

Zdravá třída

Hlídáme koncentraci CO₂
ve třídách



Obsah

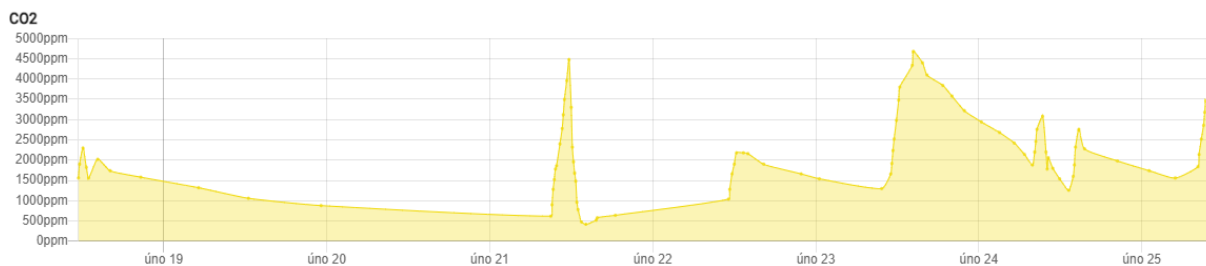
1	Manažerské shrnutí.....	2
1.1	Popis projektu.....	3
1.2	Průběh projektu.....	6
1.2.1	Příprava projektu.....	6
1.2.2	Instalace měřidel.....	7
1.2.3	Pilotní měření.....	8
1.3	Získané poznatky a doporučení dalšího postupu.....	10
1.3.1	Poznatky a doporučení – měření.....	10
1.3.2	Poznatky a doporučení – vytápění Gymnázia v zimě.....	11
1.3.3	Poznatky a doporučení – kvalita vnitřního prostředí v učebnách.....	12
2	Finanční analýza.....	14
2.1	Ekonomické zhodnocení.....	14
3	Plán doporučených aktivit.....	16

1 Manažerské shrnutí

Předmětem této zprávy o ukončení projektu a získaných poznatcích je uzavření pilotního projektu s názvem **“Zdravá třída – hlídáme koncentraci CO₂ ve třídách”** realizovaném na základě Smlouvy o spolupráci uzavřené mezi Operátorem ICT, a.s. (dále jen „OICT“), společností SimpleCell Consulting, s.r.o., integrátorem řešení Sigfox technologie (dále jen „SimpleCell“) a Gymnáziem, Na Vítězné pláni 1160, Praha 4 (dále jen „Gymnázium“). V rámci výše uvedené Smlouvy, uzavřené dne 14. 9. 2021, se smluvní strany dohodly na bezúplatné spolupráci na tomto projektu.

V rámci pilotního projektu byla také otestována spolupráce mezi soukromým a veřejným subjektem, kde si každá smluvní strana hradila své náklady sama. V průběhu projektu došlo také k navázání spolupráce se společností BAKALÁŘI software s.r.o. (dále jen „BAKALÁŘI“), která byla písemně uzavřena dne 3. 1. 2022. Tato spolupráce umožnila pro OICT přístup do databáze kalendářových událostí Gymnázia.

Cílem výše uvedeného pilotního projektu bylo v rámci školního roku 2021/2022 otestování měřidel koncentrace CO₂, teploty a vlhkosti (dále jen „měřidla“) ve třídách Gymnázia, neboť vysoká koncentrace CO₂ uvnitř místnosti vede k únavě, ztrátě soustředění, bolesti hlavy nebo k nevolnosti. Ve školních třídách a učebnách k této situaci dochází velmi často, neboť je zde na malé ploše koncentrováno velké množství osob. Během pilotního projektu došlo k otestování přínosu měřidel kvality vnitřního prostředí. Měření ukázala, že v průběhu jedné vyučovací hodiny může koncentrace CO₂ vystoupat až o násobky hraničních hodnot, viz. Obrázek č. 1. Společně s měřením množství CO₂ byla aplikována opatření vedoucí k úpravě vnitřního klimatu ve vyučovacích prostorách. Studie Světové zdravotnické organizace (WHO) z dubna roku 2021 prokázala, že vysoké hodnoty CO₂ mohou znamenat zvýšené riziko šíření virových onemocnění.



Obrázek 1: Průběh hodnot koncentrace CO₂ v jedné z učeben (zdroj: platforma I/O Frog)

Průběh realizace projektu pomohl vydefinovat jednotlivé procesy a postupy nezbytné pro využívání IoT měřidel vnitřního prostředí. Jedná se zejména o způsob instalace měřidel, jejich vhodné umístění, nastavení parametrů komunikace a upozornění při změnách kvality vnitřního prostředí.

Na základě poznatků z pilotního projektu je doporučena instalace vhodných IoT měřidel do objektů, kde v posledních letech došlo k výměně starších oken za nová plastová, a zároveň k zateplení fasády. V těchto případech je téměř jisté, že při nevhodném větrání, zejména v zimním období, dochází k výraznému zhoršení kvality vnitřního prostředí.

Dále je doporučeno využívat podobnou technologii na sledování vnitřního prostředí nejen v objektech vzdělávacího charakteru, ale také v administrativních budovách a případně v domovech pro seniory. Pomocí této technologie je možné hlídat nejen hodnoty CO₂, ale také vnitřní teplotu a vlhkost. Díky detailnímu přehledu o teplotě v objektu je možné přesně určit, kdy v objektech dochází k přetápění a je tedy možné přenastavit systém měření a regulace s cílem ušetřit náklady za energii.

1.1 Popis projektu

Jak bylo uvedeno výše, předmětem projektu byl návrh a realizace pilotního projektu, v rámci kterého byla otestována kombinovaná IoT měřidla v prostředí Gymnázia s vazbou na vhodnou metodu upozornění na překročení povolených hodnot.

Výše uvedené smluvní strany si bezplatně stanovily níže uvedené role a rozsah činností:

OICT:

- zajistit projektové řízení projektu;

- vytvořit pro přípravu a realizaci projektu koordinační skupinu, ve které budou zastoupeni zástupci všech smluvních stran, za účelem vytvoření koordinační skupiny navrhnu všechny smluvní strany svého zástupce;
- kontrolovat a porovnávat data z jednotlivých měřidel získaná při realizaci projektu;
- otestovat vhodné software nástroje pro upozorňování na překročení limitních hodnot;
- zajistit vyhodnocení projektu a jeho výstupy poskytnout ostatním smluvním stranám;
- poskytnout ostatním smluvním stranám veškerou objektivně požadovatelnou součinnost za účelem naplnění spolupráce.

SimpleCell:

- instalovat nejméně 40 ks měřidel koncentrace CO₂, teploty a vlhkosti v jednotlivých třídách;
- po dobu realizace projektu udržovat měřidla funkční;
- provést montáž měřidel s ohledem na zvýšenou odolnost proti vandalismu;
- v případě nefunkčnosti měřidla (za nefunkční se nepovažuje měřidlo, které vykazuje softwarovou nebo hardwarovou vadu/chybu, která bude způsobena neoprávněným zacházením s měřidlem třetí osobou, vandalismem, aj. typem poškození) zajistit jeho nahrazení novým funkčním měřidlem;
- deinstalovat měřidla po skončení projektu;
- podílet se na vyhodnocení projektu;
- poskytnout ostatním smluvním stranám veškerou objektivně požadovatelnou součinnost za účelem naplnění spolupráce.

Gymnázium:

- umožnit instalaci a deinstalaci měřidel v jednotlivých třídách;
- spolupracovat při instalaci a deinstalaci měřidel v jednotlivých třídách;
- vhodným způsobem zajistit informovanost žáků a jejich rodičů o realizaci projektu;
- podílet se na vyhodnocení projektu;
- poskytnout ostatním smluvním stranám veškerou objektivně požadovatelnou součinnost za účelem naplnění spolupráce.

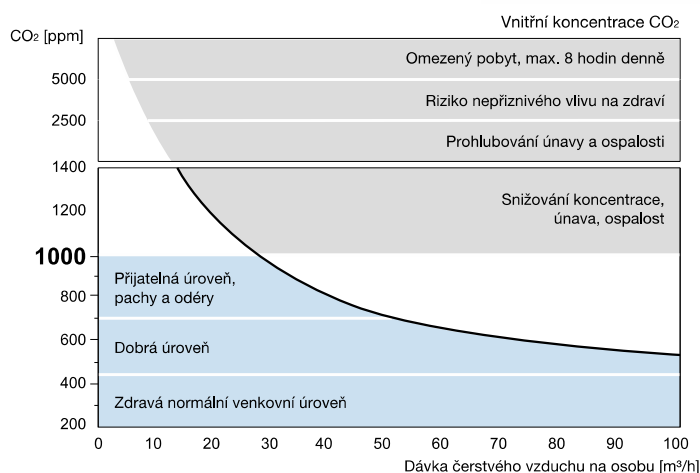
Měřidla pomáhají chránit nejen zdraví studentů a pedagogů, ale zároveň přispívají ke snížení spotřeby energie.

Pro pilotní projekt bylo, na základě předchozí znalosti tohoto objektu a přínosné spolupráce, vybráno Gymnázium Na Vítězné pláni. V minulosti se s Gymnáziem spolupracovalo na realizaci pilotního projektu „Komplexní řízení energetiky s využitím energetického managementu“ (dále jen „KŘEnM“). V průběhu projektu KŘEnM byla za pomoci čtyř instalovaných senzorů vnitřního prostředí zjištěna zhoršená kvalita vnitřního prostředí v učebnách v době probíhající výuky. V posledních letech proběhla v Gymnáziu realizace několika projektů v jejichž průběhu byla postupně vyměněna stará okna za nová plastová s izolačním zasklením, dále došlo k zateplení a kompletní renovaci fasády celého objektu. Toto mohlo mít za následek následnou nedostatečnou výměnu vzduchu v učebnách a zhoršení kvality vnitřního prostředí.

Společnost Simplecell dodala 40 ks IoT kombinovaných měřidel s LED ukazatelem. V průběhu projektu navíc dodatečně doplnila 5 ks měřidel s E-ink displejem na měření koncentrace CO₂, teploty vzduchu a relativní vlhkosti za účelem monitorování kvality vnitřního klima.

Pilotní projekt tak napomohl předat pedagogům a studentům přesné informace o kvalitě vnitřního prostředí a díky monitorování jednotlivých učeben bylo pro pedagogy a studenty možné zlepšit kvalitu vnitřního ovzduší.

Koncentrace CO₂ je výborným indikátorem kvality vzduchu, jeho „vzdýchanosti“, ve vnitřních prostorách. Jelikož každý člověk dýcháním přirozeně uvolňuje nemalé množství CO₂ (vydechnutý vzduch dospělého člověka obsahuje přibližně 40 000 ppm CO₂), poskytuje měření koncentrace CO₂ přesnou informaci o počtu lidí v uzavřeném prostoru a tuto informaci tak lze jednoduše využít pro regulaci intenzity větrání. Z Obrázku č. 2 vyplývá vliv vnitřní koncentrace CO₂ na člověka.



Obrázek 2: Vnitřní koncentrace CO₂ a její vliv na člověka

Vzhledem k tomu, že v rámci pilotního projektu byly testovány dva typy měřidel s rozdílnou charakteristikou fungování, bylo možné určit vhodnou metodu upozornění na zhoršený stav vnitřního prostředí umožňující nerušenou výuku, a zároveň dává možnost včas napravit zhoršující se kvalitu vnitřního prostředí. Měřidla také napomáhají předcházet nevhodnému vytápění pomocí kontroly teploty v místnostech v době, kdy neprobíhá výuka.

1.2 Průběh projektu

1.2.1 Příprava projektu

Příprava pilotního projektu byla zahájena v červenci 2021. V průběhu července a srpna roku 2021 probíhaly schůzky mezi zástupci společností OICT a SimpleCell týkající se poskytnutí měřidel. Ke schválení poskytnutí měřidel pro pilotní projekt ze strany společnosti SimpleCell došlo dne 10. 8. 2021. Následně proběhla schůzka s ředitelem Gymnázia týkající se nabídky na instalaci měřidel v tomto objektu a začala se připravovat smlouva mezi OICT, SimpleCell a Gymnáziem. Předmětem této smlouvy bylo bezplatné zapůjčení měřidel na měření CO₂ na školní rok 2021/2022 a zajištění součinnosti Gymnázia.

Připravený Projektový záměr byl 11. 10. 2021 doporučen k realizaci Komisí Rady hlavního města Prahy pro Smart City v hl. m. Praze.

1.2.2 Instalace měřidel

Schůzka vztahující se k přípravě na montáž měřidel proběhla 21. 9. 2021. Následně ve dnech od 27. 9. 2021 do 30. 9. 2021 společnost SimpleCell, ve spolupráci s OICT, provedla instalaci čtyřiceti měřidel v Gymnáziu a zajistila datovou konektivitu zařízení.

Instalovaná měřidla INSAFE+ Carbon (dále jen „Carbon“) na Obrázku č. 3 upozorňovala na stav koncentrace CO₂ pomocí světelného „semaforu“, kdy zelená značila přijatelné hodnoty CO₂, oranžová hraniční hodnoty a červená pak nežádoucí koncentraci CO₂ a nutnost vyvětrat. V rámci výchozího nastavení měřidlo aktualizovalo hodnoty (a tím i semafor) každých 10 minut a v případě významné změny naměřených hodnot odesílalo naměřené hodnoty do databáze. Změna dat se tak projevila v momentě překročení vysoké hladiny CO₂ – nad 1 000 ppm. V takovém případě zařízení červeně bliká a signalizuje potřebu ventilace místnosti.

V pěti vybraných učebnách byla dne 8. 3. 2022 nainstalována nová technologie – měřidlo AirWits CO₂ Plus (dále jen „AirWits“) s E-ink displejem, viz. Obrázek č. 4. Důvodem pro osazení místností těmito měřidly bylo především otestování nové technologie a dále pak porovnání s již známou technologií Carbon. Tato měřidla zobrazují naměřené hodnoty ve dvou minutových intervalech a každých třicet minut jsou tato naměřená data odesílána do databáze dodavatele měřidel.



Obrázek 3: Měřidlo INSAFE+ Carbon



Obrázek 4: Měřidlo AirWits CO₂ Plus

1.2.3 Pilotní měření

Pilotní provoz probíhal od 1. 10. 2021 do 30. 6. 2022, což je 9 měsíců ze školního roku 2021/2022.

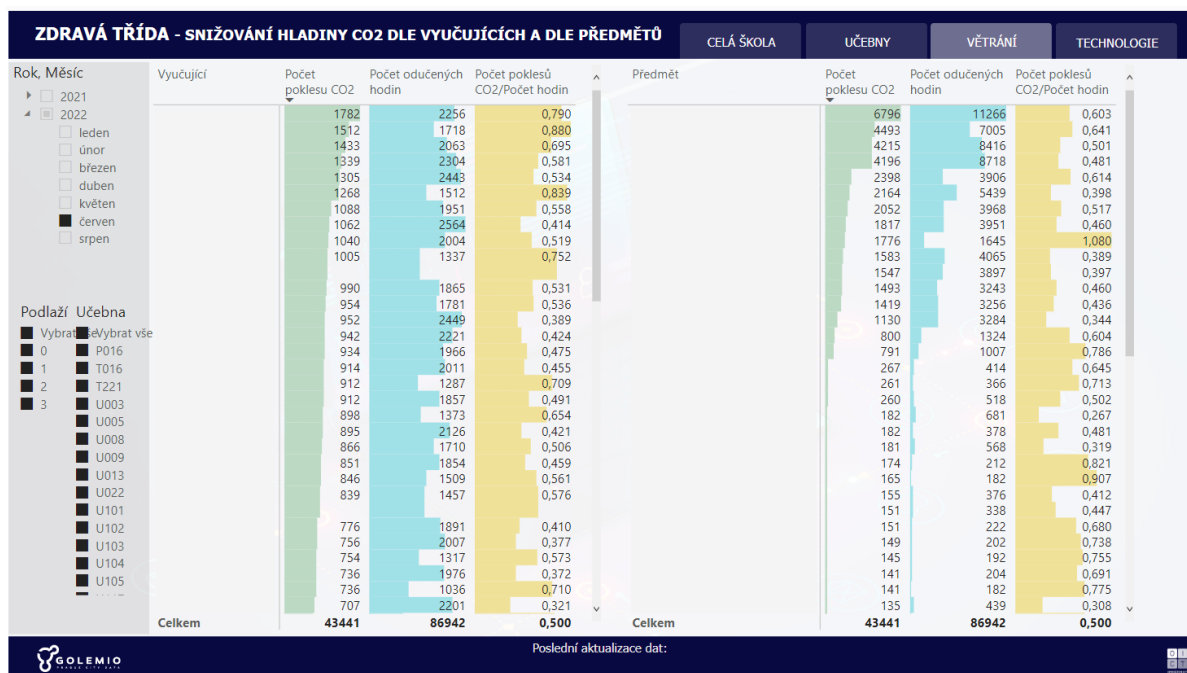
První 3 měsíce pilotního provozu probíhalo testování měřidel na základě vizuální kontroly pedagogů, kteří při zhoršení klimatických podmínek měli možnost okna otevřít.

Ke konci roku 2021 byl pracovníky OICT vyvinut dashboard zobrazující naměřené údaje, z instalovaných měřidel, pro snazší a přehlednější vyhodnocení pilotního projektu.

Tento dashboard ukazuje kvalitu ovzduší v každé učebně osazené měřidlem, kromě aktuálních dat ukazuje také jak často jednotliví pedagogové reagovali na indikaci špatného ovzduší. Ukázka tohoto dashboardu je na Obrázku č. 5.

Pro získání informací o tom, který pedagog nejčastěji reagoval na indikaci vyšší koncentrace CO₂ (tedy ten, který nejčastěji větral), bylo zapotřebí propojit databázi naměřených hodnot CO₂, vlhkosti a teploty s datovým konektorem od společnosti BAKALÁŘI. Aplikace Bakaláři je nejrozšířenějším školním systémem v České republice. V tomto SW je realizována každodenní administrativa

i komunikace mezi školou a rodinou studentů. Propojení databáze naměřených hodnot s datovým konektorem bylo provedeno databázovými specialisty z datové platformy Golemio.



Obrázek 5: Dashboard k projektu Zdravá třída (míra větrání, dle vyučujícího a předmětu)

První vyhodnocení pilotního projektu bylo provedeno v prosinci roku 2021, také byl zadán požadavek na přenastavení intervalu aktualizace semaforu u měřidel Carbon měřidel na kratší než 10 minut.

V průběhu pilotního provozu byla energetickým specialistou OICT monitorována i teplota a vlhkost vzduchu v učebnách.

Sledováno bylo:

- přehřívání učeben v teplých měsících;
- přetápění či naopak nízkou teplotu ve sledovaných místnostech v zimních měsících;
- teplota v učebnách ve dnech, kdy neprobíhala výuka (prázdniny, státní svátky apod.). V případě zjištění překročení útlumové teploty (18 °C) byl kontaktován správce kotelny, aby zjednal nápravu;
- vlhkost v jednotlivých učebnách ve vztahu na její změny při vyvětrání.

Ve druhém pololetí školního roku byla do pěti učeben namontována pokročilejší měřidla s E-ink displejem, z důvodu jejich otestování a porovnání jednotlivých technologií. Tato měřidla zobrazují naměřené hodnoty v reálném čase.

1.3 Získané poznatky a doporučení dalšího postupu

Hygienicky zdravé ovzduší ve školách je důležité jak pro žáky, tak pro vyučující. Díky nasazenému řešení vyučující včas rozeznali moment, kdy bylo v učebně nutné vyvětrat. Správné větrání vede ke zvýšení pozornosti žáků.

Po konci školního roku byl učitelům Gymnázia zaslán dotazník pro získání zpětné vazby od pedagogů na testovanou technologii. Získané poznatky byly následující:

- 8 z 10 učitelů by chtělo, aby technologie měření CO₂ ve škole zůstala;
- 9 z 10 dotázaných technologií aktivně využívalo;
- Jediné místo, kde byla měřidla osazena, ale nepoužívala se byla tělocvična, a to z důvodu pravidelného větrání i bez instalované technologie.
- Jediné, co pedagogové hodnotili negativně, byl příliš dlouhý interval aktualizace dat po překročení hodnot a vyvětrání, kdy na aktualizaci dat bylo třeba vyčkat 10 minut (u měřidla Carbon).

1.3.1 Poznatky a doporučení – měření

Pro pilotní projekt bylo dodáno a nainstalováno 40 ks IoT měřidel Carbon. Toto měřidlo je vybaveno Smart funkcí, díky které je možné výrazným způsobem šetřit baterii pro její delší životnost. Smart funkce umožňuje zasílat pouze ta data, při kterých dojde k výrazné změně jedné z měřených hodnot oproti hodnotám předchozím. Díky tomuto nastavení není zařízení nuceno zasílat data o stavu vnitřního prostředí v době, kdy se v místnostech mění podmínky minimálně, například v noci. V samotných učebnách probíhalo vyhodnocení každých deset minut. Tento interval se v učebnách ukázal jako nedostatečný, nicméně v průběhu projektu došlo ke zjištění, že u měřidla Carbon není možné tento interval jakkoli měnit. Společně s dodavatelem zařízení se nepodařilo najít řešení tak, aby zařízení Carbon aktualizovalo své měření přímo v učebnách dříve než za deset minut, z tohoto důvodu se toto zařízení jeví pro tyto účely jako nevýhodné. V průběhu projektu bylo nainstalováno také 5 ks měřidel Airwits, u kterých byly při nastavování parametrů komunikace zohledněny zkušenosti se zařízeními Carbon. Zařízení AirWits bylo nastaveno tak, aby každé dvě minuty aktualizovalo stav vnitřního prostředí a každých 30 minut odeslalo data do databáze. Tento způsob

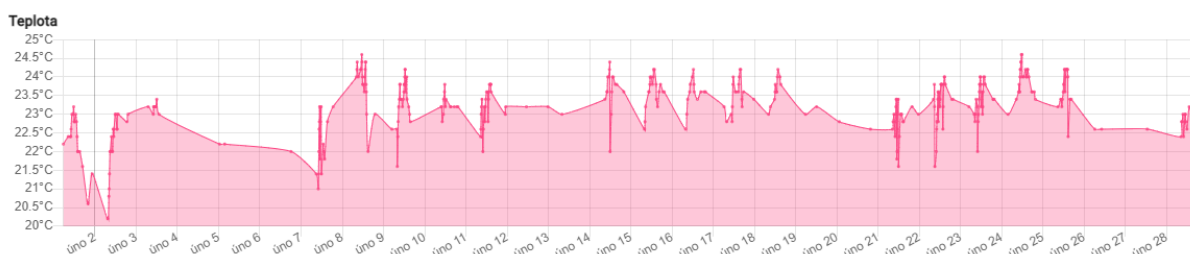
nastavení se posléze ukázal jako vhodný a funkční.

Dalším z poznatků technologie je vlastní porovnání zařízení s LED diodou a zařízení s displejem. Pedagogové, kteří měli možnost vyučovat v učebnách, kde byla nainstalována jak měřidla Carbon, tak měřidla Airwits, se v odpovědích do dotazníku rozdělili na dva tábory. Jedna skupina pedagogů uvedla, že jim vyhovuje měřidlo bez displeje a druhá skupina pedagogů, že jim více vyhovuje měřidlo s displejem.

Vzhledem k výsledkům je doporučeno při realizaci podobných projektů využívat a vyhledávat taková zařízení umožňující aktualizaci měření v minutovém, max. ve dvouminutovém intervalu. Vybavenost měřidla displejem není nutností.

1.3.2 Poznátky a doporučení – vytápění Gymnázia v zimě

V průběhu projektu probíhala průběžná kontrola teploty v místnostech v době, kdy v objektu neprobíhal žádný provoz. V rámci úspor energie je vhodné mít v systému měření a regulace nastavený útlumový režim na noční hodiny a na víkendy, případně svátky. Na Obrázku č. 6 je patrné, že teploty v objektu o víkendech, nebo nočních hodinách téměř neklesají pod 23°C.



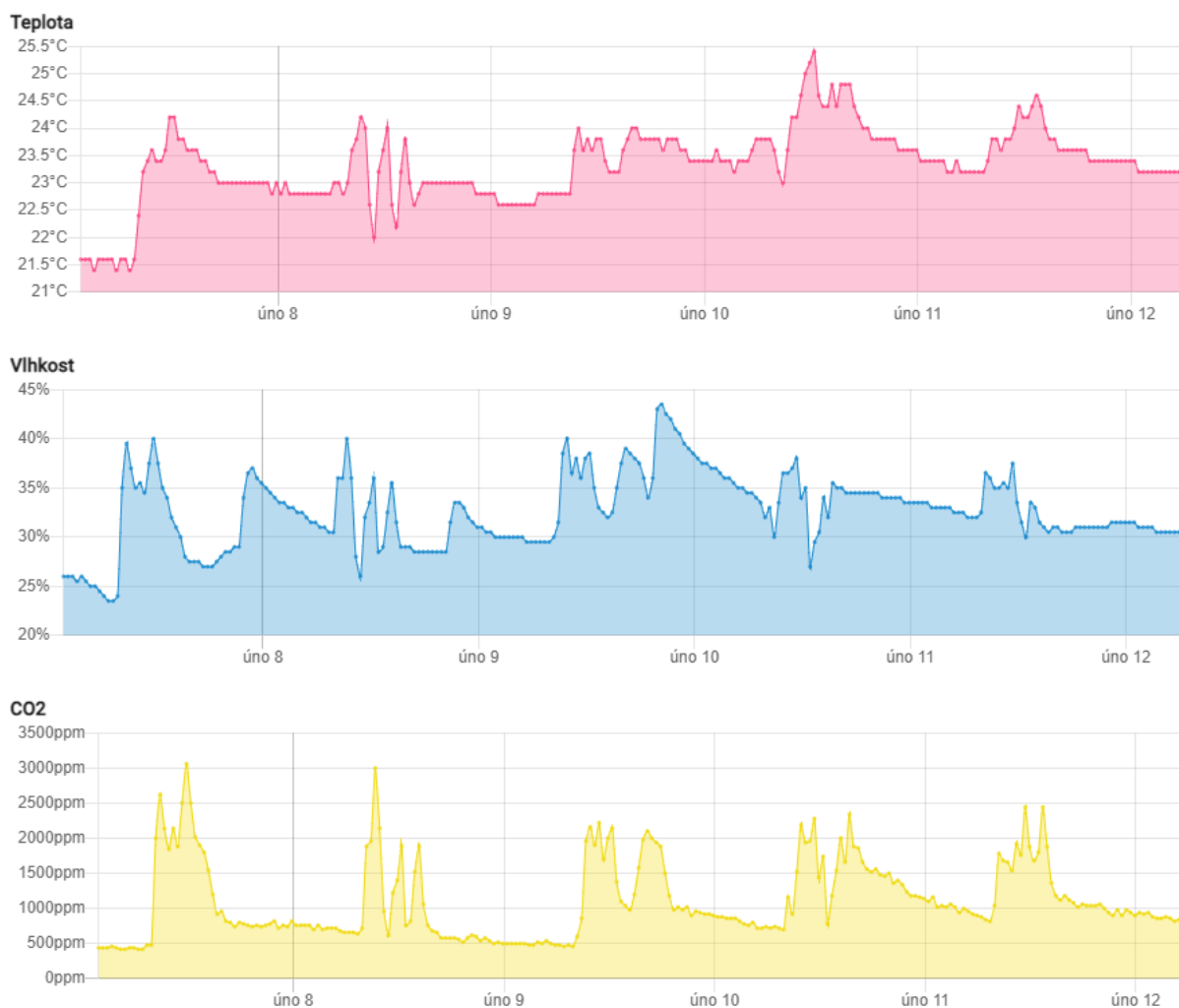
Obrázek 6: Průběh teplot v učebně U216 (únor 2022, zdroj: platforma I/O Frog)

Zástupci Gymnázia byli na toto zjištění upozorněni s doporučením neprodleně kontaktovat servisní společnost, pro vhodnější nastavení řízení vytápění.

Je doporučeno instalovat IoT měřidla vnitřního prostředí nejen ve vzdělávacích objektech, ale všude tam, kde je vhodné přesně vyhodnocovat teplotu v objektu z důvodu optimalizace systému regulace vytápění.

1.3.3 Poznatky a doporučení – kvalita vnitřního prostředí v učebnách

Na Obrázku č. 7 je patrné vyhlazování extrémů vysokých hodnot CO₂, což je způsobeno větráním. Zejména 8. 2. 2022 se po druhé vyučovací hodině, kdy hodnoty CO₂ vystoupaly až na hodnotu 3 000 ppm, dařilo účinně větrat tak, že hodnoty CO₂ již nepřekročily hodnotu 2 000 ppm.



Obrázek 7: Kvalita vnitřního prostředí v učebně U102 (únor 2022, zdroj: platforma I/O Frog)

Už jen samotná přítomnost jednoduchého IoT měřidla, které dokáže upozornit na nekvalitní vzduch v učebnách je velkým přínosem pro zajištění kvalitního vnitřního prostředí ve vnitřních prostorech objektů. Je-li učebna tímto zařízením vybavena, má pedagog přesnou informaci, kdy je nutné učebnu vyvětrat tak, aby bylo možné předcházet únavovým a nekonzentrovaným stavům u studentů.

Vzhledem k výše uvedenému je doporučeno provést instalaci IoT měřidel CO₂ do vzdělávacích objektů, kde v posledních letech došlo k zateplení a výměně oken bez dodatečné instalace systému nuceného větrání.

2 Finanční analýza

2.1 Ekonomické zhodnocení

Pilotní projekt byl realizován od října 2021 do konce června 2022. Spolupráce mezi společnostmi OICT, SimpleCell a Gymnáziem probíhala bezplatně. Každá ze stran si vynaložené náklady hradila sama z interních prostředků. V tabulce č. 1 a č. 2 jsou uvedeny náklady na měřidla Carbon a Airwits tak, jak by stálo jejich pořízení při běžném postupu projektu.

Ceny uvedené v Tabulce č. 1 a č. 2 odpovídají 40 ks senzorů včetně poplatku za konektivitu a využívání platformy pro zobrazování dat po dobu 1 roku. V průběhu projektu bylo otestováno pouze 5 ks zařízení Airwits, nicméně pro potřeby porovnání je v kalkulaci uvažováno pořízení 40 ks do všech učeben, tak jako v případě zařízení Carbon.

Hodnota senzorů je jednorázový náklad, ročně se ke každému senzoru připočte poplatek za konektivitu (v rámci 1 roku a 10 měsíců není v ceně konektivity žádný rozdíl).

	Cena bez DPH za 1 ks	Cena bez DPH za 40 ks
HW	4 115 Kč	164 600 Kč
Konektivita	215 Kč	8 600 Kč
Platforma pro zobrazení dat	155 Kč	6 200 Kč
Celkem bez DPH	4 525 Kč	179 400 Kč

Tabulka 1: Náklady na pořízení měřidla Carbon (Zdroj: společnost SimpleCell)

	Cena bez DPH za 1 ks	Cena bez DPH za 40 ks
HW	3 407 Kč	136 280 Kč
Konektivita	215 Kč	8 600 Kč
Platforma pro zobrazení dat	155 Kč	6 200 Kč
Celkem bez DPH	3 777 Kč	151 080 Kč

Tabulka 2: Náklady na pořízení měřidla Airwits (Zdroj: společnost SimpleCell)

Pro případnou realizaci podobného projektu je nutné dále uvažovat finanční náklady na práci spojenou s přípravou projektu, projednávání, přípravou smluv o spolupráci. Z tohoto důvodu nejsou náklady výše uvedené konečné, ale slouží zejména pro porovnání obou využitých IoT senzorů.

3 Plán doporučených aktivit

V současné době doporučuje OICT realizovat podobné projekty nejen v objektech vzdělávacího charakteru ale také v ostatních objektech, ve kterých dochází k provozu pouze v předem určenou pracovní dobu. Instalace IoT zařízení pro měření kvality vnitřního prostředí je užitečná nejen pro hlídání kvality vzduchu, ale také dokáže přesně monitorovat teplotu v místnostech, což je zejména v dnešní energeticky náročné době důležité. Měření kvality a teploty vnitřního prostředí v objektech ve vlastnictví MHMP je také plně v souladu s Metodickým pokynem Rady HMP specifikující dočasné podmínky provozu budov užívaných či vlastněných hl. m. Prahou a jím zřizovaných či spoluvlastněných organizací. tento Metodický pokyn byl Radou hlavního města Praha schválen usnesením č. 2654¹ dne 3. 10. 2022.

Z výše uvedených důvodů doporučuje OICT realizaci obdobných instalací v dalších objektech ve vlastnictví MHMP.

¹ Usnesení Rady č. 2654 ze dne 3.10.2022 - Metodický pokyn Rady HMP specifikující dočasné podmínky provozu budov užívaných či vlastněných hl. m. Prahou a jím zřizovaných či spoluvlastněných organizací