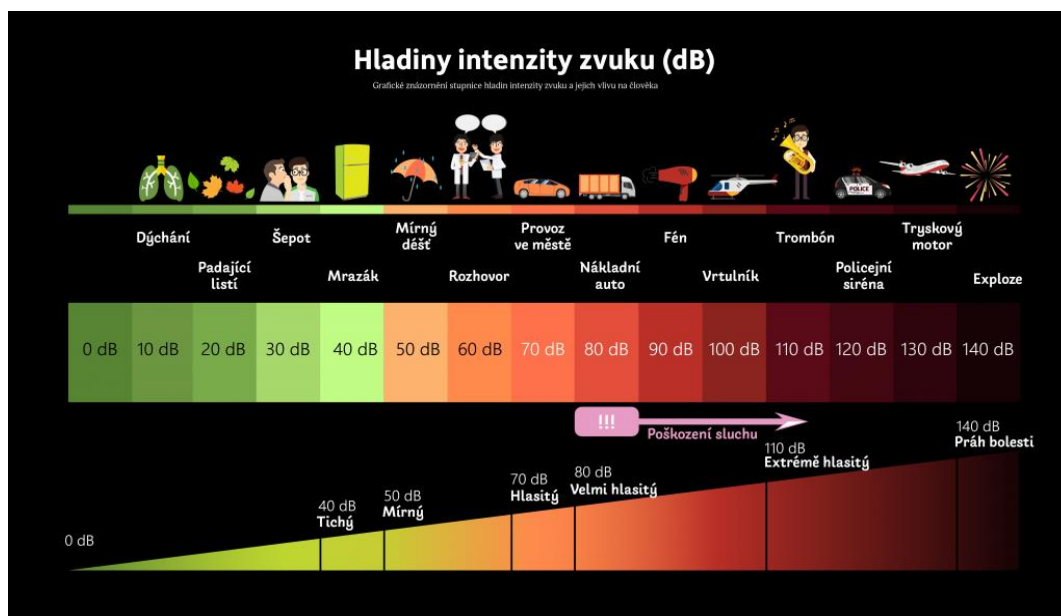
3.3.4 Akustika – hluk

Mezi požadavky na zdravé vnitřní prostředí patří i tzv. akustická pohoda. Člověk se dlouhá tisíciletí vyvíjel v přírodě, kde využíval sluch k orientaci a přežití. Dodnes automaticky zaměřujeme pozornost směrem, odkud slyšíme hluk. 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, žaludeční vředy, vyšší krevní tlak, zvýšenou náladovost, a dokonce i impotenci (30).

Co je to vlastně hluk? 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 (17, 30, 51).

Tyto limity vycházejí z:

- zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví,
- vyhláška č. 561/2006 Sb., o stanovení seznamu aglomerací pro účely hodnocení a snižování hluku,
- zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů,
- zákon č. 266/1994 Sb., o drahách, ve znění pozdějších předpisů.



Obrázek 7 - Hladiny intenzity zvuku (dB) (5)

Je důležité, aby provozovatel zdroje hluku technicky, organizačně nebo jinak zabránil překračování hluku hygienických limit v rozsahu stanovení zákonu č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví. Jedná se o ochranu venkovních prostor, vnitřních prostor staveb a venkovních prostor staveb. Hygienické limity se upravují zase podle nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

3.4 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, SWcontrol a asi nejznámější společnost SIEMENS (30).

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 (30).*

4 Vlastní práce

4.1 Aktuální situace systému řízení v budově

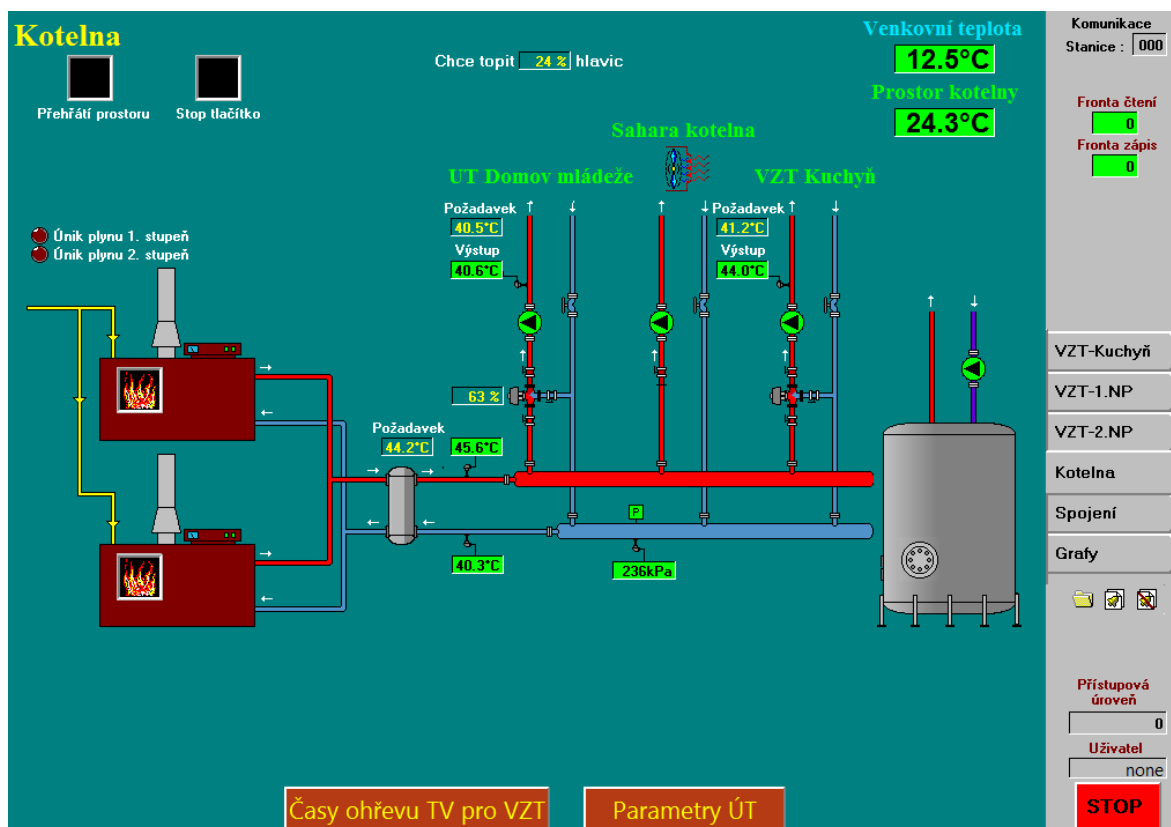
Vybraný objekt, budova Domova mládeže sahá svojí historií až do roku 1894. Za touto stavbou stojí architekt Bedřich Peka a následnou podobu a rozšíření dostal za úkol významný Jičínský architekt Čeněk Musil, který za svojí kariery velmi ovlivnil podobu budov v Jičíně (22).

Budova za svého času prošla celou řadou významných proměn. Ale již od počátku byla zasvěcena vzdělávání původní účel této budova Rolnická škola. Jak čas plynul, tak zůstala její povaha věrná vzdělávání, ale od cca roku 1950 slouží převážně pro ubytovávání účely škole VOŠ a SPŠ Jičín, je zde možno ubytovat cca 96 studentů. V roce 2009 až 2010 prošla budova rekonstrukcí elektroinstalace a přízemí budovy byla zrekonstruovaná školní jídelna (23, 24).

Budova má celkem tři nadzemní podlaží a jedno podzemní podlaží. Podzemní podlaží sloužilo, jako kryt civilní obrany, nyní je zde část technického vybavení budovy. Zde se čas i místy zastavil. Nadzemní patra jsou již vybavena lépe, jak již bylo zmíněno budova prošla rozsáhlou rekonstrukcí v letech 2009 až 2010 z hlediska elektro instalace, ale při této příležitosti byla i zasíťována datovými kabely CAT6 a do budovy je vedena datová síť pomocí optického kabelu. Každá místnost až na výjimky má svoje vlastní vyústění datové přípojky. Dále bylo na chodbách rozmístěno několik WiFi routeru značky

Ubiquiti, které splňují standardy WiFi 6, 802.11s/b/g/n/ac/ax a slouží k bezdrátovému připojení zařízení.

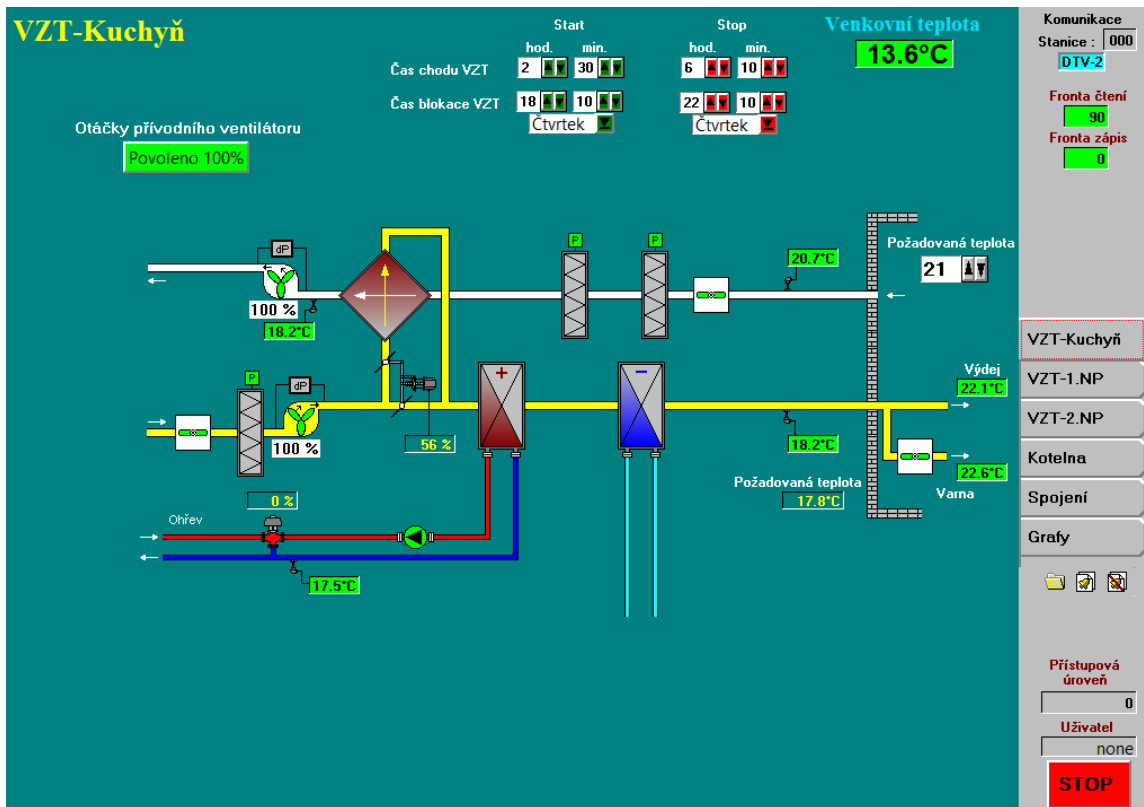
Vytápění prošlo též rekonstrukcí a je řešeno dvěma moderními kondenzačními kotly, každý kotel má výkon 150kW oba kotle se dle nastavených cyklů střídají, aby se prodloužila životnost a v případě tužší zimy, aby včas bylo na topeno na požadovanou teplotu zvláště po víkendu, kdy je provoz v útlumu, jejich provoz je zpravidla o 15–25 % méně nákladní než u starých atmosférických kotlů. Provoz kotlů je řízen řídicí jednotkou od společnosti SWcontrol a její aplikace plně běží na školním serveru, kde je k ní umožněn přístup pomocí VPN připojení (dřívější řešení obsahovalo PC v kotelně, které muselo být neustále zapnuto).



Obrázek 8 - Vizuální řešení kotelny SWcontrol (vlastní zpracování)

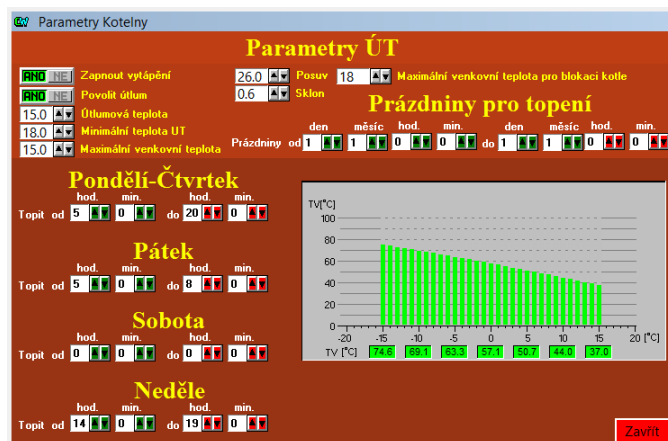
Zpracování uživatelského prostředí ovládání kotelny je graficky velmi povedené. Reakce řídicího systému je velmi svižná, dle obrázku je vidět několik sledovaných hodnot a vizualizací stavu dílčích jednotek a čidel od kotle počínaje až po teplotu v okruhu konče. Z důvodu provozu jídelny a její potřeby klimatizace je provoz plynových kotlů takřka nepřetržitý celý rok (v letní sezoně stačí chod jednoho kotle a díky technologii a principu kondenzačních kotlů je v letním měsících potřeba jen zlomek výkonu oproti zimě cca 20–30 %).

Obrázek 9 vizuálně vypovídá o principu fungování vzduchotechniky v jídelně. Vidíme zde údaje o vstupní provozní teplotě i výstupní, výkon ventilátorů a otevření klapky. Tyto všechny informace systém potřebuje pro své fungování a pro docílení konečné požadované teploty v prostoru Výdeje jídla a Varny aby byla jídelna schopna obsloužit až 500 strážníků (24).



Obrázek 9 - Vzduchotechnika kuchyň (vlastní zpracování)

Tlačítkem „Parametry ÚT“ se uživateli zpřístupní základní ovládání kotelny, její zapnutí vypnutí, nastavení provozních teplot a provozu na jednotlivé dny viz Obrázek 10. Na tento



Obrázek 10 - Parametry topení (vlastní zpracování)

vyjádření v tomto případě, že „chce topit 24 % hlavice“, to je důležitý údaj pro kotelnu hlavně pro čerpadla, která ženou vodu v oběhu při takovéto informaci dá systém povel čerpadlu, aby zvýšilo výkon. Vyšší výkon je potřeba aby teplá voda byla schopna proudit až do míst, kde je nižší teplota a jsou hlavice otevřené.

systém vytápění je navázán částečně systém regulace teploty v místnost. Částečně proto, že systém má signalizaci, kolik je otevřeno, nebo zavřeno hlavice, ale stále je odkázán na teplotu vratné vody, která je pro něj prioritní pro určení výkonu kotlů a stavu topení. Na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** je v prostředku nahoře vidět stav hlavice v procentuálním

4.1.1 Nynější regulace místností v objektu:

System řízení regulace teploty v místnosti je na všech třech budovách VOŠ a SPŠ Jičín totožný a má do něj přístup jen omezené množství lidí. Vzdálenou správu provádí firma ENESA, lokální správu THP pracovníci. Tento systém byl již představen v Bakalářské práci autora práce, zde je uvedena jen jeho základní představa fungování, která je podstatná pro řídicí systém.



Obrázek 11 - Hlavní menu DIRC (vlastní zpracování)

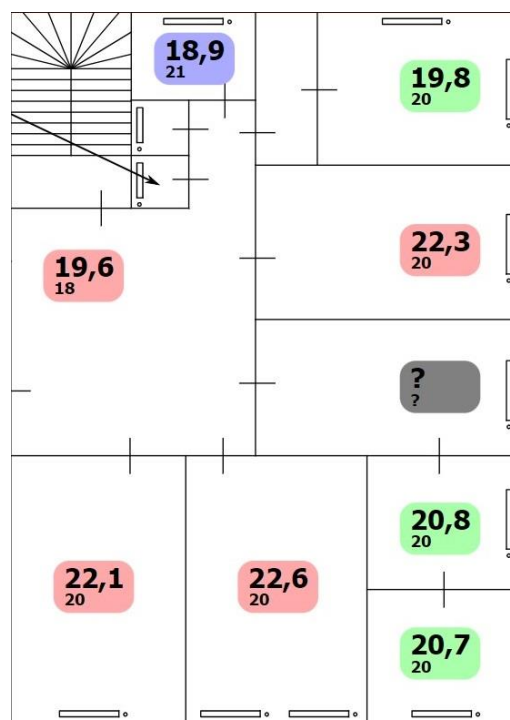
V každé místnosti jsou nainstalované termohlavice na topných tělesech, tyto hlavice jsou pevně připojené k lokální jednotce a ta komunikuje po datovém kabelu s řídicí jednotkou. Každá místnost je osazena jedním teplotním čidlem, které též komunikuje s řídicí jednotkou, taktéž je propojené pomocí datového kabelu (odpadá zde problém výměny baterií, ale je zde kladen důraz na kvalitu napájecího zdroje v lokální jednotce a vzdálenost). Zdroj v lokální jednotce je schopný napájet až 20 zařízení, v praxi je zapojeno ± 16 zařízení na jeden zdroj, i tak se, ale již stalo za dobu používání této technologie, že byla detekována

chyba a na vině byl právě vadný zdroj. V tomto systému na tento druh poruchy není pamatováno (nepředpokládá se), bohužel jsme byli již na jedné budově svědky čtyř vadných zdrojů a jejich lokalizace není jednoduchá je zapotřebí elektrikářského technika.

Samotná regulace probíhá pomocí teplotního čidla, které 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 hlavícím k otevření (povel je proveden způsobem, že do termostatické hlavice je pozastaven přísun elektrického napětí a tím se otevře ventil). Po na topení místnosti o stupeň nad požadovanou teplotu, vydá řídicí jednotka povel hlavícím k uzavření termostatického ventilu (řídicí 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 $\pm 1^{\circ}\text{C}$.
- 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 12 - Zobrazování teplot prostředí DIRC (vlastní zpracování)

Selhání jednotek (aktualizováno 13:20:41)

Zóna	Transakční jednotka
	[04/02] - 01/2NP/208 Elektro, serverovna 208
01/1NP/112 - učebna (16e)	připojeno k [06/02] - 01/1NP/107 Elektro, mít 107
01/1NP/127 - šatny	připojeno k [08/02] - 01/1NP/129 Elektro, kab. TV 129
02/1NP/18c - sprchy	připojeno k [12/02] - 02/3NP/45
02/1NP/18d - technická místnost	připojeno k [12/02] - 02/3NP/45
02/1NP/23a - chodba	připojeno k [12/02] - 02/3NP/45
02/3NP/x302 - WC M	připojeno k [12/02] - 02/3NP/45

Selhání čidel (aktualizováno 13:20:41)

Zóna
02/3NP/48d - chodba
03/1NP/117b - Pokoj-šatna

Selhání hlavic (aktualizováno 13:20:41)

Zóna
02/3NP/48a - chodba

Obrázek 13 - Diagnostika systému vytápění 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 (30).

Jako další častá porucha je povolená hlavice, když jsou hlavice dotaženy pomocí příslušného nástroje, tak jsou případy, kdy je neodborně povolena. Jakmile není hlavice správně dotažena k ventilu, nepracuje správně dle nastavení, a místnost, kde se takováto hlavice nachází, přestává být regulována a zpravidla se přetápí. Tuto skutečnost nelze vhodným způsobem podchytit programově (často se stává, že je místnost přetopena zpravidla ty, která jsou osvětlena slunečním svitem), systém danou místnost ukazuje s červeným podbarvením zpravidla jsou topná tělesa chladná, ale místnost ohřáta více. Takto vzniká teplotní diskomfort.

4.2 Posouzení současné situace systému řízení

V současné době (rok 2022/23) systém řízení topení je schopný a komunikuje částečně se systémem řídícím teploty v místnostech pomocí termohlavic. Díky této skutečnosti je schopný regulovat výkon čerpadel a topení pro docílení tepelného komfortu v místnostech ubytovacího zařízení. V jídelním zařízení navíc systém komunikuje se systémem vzduchotechniky a dodává požadované množství tepla do výměníku dle potřeby systému. Vzduchotechnika v jídelně udržuje předepsanou teplotu a nezávadnost vzduchu pro práci v tomto zařízení, v místnosti Varny a Výdejny je instalováno čidlo pro toto měření.

Kde však jsou značné mezery, jsou ubytovací pokoje. Pokoje nemají řešenou ventilaci jinak než otevřením okna – tím ale dochází k značnému ochlazení teploty a následnému vytápění místností – je to značně neefektivní a neekonomické neboť vznikají velké tepelné ztráty. Osvětlení v pokojích je řešené standard světly typu zářivkové těleso, nebo LED žárovkou v patici E27. Převážně dle zjištění, jsou světla osazeny tělesy, které svítí studeným jasně bílým světlem. V pokojích je absence čidla pro sledování kvality vzduchu a intenzity osvětlení, tyto dvě veličiny jsou pro pobyt v místnosti a studování velice důležité, pomocí jejich sledování a napojení na systém regulace lze vytvořit komfortní nepřetopené klima, jak pro relaxaci, tak pro práci (studování), zvolením vhodné rekuperační technologie lze docílit značných úspor ve vytápění.

4.3 SWOT analýza prvků pro inovaci systému řízení

Tato kapitola je soustředěna na popis a vyhledání zařízení pro zefektivnění systému, jejich následnou analýzu a množnost využití v navrhovaném systému. Zařízeních bude záměrně hodnoceno více, z důvodu možnosti porovnání, v neposlední řadě pro možnost výběru.

Hlavní kritéria rozhodování jsou rozsah a kvalita senzoru pro CO₂, senzor pro snímání intenzity osvětlení v místnosti, oba senzory musí být schopny komunikovat v síti IoT (30).

„SWOT analýza je univerzální analytická technika zaměřená na zhodnocení vnitřních a vnějších faktorů ovlivňujících úspěšnost projektu nebo jiného hodnoceného systému. Podstatou analýzy je tedy identifikovat klíčové silné a slabé stránky organizace a klíčové příležitosti a hrozby vnějšího prostředí“ (25).

„SWOT je metoda, která popisuje silné (Strengths) a slabé (Weaknesses) stránky, příležitosti (Opportunities) a hrozby (Threats). První dvojice se věnuje vnitřním stránkám projektu, druhá dvojice popisuje externí vlivy, na které nemá dopad chování realizátorů projektu, ale se kterými je nutné počítat. Z hlediska praktického je důležité, že se používá v podstatě pro přípravu libovolných projektů a téměř všechny firmy i instituce ji využívají. Důvodů pro její používání je více – je to metoda rychlá, jednoduchá, přehledná a funkční“ (26).

Komponenty budou popsány a bude provedena jejich SWOT analýza, vypsány budou silné a slabé vlastnosti produktu a příležitosti s hrozbami pro jejich využití.

SWOT analýza bude použita pro první vyčlenění komponent, které by mohly být použity do inovativního návrhu systému řízení.

4.3.1 Sensory CO2 a Intenzity osvětlení

Hardwario COOPER IQ



Tento environmentální IoT multisenzor slouží převážně k vnitřnímu použití. Navržen je tak, že splňuje ty nejvyšší požadavky kvality snímání dat a zároveň vyniká nízkou spotřebou energie s bezdrátovou komunikací v síti IQRF, NB-IoT, LoRaWAN a Bluetooth . Je vybaven 11 vestavěnými senzory, včetně nejmodernějšího snímače CO₂ NDIR. Životnost baterie multisenzoru je až 3 roky. Lze nakonfigurovat vybavení čidel dle vlastního požadavku. Senzor lze umístit kamkoliv do prostoru, nebo zachytit na zeď (30, 31).

Obrázek 14 - Hardwario Cooper IQ multisenzor (5)

Tabulka 1 - SWOT analýza – Hardwario Cooper IQ

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> • konektivita s IQRF, NB-IoT, LoRaWAN, Bluetooth Low Energy • česká firma z regionu Liberec • USB rozhraní (s podporou napájení) • integrovaný kryptochip • kladné zkušenosti s jeho používáním v jedné budově VOŠ a SPŠ Jičín • CO₂ + VOC – těkavé organické látky (čidlo kvality vzduchu) • intenzita světla • teplota, Vlhkost vzduchu • pohyb (PIR) • akustický zvuk • a další 	<ul style="list-style-type: none"> • cena cca 11 000 Kč • absence zobrazovacího zařízení
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> • možnost propojení se systémem osvětlení • sledování a vyhodnocování dat z více čidel 	<ul style="list-style-type: none"> • studenti – poškození čidla • špatné umístění • nepřijetí technologie a její nevyužívání

Zdroj: vlastní zpracování

5 IN 1 CO₂ Meter



Obrázek 15 - Monitor kvality vzduchu 5 v 1 (6)

Jedná se kvalitní detektor kvality vzduchu, s vysokou přesností a kvalitním provedením. Předností je velká obrazovka s informacemi o naměřených hodnotách. Napájení je řešeno pomocí USB-C a zařízení je schopné fungovat z vnitřní baterie i pár dní (32).

Tabulka 2 - SWOT analýza – 5 IN 1 CO₂ Meter

Silné stránky	Slabé stránky
funkce: <ul style="list-style-type: none"> • CO₂ detektor čip • zvuková indikace • USB rozhraní (s podporou napájení) senzory: <ul style="list-style-type: none"> • CO₂ + VOC – těkavé organické látky (čidlo kvality vzduchu) • teplota, Vlhkost vzduchu 	<ul style="list-style-type: none"> • cena cca 1 800 Kč
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> • malý lehce přenositelný • disponuje dobíjecí baterii • obrazovka s hodnotami 	<ul style="list-style-type: none"> • studenti – neodborná manipulace, poškození • nevhodně zvolené umístění zařízení • nepřijetí technologie a její nevyužívání

Zdroj: vlastní zpracování

WiFi Senzor 3v1 - Tuya



Obrázek 16 - WiFi Senzor 3v1 – Tuya (7)

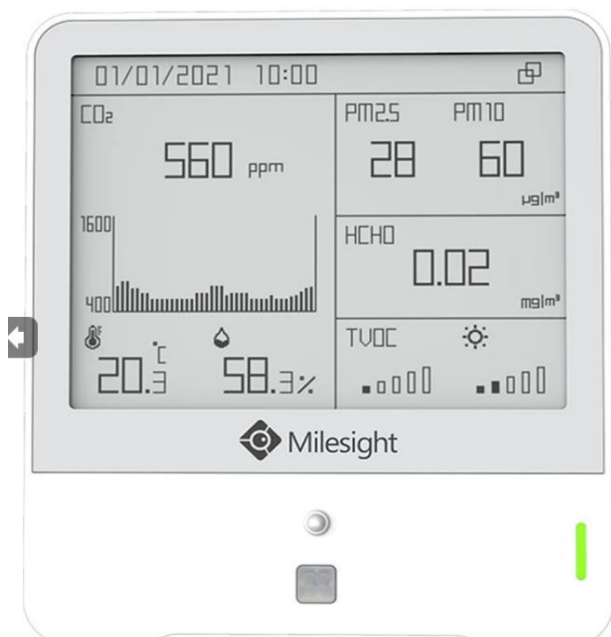
Senzor od společnosti Tuya disponuje třemi čidly a WiFi konektivitou. Naměřené údaje přenáší do mobilní aplikace Tuya, v této aplikaci je možné vytvářet automatizační kroky s naměřenými hodnotami. Zařízení je na baterie. Disponuje energeticky nenáročným displejem, kde jsou zobrazeny základní měřené údaje. Data posílá do aplikace dle nastavených parametru, čím menší nastavení odchylky od nastavení tím častější odesílá dat do aplikace. Data z aplikace lze automaticky exportovat a nadále využít (33).

Tabulka 3 - SWOT analýza - WiFi Senzor 3v1 - Tuya

Silné stránky	Slabé stránky
funkce: <ul style="list-style-type: none"> • příznivá cena 800Kč • automatizační prvky senzory: <ul style="list-style-type: none"> • teplota, Vlhkost vzduchu, Intenzita osvětlení 	<ul style="list-style-type: none"> • absence měření CO₂ • pracuje na baterie
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> • malý lehce přenositelný • obrazovka s hodnotami • propojení do aplikace a automatizace • intuitivní aplikace • možnost propojení s IFTTT 	<ul style="list-style-type: none"> • studenti – neodborná manipulace, poškození • nevhodně zvolené umístění zařízení • nepřijetí technologie a její nevyužívání

Zdroj: vlastní zpracování

Ambientní LoRaWAN senzor AM319



Obrázek 17 - Ambientní LoRaWAN senzor AM319 (8)

Jedná se o pokojový nástěnný senzor, který monitoruje vnitřní prostředí, je navržen na instalaci zdi. Zařízení disponuje 9 senzory. Konektivita se sítí LoRaWAN (34).

Tabulka 4 - SWOT analýza – Ambientní LoRaWAN senzor AM319

Silné stránky	Slabé stránky
funkce: <ul style="list-style-type: none"> • milesight IoT Cloud • ovládání pomocí aplikace android, iOS či PC • kompatibilita s LoRaWAN senzory: <ul style="list-style-type: none"> • teplota, vlhkost, PIR, světlo, • tlak, CO₂, O₃, TVOC, HCHO, PM2.5 a PM10 	<ul style="list-style-type: none"> • pořizovací cena cca 8500Kč
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> • malý lehce přenosný • obrazovka s hodnotami • napájení pomocí USB-C 	<ul style="list-style-type: none"> • studenti – neodborná manipulace, poškození • nevhodně zvolené umístění zařízení • nepřijetí technologie a její nevyužívání

Zdroj: vlastní zpracování

4.3.2 Prvky ventilace a rekuperace

VENTILA HOUSE 300



Obrázek 18 - VENTILA HOUSE 300 (9)

Rekuperační jednotka Ventila House 300 je vzduchotechnické zařízení, které vyměňuje vzduch v místnosti za vzduch venkovní s minimálními ztrátami teploty díky rekuperačnímu tělesu uvnitř jednotky.

Pomocí potrubí je čerstvý vzduch rozváděn do přilehlých místností. Přívodní a odvodní vzduch je také filtrován. Při rekuperačním

cyklu zařízení, také odchází velká část vlhkosti obsažená ve vzduchu jednotka

má funkci Entalpická rekuperace – je schopna část vlhkostí zachovat v místnosti v požadovaných hygienických limitech (41).

Tabulka 5 - SWOT analýza – VENTILA HOUSE 300

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none">• rekuperace tepla s účinností až 85 %• řešení pro více místností• napojení na čidla CO₂• nízká hmotnost zařízení 16 Kg	<ul style="list-style-type: none">• vrtání do venkovní zdi• instalovat rozvodné potrubí• vyšší pořizovací cena cca 55 000 Kč (jednotka 150 m²)
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none">• lze jednotku využít pro několik menších místností do součtu 150 m².	<ul style="list-style-type: none">• studenti – poškození jednotky• špatné umístění• nepřijetí technologie a její nevyužívání

Zdroj: vlastní zpracování

Dalap ZEPHIR SIMPLE



Obrázek 19 - Dalap ZEPHIR SIMPLE (10)
samotného zařízení není nijak složitá (43).

Jedná se o lokální pokojovou jednotku s nástěnným ovládáním, s funkcí zachování pokojové teploty s účinností až 92 %. Zachování teploty se docílí tím, že při operaci vysátí vzduchu z místnosti se nahřeje teplým vzduchem keramické jádro přístroje a při cyklu nasávání do místnosti je chladný vzduch ohřátý jádrem jednotky. K instalaci je nutné zajistit zdroj napájení a vhodný otvor ve zdi. Neinstaluje se žádné vzduchotechnické potrubí. Instalace

Tabulka 6 - SWOT analýza – Dalap ZEPHIR SIMPLE

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> • rekuperace tepla s účinností až 92 % • snadná instalace do připraveného otvoru • možné napojení na Smart technologie • provoz je tichý max 20 dB, • nízká provozní náklady max příkon 4,3W • vhodné do bytových prostorů 	<ul style="list-style-type: none"> • jádrové vrtání do venkovní zdi • pořizovací cena jednotky cca 15 950 Kč • nutné jádrové vrtání cca 4 500Kč / otvor
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> • větrání bez tepelných ztrát • zabránění vzniku vlhkosti a výskytu plísní • pasivní větrání – otevření žaluzie bez zapnutí ventilace 	<ul style="list-style-type: none"> • studenti – poškození jednotky • špatné umístění • nepřijetí technologie a její nevyužívání

Zdroj: vlastní zpracování

Řetězový otvírač EA230-K-50



Obrázek 20 - Řetězový otvírač EA230-K-50 (11)

Řetězový otvírač lze nainstalovat pro svou velikost do každého standartního rámu okna se závěsem dole i nahoře. Jeho hlavní předností je velmi tichý chod. Vhodný je do vyšších pater objektů z důvodu otevření okna (i když je otvírač z konstrukce lehkých slitin, tak není plně uzavřeno okno při zavření pomocí kování okna) (44).

Tabulka 7 - SWOT analýza – Řetězový otvírač EA230-K-50

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none">• snadná instalace• elektronická regulace otáček motoru• vestavěný mikroprocesor, který řídí režimy provozu• cena 4 500 Kč	<ul style="list-style-type: none">• okno není bezpečně zavřené pomocí kování okna• absence rekuperace vzduchu
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none">• zabránění vzniku vlhkosti a výskytu plísní• pasivní větrání	<ul style="list-style-type: none">• studenti – poškození jednotky• špatné umístění• nepřijetí technologie a její nevyužívání

Zdroj: vlastní zpracování

4.3.3 Prvky osvětlení místnosti

Ledvance - PLANON LED/40W/230V 3000-6500K Wi-Fi +



Jedná se o Smart smývatelné světlo s dostatečným výkonem pro noční i denní svícení. Svítidlo má možnost upravovat jas i teplotu chromatičnosti. Lze jej vzdáleně

Obrázek 21 - Ledvance - PLANON LED/28W/230V Wi-Fi (12)

ovládat pomocí Wi-Fi a pomocí toho automatizovat (44).

Tabulka 8 - SWOT analýza – Ledvance – PLANON LED

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none">• snadná instalace• energeticky úsporné• světelný tok až 3 000 lm• teplota chromatičnosti 3 000-6 500 K• LED RGB diody	<ul style="list-style-type: none">• cena 3 300 Kč• omezená životnost LED diod• složitější výměna zdroje světla• nutná instalace celého panelu
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none">• regulace světla dle potřeb jedinců v místnosti s ohledem na denní dobu	<ul style="list-style-type: none">• studenti – poškození jednotky• špatné umístění

Zdroj: vlastní zpracování

Stropní LED osvětlení - Tuya



Obrázek 22 - Wi-Fi Smart LED – Tuya (13)

Jedná se o energeticky úsporné světlo, lze jej ovládat na dálku pomocí WiFi, disponuje plynulým stmíváním svítidla. Vysoká životnost zdroje až 25 000 h. Provedení pomocí kvalitního ocelového jádra svítidla, krytí je provedeno z kvalitního plastu, který rovnoměrně rozprostírá světelné záření (35, 36).

Tabulka 9 - SWOT analýza – Stropní LED osvětlení - Tuya

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> • snadná instalace • energeticky úsporné • světelný tok až 4 500 lm • teplota chromatičnosti 2 700-6 500 K • kvalitní 2835SMD LED diody 	<ul style="list-style-type: none"> • cena cca 3 000 Kč • omezená životnost LED diod • složitější výměna zdroje světla • nutná instalace celého panelu
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> • regulace světla dle potřeb jedinců v místnosti s ohledem na denní dobu • možnost připojení pomocí modulu IQRF 	<ul style="list-style-type: none"> • studenti – poškození jednotky • špatné umístění

Zdroj: vlastní zpracování

4.4 Vícekriteriální analýza prvků pro inovaci systému řízení

Prvky selektované SWOT analýzou jsou následně podrobeny analýze vícekriteriálního rozhodování, která rozhodne dle nastolených kritérií a jejich vah ve výběru inovativních zařízení pro systém řízení. Analýze budou podrobeny prvky sensorové, ventilační a osvětlení. Analýza byla zvolena bodovací.

„Bodovací metoda je do určité míry podobná metodě pořadí. Rozdíl spočívá v tom, že rozhodovatel je schopen přiřadit kritériím určitou hodnotu na předem zvolené bodovací stupnici. Platí, že čím je kritérium pro rozhodovatele důležitější, tím mu přidělí vyšší bodové ohodnocení, a opačně. Váha vyjadřuje relativní důležitost daného kritéria. Stanovení váhy kritéria v numerické podobě je poměrně obtížným úkolem (46).“

Zvolená kritéria vícekriteriální analýzy, byla prodiskutována s lokální firmou MICRORISC hlavním společným kritériem analýzy prvků je podpora IQRF technologie, přímo integrovaná, nebo s možným doplněním pomocí přídatného modulu. Více požadavků firma neměla právě z tohoto důvodu je i váha u konektivity IQRF vždy nejvyšší. S tímto rozhodnutím plně souhlasilo i vedení domova mládeže, technologie se v organizaci již osvědčila a funguje bez problému. Další kritéria byla diskutována již jen s vedením domova mládeže.

Jedním

Hlavním kritériem je podpora IQRF technologie, toto kritérium má i nejvyšší váhu.

Dílní kritéria u sensorového vybavení jsou podle rozhodnutí sensorové vybavení, které je dle rozhodnuté váhy kritéria druhé nejvyšší. Napájení zařízení a cena zařízení získaly váhu kritéria totožnou nejsou v tomto případě, tak důležité.

Tabulka 10 - vícekritériální analýza – senzory

Vícekritériální bodová analýza – senzory					
Kritéria:	Váha k.	Hardwario COOPER IQ	5 IN 1 CO ₂ Meter	WiFi Sensor 3v1 Tuya	senzor AM319
Podpora IQRF	0,4	10	0	7	7
Senzorové vybavení	0,3	10	6	4	7
Napájení	0,15	7	10	2	8
Cena v Kč	0,15	3	7	10	5
Bodové hod. (max 10 b)		8,5	4,35	5,8	6,85
Umístění		1	4	3	2
		Bodovací škála min – 0 b Max – 10 b			
Data:					
Kritéria:		Hardwario COOPER IQ	5 IN 1 CO ₂ Meter	WiFi Sensor 3v1 Tuya	senzor AM319
Podpora IQRF		Ano – přímo	Ne	Ano – cloud	Ano – cloud
Senzorové vybavení		11	5	3	9
Napájení		Baterie (3roky)	USB-C – vnitřní baterie	6 měsíců	USB-C
Cena v Kč		11 000	1 800	800	8 500

Zdroj: vlastní zpracování

Výsledná data vícekritériální analýzy ukazují, že nejlépe dopadl senzor Hardwario COOPER IQ, který bude použit do navrhovaného řešení inovace systému řízení. Zařízení splnilo kritéria konektivity IQRF. Nadále důležité kritérium sensorového vybavení bylo také splněno, zařízení disponuje až 11 senzory. Kritérium napájení zařízení v tomto případě je pomocí baterie, ale díky velmi malým nárokům na energie vydrží zařízení v provozu 3 roky (tato skutečnost je již ověřena, díky laboratornímu využití tohoto senzoru na půdě VOŠ a SPŠ Jičín). Cena se může zdát velká, ale v poměru kvality zařízení a vybavení je adekvátní.

Zvolená kritéria vícekritériální analýzy ventilace jsou určena tak, že největší důraz je kladen na podporu IQRF a je jí přidělena i nejvyšší váha. Dále na stejné hladině váhy kritérii byla zvolena rekuperační hodnota a hodnota hluku, jsou pro systém důležité. V poslední části kritérii se stejnou hodnotou váhy jsou zvoleny hodnoty příkonu a ceny ventilačního zařízení.

Tabulka 11 - vícekritériální analýza – ventilace

Vícekritériální bodová analýza – ventilace				
Kritéria:	Váha	Ventila House 300	ZEPHIR SIMPLE	otvírač EA230-K-50
podpora IQRF – pomoci modulu	0,3	10	10	10
rekuperace	0,25	7	10	0
hluk	0,25	3	7	10
příkon W	0,1	2	10	8
cena v Kč	0,1	3	7	10
Bodové hod. (max 10 b)		6	8,95	7,3
Umístění		3	1	2
Data		Bodovací škála: min – 0 b Max – 10 b		
Kritéria:	Ventila House 300	ZEPHIR SIMPLE	otvírač EA230-K-50	
podpora IQRF pomoci modulu	Ano	Ano	Ano	
rekuperace	85 %	92 %	0 %	
hluk	69 dB	20 dB	15 dB	
příkon W	182	4,3	34,5	
cena v Kč	55 000	15 950	4 500	

Zdroj: vlastní zpracování

Výsledná data vícekritériální analýzy ukazují, že nejlépe dopadla ventilace ZEPHIR SIMPLE, která bude použita do navrhovaného řešení inovace systému řízení. Nastolena byla kritéria týkající se podpory IQRF technologie (zde pomocí instalace modulu IQRF), která byla zvolena pro systém řízení. Dále je pro projekt důležité kritérium rekuperace a hluku. V tomto případě jednotka disponuje velmi vysokou hodnotou rekuperace a to 92 % což bude v projektu velmi přínosné. Hluk zařízení lze přirovnat k hlasitosti padajícího listí nebo šepotu. Díky tak nízké hodnotě, nebude zařízení rušit obyvatele místnosti, kde bude jednotka nainstalována. V neposlední řadě kritéria příkonu zařízení a jeho cena jsou také na přijatelné úrovni. Příkon zařízení je nízký, tedy zařízení je energeticky nenáročné a v případě letních měsíců k provozu nepotřebuje žádnou energii pro pasivní ventilaci. Cena jednotky je vzhledem k použité technologii a technickým hodnotám přijatelná.

Poslední vícekriteriální analýza se zabývá osvětlením, a i zde je největší důraz dbán na podporu IQRF, která je i ohodnocena největší váhou. Další kritéria na stejné váhové hodnotě jsou teplota chromatičnosti, stmívání a světelný tok pro systém řízení jsou tyto kritéria stejně důležitá. V poslední řadě je stanoveno kritérium ceny s nejnižší váhou.

Tabulka 12 - vícekriteriální analýza – osvětlení

Vícekriteriální bodová analýza – osvětlení			
Kritéria:	Váha	Ledvance – PLANON LED	LED osvětlení – Tuya
podpora IQRF – pomoci modulu	0,3	0	10
teplota chromatičnosti	0,2	7	10
stmívání	0,2	10	10
světelný tok	0,2	6	10
cena v Kč	0,1	10	6
Bodové hod. (max 10b)		5,6	9,6
Umístění		2	1
Bodovací škála: min – 0 b Max – 10 b			
Kritéria:	Ventila House 300		ZEPHIR SIMPLE
podpora IQRF pomoci modulu	NE – nelze instalovat		Ano
teplota chromatičnosti	3 000-6 500 K		2 700-6 500 K
stmívání	ano		ano
světelný tok	3 000 lm		4 500 lm
cena v Kč	3 300		4 250

Zdroj: vlastní zpracování

Za pomoci vícekriteriální analýzy bylo vybráno osvětlení LED osvětlení – Tuya, toto osvětlení splnilo hlavní kritérium podpory IQRF s pomocí instalace modulu, který zařízení nijak nedegraduje. Nadále kritéria teploty chromatičnosti, podporou stmívání, světelného toku byla splněna. Zařízení se vyznačuje vysokými hodnotami či rozmezím hodnot v těchto kritériích, která budou potřeba pro projekt, dovolí rozmanitou škálu nastavení osvětlení. Cena zařízení je adekvátní použitým technologiím, je přijatelná.

4.5 Návrh zlepšení systému řízení prostředí

Při analýze stávajícího systému řízení dle jeho nastavení a možností je patrné, že systém je funkční, ale nemá rezervy na takto rozsáhlý upgrade. Lze uvažovat o rozšíření vzduchotechniky v objektu, instalovat nové rozvody, to by bylo, ale velmi náročné, jak technicky, tak finančně. Proto je nutné využít jiného řešení, a to nový systém, který bude nezávislý na systému topném, vzduchotechniky jídelny a na kondenzačním plynovém kotly pro přehřev výměníků. Pomocí SWOT analýzy a následné vícekriteriální bodové analýzy, která rozhodla o výběru nového systému řízení ubytovacího zařízení.

Oba tyto systémy spolu mohou a budou komunikovat. Nadále bude v této části nový systém řízení popsán a bude odůvodněn výběr daných prvku řízení.

Při výběru komponent bylo prioritně zohledněno několik kritérií např.:

- kompatibilita technologie IoT (IQRF protokol komunikace),
- počet a rozsah senzoru intenzity osvětlení, CO₂,
- hodnota rekuperace,
- teplota chromatičnosti,
- možné další funkce.

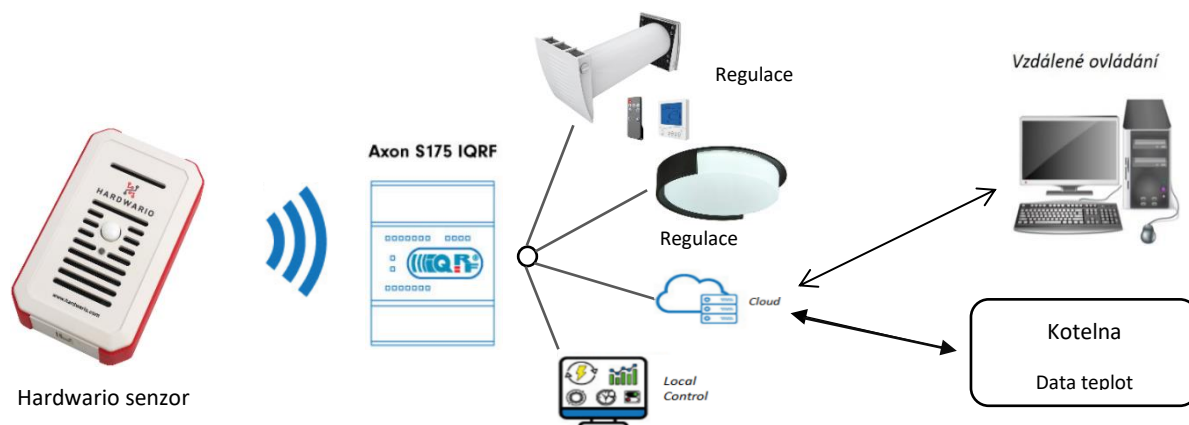
Z výsledků vícekriteriální bodové analýzy byl vybrán senzor od společnosti Hardwario s.r.o. která sídlí v Liberci, přesné označení senzoru je COOPER IQ. Senzor vyniká kvalitními součástkami a rozsahem měření. Disponuje jedenácti senzory, pro návrh využijeme senzor CO₂, Intenzity osvětlení a jako sekundární senzor teploty. Další data z ostatních senzorů budou zaznamenána pro možné využití regulace klimatu v místnosti. V neposlední řadě je kladem této jednotky její afektivní fungování na jedné budově, která spadá pod organizaci VOŠ a SPŠ Jičín. Stěžejní výhodou jednotky je plná kompatibilita s technologií IQRF, která je nutná pro komunikaci a řízení systému.

Regulace vzduchu a s tím spojená hladina CO₂ bude zajištěna komponentem od společnosti Dalap, konkrétně s obchodním označením ZEPHIR SIMPLE, vyniká účinností rekuperace až 92 %. Silnou stránkou jsou nízké provozní náklady cca 4 W. Důležitým faktorem je ovládání a propojení pomocí IQRF technologie. Pro osoby užívající prostoru, v němž se nachází zařízení ZEPHIR SIMPLE je pozitivní nízká hlučnost zařízení. Při montáži je značnou výhodou kompaktní velikost a váha zařízení. V letních měsících umožňuje zařízení přirozenou ventilaci místnosti při vypnutém stavu, tedy s nulovými náklady na el. energii.

Pro osvětlení místností bylo zvoleno stropní LED osvětlení od společnosti Tuya. Toto osvětlení vyniká svojí energetickou nenáročností díky LED technologii. Podporuje plynulé stmívání zdroje svítidla v rozsahu chromatičnosti 2 700-6 500 K pomocí Smart technologie s možností dodatečné montáže modulu IQRF tím je docílena požadovaná konektivita. Mezi žádanou kvalitou stropního světla spadá snadná instalace, dlouhá životnost zdroje a použití kvalitních materiálů.

Vzájemná komunikace výše zmíněných zařízení bude za využití již osvědčené řídicí jednotky Axon S175 IQRF, osvědčila se v posledním projektu systému řízení v organizaci VOŠ a SPŠ Jičín. Díky této skutečnosti nebude potřeba školení pro ovládání řídicího systému. Tato řídicí jednotka plně komunikuje za pomoci sítě IQRF. Letitá spolupráce s lokální společností MICRORISC, která je výrobcem bezdrátové technologie IQRF zaručuje rychlý a spolehlivý servis. Zvolená technologie nebude zasahovat do stávající sítě v objektu, tudíž bude eliminována nutnost řešení nesouladu sítí a bude bezpečnější. Navrhované inovativní řešení bude muset mít pouze zajištěn přístup ke cloud serveru, který spravuje a vyhodnocuje data systému a je možná vzdálená správa zařízení.

4.5.1 Princip komunikace zařízení a jejich regulace.



Obrázek 23 - Princip regulace (vlastní zpracování)

Dle Obrázek 23 je viditelný princip předávání informací zařízeními. Senzor Hardwario odešle aktuální data o teplotě, intenzitě osvětlení, vlhkosti, hodnotách CO₂ a pomocí PIR čidla pohyb v místnosti. Data odešle do řídicí jednotky. Řídicí jednotka dle naměřených hodnot bude udržovat v místnosti přednastavené optimální hodnoty a to:

- optimální hodnota ovzduší do 1 000 ppm CO₂,
- optimální hodnota osvětlení 300 lx až 500 lx,
- optimální hodnota vlhkosti 40 % až 60 %,

- aktivita v místnosti PIR čidlo.

Při přiblížení se k hodnotě ovzduší 1 000 ppm CO₂ řídicí jednotka vydá povel zařízení ZEPHIR SIMPLE aby zahájilo výměnu vzduchu, zároveň s tím zařízení reguluje hladinu vlhkosti v optimálním rozmezí. Po dosažení snížení hladiny na 450 ppm CO₂ řídicí jednotka, zařízení ZEPHIR SIMPLE vydá povel k nečinnosti. Bude ponechán panel zařízení v místnosti, který zprostředkuje hodnoty v místnosti pro informace ubytovaných.

V případě osvětlení, řídicí jednotka udržuje optimální nastavení pro vhodné osvětlení místnosti. V dopoledních a odpoledních hodinách řídí intenzitu v teplotě chromatičnosti 5000 až 6500 K, tedy v odstínu studené bíle, kde je i složka modrého světla, která brání únavě a napomáhá k efektivní činnosti. Naproti tomu ve večerních a ranních hodinách udržuje řídicí jednotka světlo v teplotách chromatičnosti 2 700 až 4 500 K v odstínech teplé bíle barvy, která neobsahuje složku modrého světla, a tak nebrání únavě a usínání ve večerních hodinách, v ranních hodinách nenavozuje světelný diskomfort.

Přidanou hodnotou navrženého systému je zprostředkování teplot daných místností, pro efektivnější řízení topení. Řídicí systém kotelny bude mít přístup k hodnotám teplot v objektu a bude moci díky nim efektivněji řídit vytápění. V případě, že systém díky hodnotám dostane informaci o blížícím na topení místností na požadovanou teplotu, tak sníží výkon plynových kotlů a tím bude dosaženo úspory na vytápění. V opačném případě, když budou hodnoty klesat pod požadovanou hodnotu systém topení, zvýší výkon plynových kotlů, tím bude dosaženo rychleji nastavené teploty v objektu. Tímto bude systém pružnější z pohledu vytápění a úspornější.

Za pomoci pohybového čidla bude řídicí jednotka primárně řídit společenské prostory a to osvětlení, v případě zjištění pohybu rozsvítí světla v nočních hodinách s přiměřenou intenzitou dané době. V prostorách obytných se počítá s možností volby pro ubytované, a to nastavení doby pro neaktivitu a tím postupné snížení intenzity osvětlení v nočních hodinách až na stav vypnuto, nebo ponechání manuálního ovládání vypínačem se stmívačem.

Případné individuální nastavení pro požadovanou obytnou jednotku bude, řešeno pomocí cloud služby. Pracovníci domova mládeže budou mít možnost ovlivnit nastavení na požadované hodnoty, předpokládá se přístup pro vychovatelky, školníka a vedoucí domova mládeže. Z důvodu zabezpečení bude přístup umožněn z počítače ve vychovatelně, aby bylo zamezeno neoprávněným manipulacím.

5 Výsledky a diskuse

Při návrhu inovací pro řídicí systém prostředí bylo zjištěno, že i přes relativně nový systém řízení vytápění již nelze mnoho úprav provádět. Systém vytápění disponuje jistou rezervou, ale ne v takovém rozsahu, aby pojmul celý nový systém. Lze pouze aplikovat částečné vylepšení, a to informace o teplotách z budovy, které napomůžou zlepšení kvality vytápění a tím zvýší jeho pružnost pro vytopení na požadovanou teplotu. Jiné vylepšení by znamenalo velký zásah do systému a není zaručená jeho 100% funkčnost. Z toho důvodu bylo rozhodnuto přistoupit k návrhu nového systému řízení vnitřních částí budovy.

Selekcí a následnou vícekritériální bodovou analýzou vybraných součástí systému, byl navržen nový systém regulování prostředí v objektu. Nový systém regulace bude vybaven senzorem Hardwario COOPER IQ, rekuperační bytovou jednotkou ZEPHIR SIMPLE, osvětlení bude zajištěné stropním LED světlem od společnosti Tuya s přidaným modulem IQRF a řídicí jednotkou Axon S175 IQRF. Navržení nového systému je za pomoci IQRF technologie, která je stěžejní pro komunikaci zařízení mezi sebou a vyniká energetickou nenáročností bez narušení funkce stávající sítě. IQRF technologie komunikuje v pásmu 868 MHz, které nezasahuje do WiFi pásem 2,4 GHz ani 5 GHz, které se nejčastěji používají k přenosu dat a konektivity připojení internetu, díky této skutečnosti rozdílných pásem bude dosaženo plynulého fungování regulace a síť nového systému bude bezpečnější.

Navržený systém bude disponovat rezervou výkonu hlavně v případě senzoru Hardwario COOPER IQ, senzor je osazen 11 čidly, pro projekt bude využito dat z 6 senzorů (VOC a CO₂, teplota, vlhkost vzduchu, intenzita osvětlení, PIR – pohybové čidlo a napětí baterie). Nevyužitá data pro řízení z čidel: barometrický tlak, výškoměr, detekce pádu, detekce náklonu a akcelerometr budou ukládána do cloudového úložiště k pozdějšímu využití či rozšíření systému řízení.

5.1 Ekonomické zhodnocení návrhu

Ekonomické zhodnocení bude počítáno na jednu bytovou jednotku z důvodu, že realizace projektu může být rozdělena na více časových úseků. Pro jednu bytovou jednotku je počítáno s jednou jednotkou rekuperace vzduchu ZEPHIR SIMPLE v hodnotě 15 950 Kč dovybavená IQRF modulem (jednotka vhodná do bytových prostor o velikosti do 75 m², místnosti jsou v rozmezí 45 až 60 m²), senzor měřící hodnoty v místnosti Hardwario COOPER IQ v ceně 11 000 Kč, osvětlení s IQRF modulem za cenu 4 250 Kč a řídicí jednotka v ceně 8 500 Kč.

Práce související s rozvodem kabelů a propojení instalace jsou odhadované dle lokálních cen na 8 000 Kč, kde nejdražší položkou je jádrové vrtání pro jednotku ZEPHIR SIMPLE v hodnotě 4 500 Kč za otvor, zbývající částka 3 500 Kč je počítaná na instalaci a zapojení.

Instalační materiál (el. kabel, datový kabel, ...) jsou počítány na 2 500 Kč.

Celkové finanční náklady na jednu bytovou jednotku činí 50 200 Kč s přihlédnutím na očekávané zlepšení podmínek pro studium a bydlení je cena přijatelná.

Tabulka 13 - Finanční přehled

Finanční přehled	
Výrobek	Cena
ZEPHIR SIMPLE – rekuperace s modulem IQRF	15 950 Kč
Hardwario COOPER IQ – senzory	11 000 Kč
LED osvětlení Tuya s modulem IQRF	4 250 Kč
Axon S175 IQRF – řídicí jednotka	8 500 Kč
Jádrové vrtání a instalace	8 000 Kč
Instalační materiál	2 500 Kč
Celková cena	50 200 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

Návratnost investice projektu řízení prostředí je očekávaná zejména z oblasti vytápění, a to v zimních měsících. Jednotka ZEPHIR SIMPLE disponuje velkou procentuální hodnotou návratností tepla a to 92 %, tato skutečnost zaručuje minimální ztráty tepla při větrání bez pocitu vydýchaného vzduchu v místnosti, mimo jiné udržuje vlhkost v místnosti na předepsané mezi tj.: 40–60 % a tím také šetří vytápění. Jisté úspory bude dosaženo i úsporou elektrické energie při svícení v místnostech, a to díky regulovanému osvětlení. V neposlední řadě systém počítá se sdílením dat o teplotách v místnostech, kde bude projekt instalován a díky této skutečnosti řídicí systém vytápění bude moci pružněji řídit vytápění. Předpokládá se i zvýšený zájem o ubytování studentů v takto upravených bytových jednotkách, i zde lze předpokládat návratnost investice do projektu.

Instituce, která má pod správou daný objekt domova mládeže, již jistě zkušenosti se sledováním hodnot prostředí má, zajímá se o technologie řízení a již ve dvou budovách ze tří jistě systémy má nainstalované. Na první budově je systém nejstarší a jeho používání je minimální, bohužel byla v projektu zvolena špatná rekuperační jednotka, která je umístěná ve třídách na podlaze a její provoz je energeticky náročný, ale hlavně příliš hlučný, a právě hluk je důvod jejího nevyužívání v hodině. Hlučné prostředí, které při zapnutí jednotky je

ruší výklad vyučujícího a soustředění studentů je též ovlivněno. Z toho důvodu jsou jednotky převážně vypnuté. Další nemalý problém jsou velké otvory pro přívod vzduchu a jeho odvod z místnosti ven, nutné k chodu jednotky, které i přes snahu zřizovatele projektu tvoří tepelný most a v blízkém okolí pocit chladu hlavně v zimních měsících.

Projekt na druhé budově je již o poznání lépe řešený, a to díky instalování jednotek do stropní části učeben s rozvodem vzduchu. Tato jednotka je umístěna vždy u společné stěny dvou místností a provádí výměnu vzduchu v obou prostorách. Hlučnost této jednotky je do 56 dB (možné přirovnat k mírnému dešti) při maximálním výkonu, který nastává zřídka. K rušení tedy nedochází a jednotky fungují. Po ročním fungování této technologie výměny vzduchu a inovování celé kotelny a řídicího systému (předchozí stav kotelny již nevyhovoval a byl na konci své životnosti) bylo zaznamenáno úspory ve vytápění 34 % dle dat sledovaných institucí (nová kotelna cca úspora 20–25 % díky novým kondenzačním kotlům, zbylá procenta v rozmezí 9–14 % lze přisuzovat rekuperačním jednotkám). Důležité zjištění na této budově byl snížený výskyt plísně, a i díky tomu příjemnější klima ve třídách. Vyučující si změnu chválí. Z těchto výsledků je zřejmé, že finanční návratnost je průměrně cca 11,5 % ročně při vytápění v tomto projektu.

Tento projekt byl představen vedení domova mládeže a byl přijat kladně, zvažuje se, alespoň dílčí realizace ve vybraných bytových jednotkách. Dílčí realizace proto, že aktuální ekonomická situace v České republice a Evropě není příznivá, velké částky vynaložené na provoz budovy nedovolují investovat celý systém řízení na celém objektu domova mládeže. Je nutné vypracovat projekt v kterém se upřesní umístění jednotek, a hlavně prostupy skrz zdivo. Velkou výhodou projektu je sídlo firmy MICRORISC v blízkosti objektu vybraného do projektu, která je výrobcem technologie IQRF a byla a je nápomocná s realizací projektu, za spolupráce je plánovaný nákup řídicí jednotky a senzoru Hardwario COOPER IQ a následné propojení a uvedení do provozu.

6 Závěr

Diplomová práce se věnuje návrhu inovací pro systém řízení prostředí ve vybraném objektu. Návrh systému řízení je zhotoven za účelem zlepšení kvalit bydlení studentů pobývajících na domově mládeže, tedy objektu tohoto řízení. Účel návrhu je poskytnout studentům kvalitní prostor pro studium a relaxaci nutnou pro jejich studium. Vybraný objekt se nachází v okresním městě Jičín.

Důkladnou analýzou stávajícího systému řízení i konzultací se společností SWcontrol, která zaštituje softwarové vybavení stávajícího systému, se dostalo výsledku, že systém nemá dostatečnou kapacitu a jeho upgrade by byl velmi rozsáhlý a finančně náročný. Dílčí zefektivnění systému je ale možné a je ho využito. Stávající systém vytápění získá z nového systému řízení prostředí data o teplotách v místnostech, které mu budou nápomocny k úpravě ekvitermní křivky pro vytápění a nastavení potřebného výkonu kotelny.

Nový návrh řešení řízení prostředí v objektu je jediné řešení, kterým lze splnit hlavní zadané cíle práce, dále je počítáno se značnou rezervou systému pro případné rozšíření do budoucích let. Bylo nutné vybrat nové prvky řízení kvality prostředí. Výběr těchto prvků byl na základě SWOT analýzy spojené s vícekritériální bodovou analýzou dostupných komponent na trhu, pro zefektivnění systému. Zvolené prvky byly vybírány s velkým důrazem na kvalitu a konektivitu technologie IQRF, která je stěžejní pro tento projekt, kvalitu a rozsah senzorů snímajících hodnoty potřebné pro systém řízení. Za pomoci velké rozmanitosti trhu, který v dnešní době je, bylo vyhověno všem nastoleným požadavkům na součástky systému řízení. Rekuperační jednotka ZEPHIR SIMPLE všechna kritéria splňuje i se značnou rezervou, tato jednotka vyniká především velikostí a kvalitou zpracování. Rekuperační výkon díky vsazené keramické vložce je v porovnání k velikosti jiných zařízení úctyhodný 92 % s provozními náklady do 5 W a velmi nízkou hlučností. Sensorové řešení návrhu zprostředkuje Hardwario COOPER IQ, který též splnil veškerá kritéria návrhu, vyniká použitím kvalitních součástek a jeho robustní, ale kompaktní zpracování je v návrhu kladně hodnoceno, rezerva ve sledovaných veličinách tohoto výrobku přináší jisté možnosti budoucího vylepšení systému (např.: řízené stínění, sdílení barometrického tlaku do školní meteostanice, ...). Přidaná hodnota sensorového řešení je, že výrobek je vyráběný v tuzemsku. Osvětlení od společnosti Tuya také splňuje zadaná kritéria. Především v rozsahu teploty chromatičnosti a použitých kvalitních součástek. Zde, ale bylo nutné světlo dovybavit IQRF komponentou, což

znamenal nepatrný zásah do světelného zařízení, funkce zařízení zůstaly ovšem nezměněné, přidána byla konektivita. Zachována byla přízeň řídicí jednotce Axon S175 IQRF od regionální firmy Microrisc, která splňuje veškeré parametry potřebné pro řízení systému řízení objektu. Volba jednotky je na základě doporučení firmy a kladných zkušeností v organizaci, jednotka vyniká kvalitním zpracováním, nízkou energetickou náročností a je plně kompatibilní s technologií IQRF, která je použita pro tento systém řízení.

Hlavní cíl i dílčí cíle, tak můžeme považovat za splněné. Hlavní přínos práce je v tom, že i v této energeticky náročné době bylo vedením domova mládeže rozhodnuto, že se vyberou dvě bytové jednotky pro realizaci tohoto návrhu.

Seznam použitých zdrojů

1. MÜLLER, Stefan. Internet of Things (IoT). 26. říjen 2016. Deutschland: Books on Demand, 2016. ISBN 9783741276606.
2. Internet věcí (IoT): definice, příklady využití, produkty [online]. Inter, 2022 [cit. 2022-07-25]. Dostupné z: <https://www.rascasone.com/cs/blog/iot-internet-veci-definice-produkty-historie>
3. Základní úvod do oblasti internetu věcí (IoT) [online]. [cit. 2022-07-28]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/zakladni-uvod-do-oblasti-internetu-veci-iot.html>
4. LoRaWAN - připojení do sítě IoT [online]. [cit. 2022-08-22]. Dostupné z: <https://www.iotport.cz/lorawan-sit-pro-iot>
5. Jak na Sigfox [online]. [cit. 2022-08-22]. Dostupné z: <https://sigfox.cz/cs/jak-na-sigfox>
6. Fog Computing [online]. [cit. 2022-08-22]. Dostupné z: <http://www.iot-portal.cz/2017/06/16/fog-computing/>
7. Co je to MESH a jak zlepšuje kvalitu WiFi připojení? [online]. [cit. 2022-08-22]. Dostupné z: <http://www.acvyskov.cz/mesh-domaci-sit/>
8. MESH WiFi síť – co to je a proč se vyplatí ji mít [online]. [cit. 2022-08-22]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/mesh-sit>
9. Domácí síťování: Jaký je rozdíl mezi routerem, switchem a jak s tím souvisí Wi-Fi a mesh? [online]. www.zive.cz [cit. 2022-08-22]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky/domaci-sitovani-jaky-je-rozdil-mezi-modemem-routerem-switchem-a-jak-s-tim-souvisi-wi-fi-a-mesh/sc-3-a-210689/default.aspx>
10. Sítě pro internet věcí v České republice [online]. [cit. 2022-08-23]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/informacni-a-telekomunikacni-technologie/16519-site-pro-internet-veci-v-ceske-republice>
11. Přehled sítí pro IoT v Čechách [online]. [cit. 2022-08-23]. Dostupné z: <https://eshop.sectron.cz/cs/prehled-siti-pro-iot-v-cechach/a-6398/>
12. Udělejte svoji domácí síť neprůstřelnou [online]. [cit. 2022-08-23]. Dostupné z: <https://www.chip.cz/casopis-chip/earchiv/rubriky/testy-a-technika/udelejte-svoji-domaci-sit-neprustrelnou/>
13. Ověření a dohoda o klíči [online]. [cit. 2022-08-27]. Dostupné z: https://cs.upwiki.one/wiki/authentication_and_key_agreement#Security

14. 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.
15. Bezdrátová inovace pro malá data jménem IQRF [online]. [cit. 2022-09-26].
Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/bezdratova-inovace-pro-mala-data-jmenem-iqrf/>
16. IQMESH [online]. [cit. 2022-09-26]. Dostupné z:
<https://www.iqrf.org/technology/iqmesh>
17. Aspekty vnitřního prostředí [online]. [cit. 2022-09-26]. Dostupné z:
<http://www.zdravabudova.cz/cs/zdrave-vnitri-prostredi>
18. Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka [online]. [cit. 2022-09-26].
Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/2650-vnitri-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>
19. Paul, Michel A. and Love, Ryan J. and Hawton, Andrea and Arendt, Josephine, “Sleep and the endogenous melatonin rhythm of high arctic residents during the summer and winter“, *Physiology & Behavior* 141 (2015).
20. Jaký vliv má kvalita osvětlení na lidské zdraví? [online]. [cit. 2022-09-26].
Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/jaky-vliv-ma-kvalita-osvetleni-na-lidske-zdravi-24008.html>
21. LIBERMAN, Jacob. Light medicine of the future: how we can use it to heal ourselves NOW. Rochester: Bear & Company, 1991. ISBN 1879181010.
22. Hospodyňská škola (Domov mládeže Vyšší odborné školy a Střední průmyslové školy) [online]. [cit. 2022-10-05]. Dostupné z: <https://am.jicin.cz/objekt/60-hospodynska-skola-domov-mladeze-vyssi-odborne-skoly-a-stredni-prumyslove-skoly>
23. Historie školy v datech [online]. [cit. 2022-10-05]. Dostupné z:
<https://prumyslovkajicin.cz/historie-skoly-v-datech/>
24. VÝROČNÍ ZPRÁVÁ 2021/22 [online]. [cit. 2022-10-11]. Dostupné z:
https://prumyslovkajicin.cz/wp-content/uploads/2022/10/Vyrocní-zprava-21_22.pdf
25. SWOT analýza [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z:
<https://managementmania.com/cs/swot-analyza>

26. SWOT [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z:
<https://kisk.phil.muni.cz/kiskonline/kreativita/vizualizace-a-presentace-informaci/swot-analyza>
27. Internet věcí [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z:
<https://www.pripojen.cz/LoRa>
28. Narrowband – Internet of Things (NB-IoT) [online]. [cit. 2022-10-15]. Dostupné z: <https://www.gsma.com/iot/narrow-band-internet-of-things-nb-iot/>
29. Světelné znečištění a vliv na lidské zdrav [online]. [cit. 2022-10-15]. Dostupné z:
<https://svetelneznecesteni.cz/co-je-svetelne-znecesteni/lidske-zdravi/>
30. Návrh zlepšení systému řízení prostředí ve vybraném objektu [online]. 2020 [cit. 2022-10-15]. Dostupné z: Příspěvek je dostupný na adrese: <https://is.czu.cz/zp/>.
Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Katedra informačních technologií (PEF).
31. HARDWARIO COOPER IQ [online]. [cit. 2022-10-15]. Dostupné z:
<https://www.iqrfalliance.org/marketplace/cooper-iq>
32. 5 In 1 Air Quality Monitor [online]. [cit. 2022-10-15]. Dostupné z:
<https://www.fruugo.cz/5-in-1-air-quality-monitor-co2-meter-digital-temperature-black/p-109241129-230488227>
33. WiFi Senzor 3v1 Teplota, Vlhkost, Intenzita osvětlení - Tuya [online]. [cit. 2022-10-15]. Dostupné z: <https://www.chytrevypinace.cz/WiFi-senzor-3v1-tuya>
34. Ambientní LoRaWAN senzor AM319 pro monitorování interiéru, 9 senzorů v 1 [online]. [cit. 2022-10-16]. Dostupné z: https://www.alternetivo.cz/ambientni-lorawan-senzor-am319-pro-monitorovani-interieru-9-senzoru-v-1_d84715.html
35. Wi-Fi Smart LED nástěnné stropní svítidlo dálkově ovládané aplikací, 36W / 230V [online]. [cit. 2022-10-16]. Dostupné z:
<https://www.smarttuya.cz/https/www-smarttuya-cz/wi-fi-smart-led-nastenne-stropni-svitidlo-dalkove-ovladane-aplikaci-36w-230v-d49-htm>
36. Wi-Fi Smart LED nástěnné stropní svítidlo [online]. [cit. 2022-10-16]. Dostupné z:
<https://www.smarttuya.cz/https/www-smarttuya-cz/wi-fi-smart-led-nastenne-stropni-svitidlo-dalkove-ovladane-aplikaci-36w-230v-d49-htm>
37. IQRF Lighting Bridge [online]. [cit. 2022-10-16]. Dostupné z:
<https://eshop.iqrf.org/cz/p/iqrf-lighting-bridge>

38. SimpleCell vypíná IoT vysílače na Slovensku, byznys vážne. Internet věcí se zatím masivně neprosadil [online]. internet: www.lupa.cz, 10. 5. 2022n. 1. [cit. 2022-11-17]. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/clanky/simplecell-vypina-iot-vysilace-na-slovensku-byznys-vazne-internet-veci-se-zatim-masivne-neprosadil/>
39. Sigfox [online]. internet [cit. 2022-11-17]. Dostupné z: <https://sigfox.cz/cs>
40. Síť internetu věcí Sigfox míří do bankrotu, v Česku má provoz fungovat i nadále [online]. internet: Lupa.cz [cit. 2022-11-17]. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/aktuality/sit-internetu-veci-sigfox-miri-do-bankrotu-v-cesku-ma-provoz-fungovat-i-nadale/>
41. Rekuperace VENTILA HOUSE 300 [online]. www.ventilator-ventilatory.cz [cit. 2022-11-17]. Dostupné z: <https://www.ventilator-ventilatory.cz/ventilator/rekuperacni-jednotky/centralni-rekuperace/rekuperacni-jednotky-ventila/ventila-house-300/produkt/rekuperace-ventila-house-300>
42. Pokojová rekuperační jednotka Dalap ZEPHIR SIMPLE s dálkovým i nástěnným ovládáním [online]. [cit. 2022-11-17]. Dostupné z: <https://www.ventilatory.cz/pokojova-rekuperacni-jednotka-dalap-zephir-simple-s-dalkovym-i-nastennym-ovladanim-x13962>
43. Řetězový pohon EA-K-50, EA230-K-50 [online]. [cit. 2022-11-17]. Dostupné z: <https://pkotviraceoken.cz/produkt/retezovy-pohon-ea-k-50/>
44. Ledvance - LED RGBW Stmívatelný panel SMART+ PLANON LED/40W/230V 3000-6500K Wi-Fi + dálkové ovládání [online]. [cit. 2022-11-17]. Dostupné z: <https://www.svet-svitidel.cz/ledvance-led-rgbw-stmivatelny-panel-smart-planon-led-40w-230v-wi-fi-do/>
45. Vícekriteriální rozhodování [online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://elearning.tul.cz/mod/resource/view.php?id=269280>
46. Síť pro internet věcí v České republice [online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/informacni-a-telekomunikacni-technologie/16519-site-pro-internet-veci-v-ceske-republice>
47. IQRF LIGHT CONTROLLERS [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.wireless4lights.com/>
48. Jaká má být ideální vlhkost vzduchu v bytě a jak jí docílíme? [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/jaka-ma-byt-idealni-vlhkost-vzduchu-v-byte-a-jak-ji-docilime-27083.html>

49. Kolik světél je zapotřebí pro osvětlení místnosti? [online]. [cit. 2022-11-28].
Dostupné z: <https://www.svet-svitidel.cz/clanky-kolik-svetel-je-zapotrebi-pro-osvetleni-mistnosti/>
50. Zdravé bydlení [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z:
<https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/zdrave-bydleni/5518-svetelna-hygiena-vliv-svetla-na-zdravi-cloveka-lenka-maierova-o-svetle-a-tme>
51. Akustika [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z:
<http://www.zdravabudova.cz/cs/zdrave-vnitri-prostredi#akustika-4>
52. Kvalita vzduchu [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z:
<http://www.zdravabudova.cz/cs/zdrave-vnitri-prostredi#kvalita-vzduchu-1>
53. Tepelná kvalita [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z:
<http://www.zdravabudova.cz/cs/zdrave-vnitri-prostredi#tepelna-kvalita-2>
54. Světelná kvalita [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z:
<http://www.zdravabudova.cz/cs/zdrave-vnitri-prostredi#svetelna-kvalita-3>
55. Zdravé budovy [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z:
<http://www.zdravabudova.cz/>
56. IoT and Big Data: Challenges and Applications [online]. [cit. 2022-11-28].
Dostupné z: <https://www.scnsoft.com/blog/iot-big-data>
57. <https://www.elektroprumysl.cz/automatizace/iot-a-bezpecnost>
58. Zabezpečená Wi-Fi nestačí. Jaké hrozby přináší doba IoT? [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://blog.avast.com/cs/zabezpecena-wi-fi-destaci.-jake-hrozby-prinasi-doba-iot>
59. Zemědělství budoucnosti – zemědělství s chytrou technologií [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.iotport.cz/zemedelstvi-budoucnosti-zemedelstvi-s-chytrou-technologie>
60. LoRaWAN a IQRF v jednom balení [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z:
<https://www.iotport.cz/iot-novinky/nove-senzory/interoperabilita-v-praxi-lorawan-a-iqrf-v-jednom-baleni>
61. Jak na kybernetickou bezpečnost. Chytře a rychle [online]. 2020 [cit. 2022-11-28].
Dostupné z: <https://www.iotport.cz/iot-novinky/bezpecnost-v-iot/jak-na-kybernetickou-bezpecnost-chytre-a-rychle>

62. Jaká rizika jsou spojená s IoT a jak se jim můžete bránit [online]. 2020 [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.iotport.cz/iot-novinky/ostatni-clanky-o-iot/jaka-rizika-jsou-spojena-s-iot-a-jak-se-jim-muzete-branit>
63. IoT ohlídá bezpečnost práce [online]. 2022 [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.iotport.cz/iot-novinky/prumysl-a-iiot/iot-ohld-bezpenost-prce>
64. Jak využít internet věcí při řízení obce? [online]. 2022 [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.iotport.cz/iot-novinky/smart-city/jak-vyut-internet-vc-pi-zen-obce>
65. Úspornější chlazení? Seznamte svou klimatizaci s IoT [online]. 2022 [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.iotport.cz/iot-novinky/smart-city/spornj-chlazen-seznamte-svou-klimatizaci-s-iot>
66. 4 IoT trendy v průmyslu, které musíte sledovat [online]. 2022 [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.iotport.cz/4-iot-trendy-v-prumyslu-ktere-se-letos-vyplati-sledovat>
67. Nejmodernější IoT síť – ovládejte chytrá zařízení [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.o2.cz/podnikatele-a-firmy/firemni-reseni/iot>
68. Posouváme vaše IT na vyšší úroveň [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://thecloudprovider.cz/>
69. Také vaše budova může být chytrá [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.vodafone.cz/podnikatele/internet-veci/chytra-budova/>
70. Osvětlení pro vaše fyzické i duševní zdraví [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.dobre-zdravi.cz/blog/osvetleni-pro-vase-fyzicke-i-dusevni-zdravi>
71. Jak LED osvětlení ovlivňuje vaše zdraví? [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.lighting.philips.cz/consumer/svetla-led/eyecomfort/led/vliv-led-osvetleni-na-zdravi>
72. PROČ JE SVĚTLO DŮLEŽITÉ [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.spectrasol.cz/o-svetle/>
73. What is IQRF? [online]. [cit. 2022-11-29]. Dostupné z: <https://www.iqrf.org/what-is-iqrf>
74. Clouds [online]. [cit. 2022-11-29]. Dostupné z: <https://www.iqrf.org/technology/clouds>
75. Jak na IQRF: spolehlivá a bezpečná bezdrátová technologie pro IoT [online]. [cit. 2022-11-29]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/jak-na-iqrf-spolehliva-a-bezpecna-bezdratova-technologie-pro-iot/>

Seznam zdroje obrázků:

1. Open Source Hardware [online]. www.mouser.cn [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://www.mouser.cn/applications/stm3214-kit-iot-node-integrating-google-cloud/>
2. Informace o Internet věcí (IoT) - LoRa [online]. www.pripojen.cz [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://www.pripojen.cz/LoRa>
3. Základní úvod do oblasti internetu věcí (IoT) [online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/zakladni-uvod-do-oblasti-internetu-veci-iot.html>
4. Jak správně svítit [online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <http://www.svetelneznecisteni.cz/img-content/8.png>
5. HARDWARIO COOPER IQ [online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://www.iqrfalliance.org/marketplace/cooper-iq>
6. Monitor kvality vzduchu 5 v 1 [online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://www.fruugo.cz/5-in-1-air-quality-monitor-co2-meter-digital-temperature-black/p-109241129-230488227>
7. WiFi Senzor 3v1 Teplota, Vlhkost, Intenzita osvětlení - Tuya [online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://www.chytrevypinace.cz/WiFi-senzor-3v1-tuya>
8. Ambientní LoRaWAN senzor AM319 [online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: www.alternetivo.cz/ambientni-lorawan-senzor-am319-pro-monitorovani-interieru-9-senzoru-v-1_d84715.html
9. Rekuperace VENTILA HOUSE 300 [online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://www.ventilator-ventilatory.cz/ventilator/rekuperacni-jednotky/centralni-rekuperace/rekuperacni-jednotky-ventila/ventila-house-300/produkt/rekuperace-ventila-house-300>
10. Pokojová rekuperační jednotka Dalap ZEPHIR SIMPLE [online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://www.ventilatory.cz/pokojova-rekuperacni-jednotka-dalap-zephir-simple-s-dalkovym-i-nastennym-ovladanim-x13962>
11. Řetězový pohon EA-K-50, EA230-K-50 [online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://pkotviraceoken.cz/produkt/retezovy-pohon-ea-k-50/>
12. Ledvance - LED RGBW Stmívatelný panel [online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://www.svet-svitidel.cz/ledvance-led-rgbw-stmivatelny-panel-smart-planon-led-40w-230v-wi-fi-do/>

13. Wi-Fi Smart LED nástěnné stropní svítidlo dálkově ovládané aplikací, 36W / 230V [online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z:
<https://www.smarttuya.cz/https/www-smarttuya-cz/wi-fi-smart-led-nastenne-stropni-svitidlo-dalkove-ovladane-aplikaci-36w-230v-d49-hm>