

Ing. Hana DOLEŽÍLKOVÁ
 ČVUT v Praze, Fakulta stavební
 Katedra TZB

Vytápění a větrání škol – Souvislé sledování kvality vnitřního vzduchu

Heating and Ventilation of Schools – Continuous Monitoring of Indoor Environmental Quality

Recenzentka
 MUDr. Ariana Lajčíková, CSc.

Tradiční způsob monitorování kvality vzduchu vyžaduje jak značné finanční náklady, tak i opakovaný přístup do budovy. Většinou se jedná o krátkodobé měření, které bylo uskutečněno jen v omezeném počtu případech. Tento článek popisuje výsledky souvislého vzdáleného monitorování kvality vzduchu ve dvacetisekundových intervalech v 85 místnostech v osmi školách v Minnesotě ve školním roce 2003–2004.

Klíčová slova: škola, vnitřní ovzduší, větrání, kontinuální sledování

The traditional way of indoor air quality (IAQ) monitoring requires both considerable costs and the repeated entry of the monitoring crew into the building. Usually, it is being used as short-term measurement programs. So far, it has been implemented only in a limited number of cases. This article describes the results of continuous remote monitoring of indoor air quality at twenty second-duration intervals in 85 rooms, at eight schools in Minnesota, during the school year 2003–2004.

Key words: school, indoor environment, ventilation, continuous monitoring

Teplota, relativní vlhkost a koncentrace CO₂ byly měřeny v hodinových, denních a týdenních periodách. Byly sledovány neobvyklé případy, a to jak opakující se, tak i jednotlivé. Navíc byly sledovány rovněž neobvyklé hodnoty koncentrací oxidu uhelnatého a VOC. Studie reprezentuje školy, které se projektu zúčastnily dobrovolně. Tyto vybrané budovy se nacházely v oblastech, kde byl nejvyšší zájem o hodnocení kvality vnitřního vzduchu.

STRUKTURA PROJEKTU

Projekt byl sponzorován Legislativní komisí Minnesotských zdrojů (Legislative Commission on Minnesota Resources (LCMR)).

Školy byly vybrány tak, aby zde byly zastoupeny školy různého stáří, typu, jakož i s různým vybavením. V srpnu a září roku 2003 zde byly instalovány malé, multisenzorové monitorovací jednotky o velikosti programovatelného pokojového termostatu. Měření trvalo do srpna 2004.

Senzory plynule podávaly zprávy o teplotě, relativní vlhkosti, koncentraci oxidu uhličitého, koncentraci oxidu uhelnatého a celkového množství těkavých organických látek (TVOC). TVOC pak byly převedeny na procentní hodnoty organických oděrů a plynů.

Měřená data byla internetem vysílána na centrální server projektu, který zpracovával data do tabulek a grafů. Data v tabulkách i grafech byla po zadání bezpečnostního hesla přístupná uživatelům na jakémkoli počítači připojeném k internetu. Měsíční výsledky projektu byly obvykle pro každou školu shrnuty do zprávy.

Obr. 1 představuje příklad shromážděných dat a ukazuje průměrné hodnoty oxidu uhličitého v pěti místnostech během typického zimního školního týdne. Předepsaná hodnota 1000 ppm je na grafu též zobrazena.

ROZDÍLY SOUVISLÉHO SLEDOVÁNÍ

Jestliže bychom porovnali jednoduché tradiční měření pěti parametrů kvality vnitřního vzduchu, užitě v tomto projektu, s kontinuálním monitorová-

ním ve dvaceti sekundových intervalech za jeden měsíc, odpovídalo by tradiční měření jednomu listu papíru, zatímco kontinuální by bylo ekvivalentní objemu dat dvanácti devatenácti dílných encyklopedií. Protože školy nejsou statické budovy, je tento rozdíl důležitý. Kvalita jejich vnitřního vzduchu se mění hodinu od hodiny, den ode dne, týden od týdne. Byly pozorovány nedostatky tradičních přístupů k měření kvality vnitřního vzduchu. Skutečně k nim docházelo, a to z toho důvodu, že výsledky sledování kvality vnitřního vzduchu v jednotlivých místnostech byly s postupem času ve většině škol výrazně proměnné.

Například v jedné škole byla v chladných jarních dnech, kdy bylo vytápění vypnuté, sledována vysoká koncentrace oxidu uhličitého. Tato vysoká koncentrace byla důsledkem vypínání větrání v době, kdy si uživatelé stěžovali na nízké teploty. Po zbytek času byla ve škole koncentrace oxidu uhličitého nízká. Zvýšený výskyt oxidu uhelnatého byl občasný, pouze jeden či dva dny ve sledovaném období.

Podobně výskyt významných oděrů a plynů během školní výuky byl pouze ojedinělý, a to v důsledku přelakování podlah tělocvičen. Všechny tyto případy a mnoho dalších by při snímkovém měření byly pravděpodobně ztraceny. Kontinuální měření nám dává obraz o tom, co se v budově děje.

SHRNUTÍ POZOROVÁNÍ

Analýza projektu pokračovala do srpna 2004. Výsledky pro školní rok 2003–2004 obsahují:

Větrání

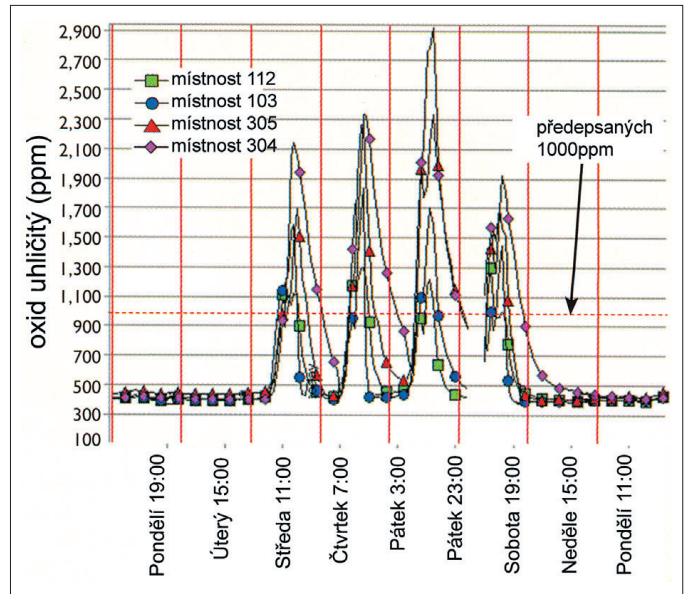
- Data z počátečních měsíců projektu ukázala, že ve většině zúčastněných škol je třeba zlepšit větrání v mnoha místnostech. Ve srovnání s normovou hodnotou CO₂ 1000 ppm dosahovalo mnoho místností denních hodnot 1500, 2000, 3000 ppm a ojediněle i 4000 ppm. Oxid uhličitý je zpětným indikátorem potenciálních problémů větrání, hodnoty nad 1000 ppm naznačují nedostatečné větrání ve školní třídě.
- Ačkoliv kvalita vnitřního prostředí a s ní i zdraví studentů hraje pro vedení škol zásadní roli, ukázalo se, že ani administrativa, ani zaměstnanci provozů ve školách, kde byly problémy s větráním, většinou ne-

měli potřebné znalosti o důležitosti větrání, o tom, jak se zde instalovaný větrací systém chová nebo kdy má být provozován.

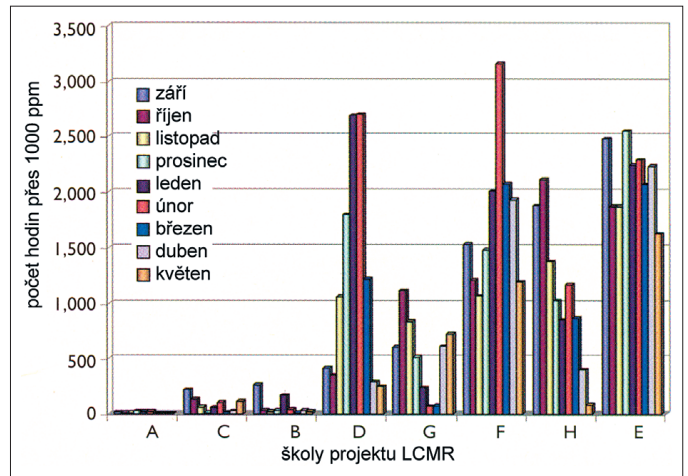
- Tři školy (školy A, B, C na obr. 2) vykazovaly pozoruhodně lepší provoz větrání než ostatních pět. Jejich monitorované místnosti zřídka kdy překračovaly koncentraci CO₂ 1000 ppm během celého školního roku. V těchto třech školách již byla dříve z větší části realizována rekonstrukce vytápění a větrání, a to v souladu s moderním přístupem Ministerstva školství v Minnesotě k zlepšení větrání ve školách. Výsledky projektu ukázaly, že tato státní iniciativa probíhá, avšak vede k významně vyšším energetickým nákladům, jak je ukázáno níže.
- Školy, které nedávno dokončily největší a nejrozsáhlejší obnovu vytápění a větrání, vykazovaly významně vyšší spotřebu energie a nákladů. Ve škole „B“ vzrostla jako výsledek zlepšení větrání spotřeba zemního plynu a topného oleje o 30 %. Bylo zjištěno, že investiční omezení v čase, kdy byl projekt na zlepšení větrání navržen, nedovolovalo uvažovat vliv vývoje cen energie na návrh a provoz větrání.
- Dalších pět zúčastněných škol již s využitím výsledků projektu plánuje či zavádí postupy ke zlepšení kvality jejich vnitřního vzduchu:
 - a) Na základě údajů z tohoto projektu, týkajících se místností se specifickými problémy větrání, již dvě ze škol (G a H) uskutečnily provozní údržbu zařízení a změnu regulace, díky čemuž se zlepšilo jejich větrání od 94 do 96 % (měření prokázalo, že CO₂ kleslo pod požadovanou hodnotu). Náklady na dosažení takového zlepšení činily pouze 500 a 2300 amerických dolarů.
 - b) Jiné školy (D) umožnily výsledky projektu nalézt ojedinělý problém regulace ve větrací jednotce ve třetím poschodí, která měla omezené větrání a nepříznivě ovlivňovala kvalitu vzduchu během studených zimních měsíců. Škola na nápravu této situace izolovala vzduchovody a zrevidovala dostupné regulace v zimě 2004–2005. Toto patřilo mezi nízkonákladová opatření. Tato škola vkládá hlavní investice projektu do modernizace vytápění a větrání, která bude předmětem iniciativy Ministerstva školství na zlepšení větrání.
 - c) Další škola (F) s limitovaným větráním plánovala na modernizaci vytápěcího a větracího systému, jež měla proběhnout v létě 2004, 400 000 amerických dolarů. Tato škola měla ze všech škol projektu největší pochybné rozdíly v hodnotách CO₂. I přes to, že modernizace byla původně odložena na léto 2005, plánovali využít dat z projektu LCMR k ověření, zda modernizace zlepšit vnitřní prostředí.
 - d) Co se týče školy „E“, byly větrací systémy v celé její budově shledány práce neschopné a po nějaký čas nebyly vůbec využívány. Zaměstnanci školy proto požadovali a následně také obdrželi projekt na zlepšení větrání a v současnosti dělají první kroky k realizaci plánu.
- Výsledky demonstrovaly, že přiměřenost větrání v hromadných místnostech škol může být určována souběžně pro několik časových period (skutečný čas, hodinový, denní, měsíční) a vzdáleně monitorována přes internet. Toto představuje pro školy, školní areály a státy novou možnost monitorování a certifikaci větrání ve školách a jiných budovách.

Teplota

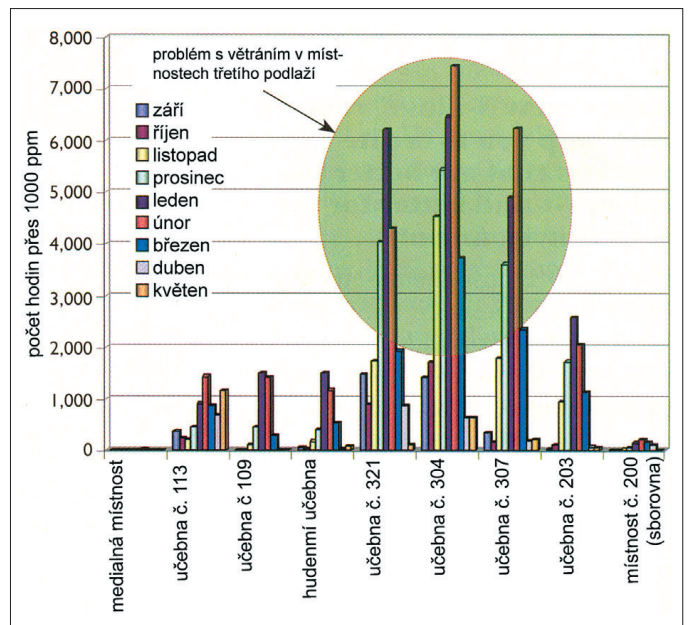
- Teploty v místnostech byly v zimním období školního roku ve většině škol vyšší než žádané rozpětí. K tomu docházelo převážně během neobsazených hodin v noci a o víkendech, kdy tento stav nikdo nemohl zpozorovat. Příčina byla často nenapravitelná, pokud v místnostech nebyl termostat umístěn nebo nebyl nastaven. Ve školní dny během topné sezóny bylo ještě navíc k odvádění přebytečného tepla užíváno větrání. Když bylo větrání v těchto místnostech v noci vypnuto, teplota v nich vzrostla.
- Tyto vyšší teploty v zimním období v Minnesotě prezentují potenciální příležitost k úsporám energie.



Obr. 1 Typický týdenní vzorek CO₂ ve škole „F“
Zima 2003-2004, hodinový průměr CO₂



Obr. 2 Porovnání přiměřenosti větrání ve školách, použitím indexu CO₂
Průměr v místnostech pro školní den v školním roce 2003-2004



Obr. 3 Porovnávací indexy CO₂ v místnostech po měsících, LCMR projekt, škola „D“
Průměr v místnostech pro školní den v školním roce 2003-2004

Relativní vlhkost

- ❑ Relativní vlhkost klesala v Minnesotě během zimy ve všech místnostech sledovaných osmi škol často k 10 až 20 %. Takto nízké relativní vlhkosti mají negativní vliv na komfort studentů i učitelů, avšak bez mechanických zvlhčovačů nemůže být tato skutečnost významně zlepšena.

Oxid uhelnatý

- ❑ Snímání oxidu uhelnatého v koncentracích od 1 do 3 ppm bylo během školního roku ojedinělé. Velmi nízké koncentrace výskytu CO byly pozorovány občas v chemických laboratořích (od plynového Bunsenova kahanu), v domácích laboratořích s vařiči na zemní plyn a ve třídách umístěných blízko rušné křižovatky městské dopravy. Žádný z těchto signálů nebyl důvodem k většímu znepokojení.
- ❑ Tři školy vykazovaly mnohem podstatnější výskyt CO během jara 2004. Ve všech třech případech byl oxid uhelnatý pozorován v monitorovaných učebnách umístěných nejbližší k školní automobilové a svařovací dílně. Ve všech třech případech se signály zvýšené koncentrace CO objevily během hodin, kdy byl větrací systém vypnut. Ve dvou z těchto případů k tomu došlo o víkendech. V jednom případě byl školní větrací systém vypnut i během vyučovacích hodin a úroveň CO se v místnostech nejbližší u zdroje krátce přiblížila hodnotě amerických a mezinárodních bezpečnostních směrnic.
- ❑ Falešné záznamy CO se občas objevily při zvýšených záznamech oděrů a plynů, kdy nezávislé nástroje ukázaly, že žádné CO nebylo aktuálně přítomné. To indikuje, že CO senzor se stal aktivním vlivem nějakých látek, které neobsahují CO. Výsledkem byla kontrola senzorů vždy u vysokých hodnot oxidu uhelnatého zaznamenaných současně s oděry a plyny.

Oděry a plyny

- ❑ Místnosti a školy s nejlepším větracím systémem měly nejnižší záznamy oděrů a plynů a naopak. Výsledky ukazují, že monitorované místnosti s nízkým CO₂ obvykle měly také nízké hladiny oděrů a plynů. Větrací systém v těchto místnostech dobře pracoval a odvětlal vzdušné škodliviny – oxid uhličitý produkovaný osobami a oděry a plyny z jiných zdrojů.
- ❑ Většina oděrů a plynů pocházela z neohrožujících zdrojů, jako je příprava jídel v kantýně, fixů na bílou tabuli a sušičů rukou. Došlo však i k případům, kdy zvýšení výskytu oděrů a plynů způsobilo přelakování podlahy, kobercová lepidla či dezinfekční a jiné čisticí výrobky. Záznamy z těchto zdrojů byly často vyšší během neobsazených hodin v noci a o víkendech a pomalu klesaly, když byl větrací systém zapnut.
- ❑ Zvýšený výskyt oděrů a plynů po delší časová období měl za následek nasycení senzorů oděrů a plynů téměř v polovině místností dříve než skončil školní rok. Docházelo k tomu mnohem častěji v místnostech s omezeným větráním a byl to také důvod, proč hodnoty senzorů k indikování oděrů a plynů byly vyšší než aktuální. Tento problém byl snadno rozpoznán a vyřešen periodickým kalibrováním senzorů.

KOMUNIKAČNÍ VÝSTUPY

Tým využíval během projektu průběžně získávaná data k vyvinutí nových indexů kvality vnitřního vzduchu, které umožní rychlé porovnání výsledků kvality vnitřního vzduchu mezi školami i mezi jednotlivými místnostmi v každé škole.

Pro oxid uhličitý je ukazatelem plocha pod hodinovou průměrnou CO₂ křivkou, kdy je ale koncentrace nad předepsaných 1000 ppm ve školní dny mezi 8 až 17 hodinou. Ukazatelem je údaj, jak často a do jaké míry překročí úroveň CO₂ 1000 ppm.

Podobné indexy jsou použity k porovnávání teplot ve školách a místnostech během různých školních dnů, školních nocí, víkendů a prázdninových období pro lepší identifikaci dodatečných potenciálních energetických úspor a pro zlepšení regulace teploty.

Díky indexu bylo prokázáno, že ministerstvo školství v Minnesotě dříve iniciovalo zlepšení větrání ve státních školách na 7 L.s-1 na osobu. Školy, které investovaly do splnění této podmínky (školy A, B, C), měly nejlepší výsledky. Tyto tři školy stěžejně překročily 1000 ppm oxidu uhličitého ve všech jejich monitorovaných místnostech během školního roku.

Kalkulace indexů v jednotlivých místnostech v každé škole také odhalila regulační problémy ve třetím poschodí školy „D“, které se objevily jen ve třetím podlaží ve vzduchotechnice a jen při nejchladnějších zimních měsících.

Tým obdobně vyvinul obrácený CO₂ index, který kvantifikuje množství jednotlivých místností a škol, kde jsou hodnoty pod 800 ppm během dne ve školních hodinách, kdy jsou obsazeny. Tento obrácený index může pomoci zjistit, které školy a místnosti mohou ušetřit energii redukováním větrání, v období, kdy jsou poměrně neobsazené.

Jsou patrné jasné kontrasty mezi užitím tradičních větracích měř dle ASHRAE standardu (L.s-1 na osobu) a požadavkem založeným na aktuální koncentraci CO₂. Tyto výsledky podporují návrh strategií, které větrání regulují na základě měření obsazení – jako koncentraci CO₂.

DALŠÍ KROKY

Tým pracuje na dokončení analýzy dat kvality vnitřního vzduchu za tři poslední letní měsíce. Jiná dřívější studie našla spojení mezi koncentrací oxidu uhličitého a absencí studentů. Bude-li tato hypotéza podpořena dalšími údaji vyplývajícími z testování, bude mít hluboký dopad na pozornost ve školách a na kvalitu vzduchu a potřeby pro větrací zařízení.

Další projekt dokončený v roce 2004 obsahoval vývoj doporučení k úsporám energie pro školy a sestavu online údržbových nástrojů určených školnímu provoznímu personálu pro snazší analýzu a zavádění postupů jejich vlastních údajů kvality vnitřního vzduchu.

Použitý zdroj:

- [1] Volně přeloženo podle článku School HVAC, Continuous IAQ monitoring, autor: Robert Schulte, Barry Bridges, P.E., David Grimsurd, Ph.D., časopis: ASHRAE Journal, květen 2005. ■

* Nové nařízení vyvolalo v USA boom klimajednotek

V lednu 2006 vstoupilo v USA v platnost nařízení, podle něhož se smějí vyrábět pouze „vnitřní“ klimatizační jednotky, které oproti dosavadní hodnotě energetické účinnosti SEER 10 (Seasonal Energy Efficiency Ratio), musejí mít tuto hodnotu o 30 % vyšší, tj. SEER 13. Protože nové jednotky s SEER 13 pro týž chladicí výkon potřebují sice méně energie, ale jsou podstatně dražší (o několik set dolarů), očekává se velký run na jednotky SEER 10 vyrobené před vstupem platnosti nového nařízení, které mohou být prodávány bez časového omezení.

Před zveřejněním uvedeného nařízení byl sváděn dlouholetý a tuhý boj mezi Svazem výrobců chladicích a klimatizačních zařízení a EPA (Úřad pro životní prostředí). Zvýšení energetické účinnosti jednotek znamená totiž z valné části jejich novou konstrukci, např. podstatně zvětšení výměníků tepla.