

# Měření kvality vzduchu a CO<sub>2</sub> v interiérech

Ing. Jan Vidim

Autor působí ve společnosti Domat Control System.

Regulace větrání podle kvality vzduchu nebo obsahu oxidu uhličitého v interiéru je v posledních letech oblíbenou funkcí, propagovanou dodavateli vzduchotechnických jednotek i řídicích a regulačních systémů. Aby ovšem splnila svůj účel, tedy snížit provozní náklady (kterými rozumíme nejen platby za spotřebu energie, ale i např. náklady na servis a údržbu) a zachovat komfort pro uživatele, musí být instalována a nastavena s přihlédnutím k několika základním pravidlům.

► Při měření se setkáváme se dvěma skupinami senzorů: čidla oxidu uhličitého a čidla směsných plynů (VOC – volatile organic compounds). Z bezpečnostních důvodů se pak u prostorů s možnou zátěží produkty spalování používají čidla oxidu uhelnatého.

## Čidla směsných plynů

Princip čidla směsných plynů HMOS (heated metal oxide semiconductor) je následující: na rozžhavené mřížce dochází k ionizaci plynů a pracovní oblast čidla mění svůj elektrický odpor. Ten se převádí na výstupní signál. Senzor reaguje na organické plyny jako čpavek, metan, organická rozpouštědla atd. – pro kalibraci se používají směsi plynů od jednoduchých (např. CO, H<sub>2</sub>S a metan, doplněné kyslíkem a dusíkem) po směsi obsahující až 65 složek (Linde Gas SPECTRA VOC). Čidlo není selektivní – a nás ani koncentrace jednotlivých plynů nezajímá, měříme celkovou zátěž místnosti. Konkrétní koncentrace plynů v měřeném prostoru není tudíž známa, obdržíme pouze signál 0 až 100 %, který odpovídá míře znečištění vzduchu. Je tedy nutné empiricky stanovit přijatelnou hranici pro pobyt osob a na ni pak regulovat. Nastavení požadované kvality vzduchu má významný vliv na spotřebu energie klimatického zařízení, proto je třeba mu věnovat náležitou pozornost i při dlouhodobém do ladění systému měření a regulace. Pozor, čidla VOC neměří koncentraci CO<sub>2</sub>.

## Čidla oxidu uhličitého

Čidla CO<sub>2</sub> dnes pracují na principu NDIR (nondispersive infrared sensor) a dosahují výborné dlouhodobé stability ±1 % rozsahu ročně. Jak napovídá *tab. 1*, používají se v místnostech, kde kromě osob nejsou další významné zdroje znečištění. Jejich cena v posledních letech díky masivnímu rozšíření, ke kterému došlo i v důsledku legislativních úprav (např. školy v Nizozemsku), klesla a v regulaci podle CO<sub>2</sub> vidíme značný poten-

Tab. 1 Uplatnění čidel CO<sub>2</sub> a VOC podle doporučení VDMA 24 772

Typ prostoru	Zdroje zátěže			Měřená veličina	
	Osoby		Zvláštní zátěž, zápachy	CO <sub>2</sub>	VOC
	Nekuřáci	Kuřáci			
<b>Školy</b>					
Školy – učebny	✓			✓	
Školy – tělocvičny	✓			✓	
<b>Kancelářské prostory</b>					
Halové kanceláře	✓			✓	
Konferenční místnosti	✓			✓	
Kanceláře	✓			✓	
<b>Kulturní zařízení</b>					
Divadla	✓			✓	
Koncertní sály	✓			✓	
Haly	✓	✓	✓		✓
Předsálí	✓	✓	✓		✓
Výstavní haly	✓			✓	
<b>Pohostinství</b>					
Jídelny	✓	✓	✓		✓
Hotelové pokoje	✓			✓	
Hotelové pokoje	✓	✓			✓
Kuchyně	✓		✓		✓
Sanitární zařízení	✓		✓		✓
Konferenční místnosti	✓			✓	
<b>Prodejny</b>					
Prodejní plochy	✓			✓	
Skлады	✓	✓	✓		✓
<b>Výrobní prostory</b>					
Dílny bez cizích látek	✓			✓	
Dílny zatížené cizími látkami (nátěrové hmoty atd.)	✓		✓		✓
<b>Obytné prostory</b>					
Obytné prostory (podle využití)	✓	✓	✓	✓	✓

ciál pro úspory energie ve velkých objektech i rodinných domech s rekuperačními jednotkami. Rozsah měření bývá 0 až 2 000 nebo 0 až 5 000 ppm CO<sub>2</sub>, minimální dosažitelná koncentrace odpovídající čistému venkovnímu vzduchu je asi 300 ppm.

Oba druhy čidel mají trochu odlišné oblasti uplatnění – více v tab. 1.

Tabulka byla oproti původnímu znění redukována o kanceláře a veřejné prostory s povoleným kouřením, tyto případy se již dnes nevyskytují. Čidlo by mělo být umístěno ve výšce 1,5 až 3 m nad úrovní podlahy, v místech, kde se v okruhu 1–2 m nevyskytují osoby, tedy mimo pracoviště, pokladní zónu, řečniště apod.

Zároveň však platí, že na celkovou pohodu uživatelů v interiéru mají kromě koncentrace CO<sub>2</sub> vliv i další faktory, jako je teplota, intenzita osvětlení, hluk, převažující barevné odstíny v místnosti atd., nemluvě o subjektivních pocitech daných oblečením, zdravotním stavem, stresem a podobně. Naměřená hodnota CO<sub>2</sub> je nicméně alespoň relativním indikátorem zátěže místnosti a jednou z mála veličin, na které se dá vzduchotechnická jednotka regulovat.

### Čidla oxidu uhelnatého

Oxid uhelnatý je jedovatý plyn, který vzniká při nedokonalém spalování. Detektory využívají pro měření koncentrace plynu žhavené polovodičové čidlo, jehož aktivní látka mění svou vodivost při přítomnosti CO, jedná se tedy o selektivní senzory. Čidla CO se používají jako bezpečnostní čidla v domácnostech i ve veřejných prostorách – garážích. Pro použití v domácnostech mají za úkol aktivovat alarm, tedy součástí čidla je přímo vyhodnocovací obvod a alarmová sirénka. U garáží se analogový signál z čidla přivádí do měřicí ústředny, kde se nastavují hranice asi 80 až 90 ppm CO pro první stupeň, při němž se spíná ventilace, a 120 až 200 ppm pro druhý stupeň, který spíná havarijní větrání a signalizační panely „Nevstupovat“. Alarmy bývají svedeny do systému řízení budovy.

### Regulace vzduchotechniky podle kvality vzduchu

V dalším textu budeme předpokládat, že pro měření kvality vnitřního prostředí byl zvolen vhodný typ čidla (CO<sub>2</sub> nebo VOC) podle uvedené tabulky. Vzduchotechnické zařízení, které příslušný prostor zásobuje, je možné regulovat několika způsoby.

#### Povolení chodu

Ve spolupráci s časovým programem se jedná o nejjednodušší a obvykle nejúčinnější způsob řízení. Chod vzduchotechniky je povolen pouze tehdy, překročila-li koncentrace škodlivin nastavenou úroveň. Velice důležitým parametrem je v tomto případě hystereze, tedy rozdíl mezi hodnotou, při níž jednotka zapíná, a hodnotou, při níž opět vypíná. Pokud je tato hystereze příliš velká, kvalita vzduchu kolísá. Pokud je ovšem příliš

malá, jednotka spíná i řádově častěji než při správně nastavené hysterezi, což znamená vyšší počet startů, a tedy větší opotřebení klínových řemenů i dalších elektrických i mechanických částí. Hodnota hystereze závisí na kubatuře větraného prostoru, výkonu vzduchotechniky, umístění čidla i dalších faktorech, a proto je třeba ji stanovit empiricky tak, aby ke spínání nedocházelo více než několikrát za hodinu.

Tento způsob řízení můžeme použít pouze tehdy, slouží-li vzduchotechnika jenom k provětrávání a nemá za úkol pokrývat tepelné ztráty. Jestliže jednotka i vytápí nebo chladí, lze využít další možnosti.

#### Přepínání stupňů

Vzduchotechnická jednotka musí tuto možnost mít. Při nižší koncentraci škodlivin ji řídící systém sepne na první stupeň, při zvýšené koncentraci na stupeň druhý. Opět platí, že je třeba rozumně nastavit hystereze.

#### Frekvenční měnič

Velmi oblíbené řešení: původní vzduchotechnická jednotka je doplněna o frekvenční měnič, který plynule řídí otáčky ventilátoru, a tím průtok přiváděného a odtahovaného vzduchu. Úprava musí být ale odsouhlasena projektantem vzduchotechniky, aby nedošlo k nedostatečnému rozvádění vzduchu v prostoru – rozvody vzduchotechniky byly nejspíše počítány na maximální průtok a při jeho omezení mohou vznikat nežádoucí jevy. Týká se to hlavně velkých prostor, jako jsou prodejní plochy, skladové a výrobní haly atd., které bývají vybaveny vířivými anemostaty (drallovými výstřkami), často s nastavitelnými lamelami pro letní a zimní provoz. Dále je třeba posoudit, zda je motor pro provoz s frekvenčním měničem vhodný: u ventilátorů se závislým chlazením nemusí být motor při poklesu otáček dostatečně chlazen, motory vyžadují zvláštní izolaci, izolovaná kuličková ložiska atd. – nedodržení podmínek může snížit životnost ložisek až na 25 % původní životnosti, což silně prodlouží návratnost investic do úsporných opatření.

#### Směšování

Spojité řízení směšovací klapky, která se jinak využívá pouze pro cirkulaci vzduchu za účelem rekuperace tepla. Míra směšování je omezována podle znečištění vzduchu, tedy čím nižší je kvalita vnitřního ovzduší, tím větší je minimální podíl čerstvého vzduchu. Výhodou je plynulé řízení, které umožňuje zachovat konstantní množství přiváděného vzduchu, a tím zamezit problémům s distribucí, k nimž může dojít v předchozích dvou případech regulace.

V praxi někdy dochází k rozporuplným situacím, jako například v supermarketech, kde bývá požadavkem odvětrat pach z oddělení drogerie a krmiv pro zvířata, ovšem zároveň přivést na prodejní plochu vzduch z oddělení pekárny, který vůni čerstvého pečiva motivuje zákazníky k nákupu.



Obr. 1 Pokojový ovladač s čidlem teploty a CO<sub>2</sub>

### Příklad malého regulátoru pro rezidenční větrání

Rekuperační jednotka Elair AC používá regulátor třístupňového fan-coilu a pokojový ovladač Domat s čidlem teploty a CO<sub>2</sub> se speciálním firmwarem pro řízení jednotky. Stupně ventilátoru – a tedy množství přiváděného a odváděného vzduchu – jsou řízeny buď ručně, nebo automaticky (podle regulační odchylky teploty, resp. vlhkosti nebo koncentrace CO<sub>2</sub>). Při automatickém spínání podle CO<sub>2</sub> jsou stupně spínány takto:

Stupeň 1	40 %
Stupeň 2	65 %
Stupeň 3	85 %

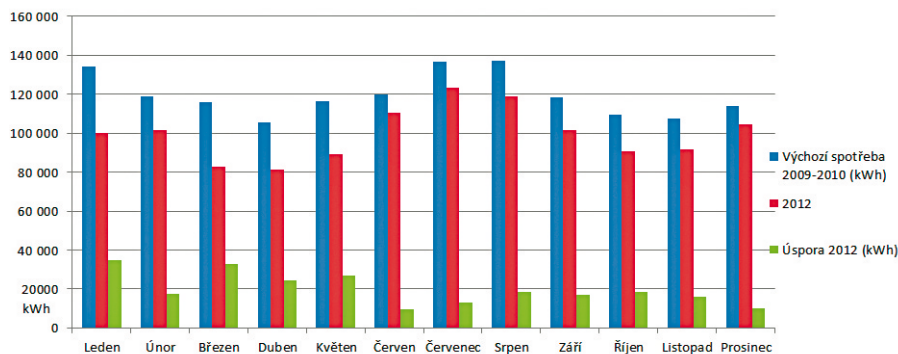
Hystereze pro vypnutí je 15 %. Pro lepší názornost je zde koncentrace CO<sub>2</sub> udávána v relativních hodnotách, 0 % odpovídá venkovnímu vzduchu (cca 400 ppm), 100 % pak maximální přípustné koncentraci CO<sub>2</sub>, která se nastává při uvádění do provozu podle požadavku zákazníka (obvykle 1 000 až 2 000 ppm). Pokud jsou osazeny ovladače s čidly CO<sub>2</sub> a relativní vlhkosti, jednotka se současně snaží provětráváním udržet nastavenou maximální vlhkost vzduchu. Pro přepínání stupňů regulátoru podle vlhkosti jsou meze nastaveny takto:

Stupeň 1	70 % rH
Stupeň 2	80 % rH
Stupeň 3	90 % rH

Hystereze pro vypnutí je 5 %. Všechny hodnoty je možné měnit přes konfigurační program, případně lze změnit výchozí hodnoty. Ventilátor pracuje v jednom ze tří módů.

### Automatické řízení výkonu ventilace pouze podle znečištění vzduchu

Rozdíl mezi požadovanou a skutečnou teplotou nemá na stupeň ventilátoru vliv. Ventilátor je řízen pouze podle obsahu CO<sub>2</sub>, viz výše. Teplota je řízena pouze ventilem topného registru.



Obr. 2 Spotřeby elektrické energie v pobočce Budaörs

## Automatické řízení výkonu ventilace podle znečištění vzduchu a podle požadované teploty vzestupně

Čím je vyšší rozdíl teplot, tím je vyšší výkon ventilace. Regulátor se tedy snaží dohřát prostor i pomocí zvýšení množství přiváděného teplého vzduchu. Zároveň je ventilátor řízen podle obsahu CO<sub>2</sub>, platí vždy větší z hodnot. Ventilátor tedy běží na tím vyšší otáčky, čím je v místnosti vyšší obsah CO<sub>2</sub> nebo čím je potřeba více topit.

## Automatické řízení výkonu ventilace podle znečištění vzduchu a podle požadované teploty sestupně

Tento mód se nastaví v případě, že při velmi nízkých venkovních teplotách a zvýšeném požadavku na ventilaci by systém již neměl požadovaný tepelný výkon a do místnosti by tak byl vhnán při vyšších otáčkách ventilátoru příliš studený vzduch. V tomto módu dochází k omezení maximálního množství vzduchu – čím větší je regulační odchylka, tím nižší je stupeň ventilátoru –, a tím je dosaženo vyššího přestupu tepla z registru do vzduchu, a tedy vyšší teploty vzduchu i za cenu menšího množství přivedeného vzduchu. Jedná se vlastně o kompenzaci nikoli neomezeného tepelného výkonu jednotky. Systém navíc umožňuje zapojit až 40 dalších

pokojevých jednotek s čidly CO<sub>2</sub>, relativní vlhkosti a teploty, jednotka se pak řídí na maximální hodnoty z těchto čidel, která jsou umístěna v dalších větraných místnostech. Jednotky jsou s touto regulací dodávány teprve asi půl roku a byly zatím instalovány spolu s dalšími stavebními úpravami nebo do nových objektů, úspory energie proto není možné přesně vyhodnotit. Dalším přínosem je však také pocit komfortu uživatelů, který lze finančně vyjádřit jen stěží.

## Příklad opatření v řetězci prodejen sportovních potřeb

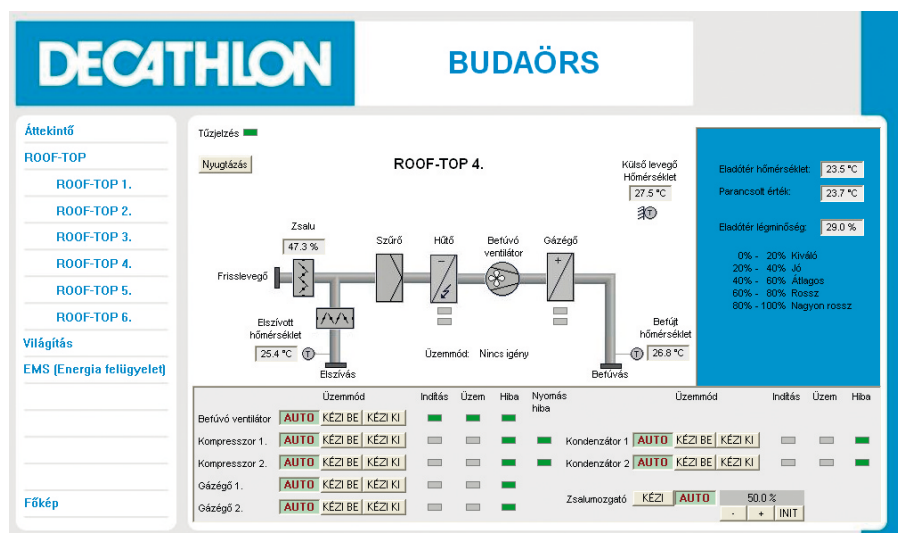
Provozovatel se rozhodl vybavit stávající technologie novým systémem měření a regulace, a to v třinácti prodejnách. Kromě pečlivého zaregulování stávajících technologií a řízení osvětlení bylo zavedeno řízení vzduchotechnik podle kvality vzduchu. Prodejna je vzduchem zásobována prostřednictvím střešních jednotek (rooftop), z nichž každá je vybavena čidlem kvality vzduchu (VOC) – typ RLQ firmy Domat. Požadovaná hodnota kvality vzduchu byla empiricky nastavena na 25 %, hystereze na 5 %. Úspora energie představuje v různých prodejnách 8 až 22 %. Je třeba podotknout, že se jedná o kombinovanou úsporu při provozu VZT a osvětlení, které je nyní řízeno kombinací časového progra-

mu provozních hodin a čidla venkovního osvětlení. Při ručním spínání personál rozsvěcel vnitřní osvětlení naplno již dlouho před otevřením prodejny, přičemž pro úklid a zavážení zboží nebyla potřebná tak vysoká intenzita osvětlení jako pro prodej. Časový program sepne světla naplno pět minut před začátkem prodejní doby, podobně je tomu i u večerního vypínání a zamykání objektu. Venkovní osvětlení a reklamy jsou při vyšších úrovních přirozeného osvětlení blokovány. Je to jen důkazem pravdivosti, že při realizaci úsporných opatření je nutné postupovat po malých krůčcích „na více frontách“. Ekonomická návratnost v případě největší pobočky v Budaörs je 18 měsíců. V ostatních pobočkách se pohybuje od 16 do 21 měsíců, opatření se tedy vyplatilo rychle. Pobočky jsou přes internet připojeny na centrální dispečerské pracoviště, z něhož obsluha sleduje a nastavuje potřebné parametry a dálkově odečítá spotřeby, aby bylo možné úsporné cíle průběžně kontrolovat.

Obchodní řetězec se bohužel k podobným úpravám nenechají přesvědčit snadno, protože se obávají počáteční investice. V těchto případech může pomoci model EPC, tedy financování z úspor. Dodavatel ovšem musí mít kvalitně zpracovanou analýzu s realistickým výpočtem návratnosti. Obecně je také problém se zveřejňováním referencí, protože úspory jsou někdy tak vysoké, že provozovatel nechce publikovat, jak neohospodárně zařízení celá léta pracovalo.

Možná i proto se v řízení větrání podle kvality vzduchu stále skrývá tak značný potenciál k úsporám...

Obrázky: Domat Control System



Obr. 3 Vizualizace střešní jednotky na centrálním pracovišti