



**Společnost pro techniku prostředí
Odborná sekce Klimatizace a větrání**



20. KONFERENCE KLIMATIZACE A VĚTRÁNÍ 2012

KVALITNÍ PROSTŘEDÍ S MINIMÁLNÍMI ENERGETICKÝMI NÁROKY

23. a 24. května 2012

Praha - Vinohrady

sborník přednášek

20. konference Klimatizace a větrání 2012

Sborník 20. konference Klimatizace a větrání

Praha, 23. – 24. května 2012

Vydavatel: Společnost pro techniku prostředí, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1 (ČSVTS)

Odborný garant: Miloš Lain

Editor: Vladimír Zmrhal, Jan Schwarzer

© 2012 Společnost pro techniku prostředí

OS 01 Klimatizace a větrání

ISBN 978-80-02-02375-3

ÚVODNÍ SLOVO

Tentokrát je naše konference konferencí jubilejní dvacátou konferencí klimatizace a větrání organizovaná odbornou sekcí OS01 Klimatizace a větrání Společnosti pro techniku prostředí.

Motto této konference „Kvalitní prostředí s minimálními energetickými nároky” napovídá o dvou stěžejních tématech této konference a to vnitřním prostředí a energetických úsporách samozřejmě v rámci oblasti větrání a klimatizace. Program konference je rozdělen do osmi bloků z nichž každý měl svého odborného garanta. To doufám přispělo k vyšší kvalitě příspěvků a i jasnější struktuře konference.

Ve sborníku letos naleznete 40 zajímavých příspěvků odborníků z oblasti větrání a klimatizace. První část sborníku zahrnuje odborné příspěvky, druhou část tvoří firemní články sponzorů konference. Téma úspor a vyhodnocování spotřeby energie je zastoupeno na letošní konferenci velmi významně, další příspěvky se věnují posuzování vnitřního prostředí klimatizovaných prostor, větrání nízkoenergetických staveb, navrhování, realizaci a již tradičně i uvádění do provozu systémů větrání a klimatizace.

Věřím, že témata prezentovaná na této konferenci budou přínosem nejen pro jednotlivé účastníky a jejich odborný růst, ale i pro samotnou problematiku větrání a klimatizace.

Na závěr úvodního slova bych chtěl poděkovat celému organizačnímu výboru konference a organizačnímu garantovi za jejich práci na přípravě konference. Dále děkuji všem autorům, kteří reagovali na výzvu a připravili své příspěvky. Můj dík patří též sponzorům a inzerentům, kteří přispívají ke zdárnému průběhu konference nejen finančně, ale i odbornými příspěvky a informacemi. V neposlední řadě děkuji Vám, účastníkům této konference, za to, že svou účastí dáváte naší konferenci význam největšího setkání odborníků a zájemců o obor Klimatizace a větrání v České republice.

Ing. Miloš Lain, Ph.D.

odborný garant konference

Organizační výbor konference

Ing. Radka Čapková

Ing. Jiří Frýba

Ing. Jindřich Hvíždala

Ing. Marcel Kadlec

Ing. Miloš Lain, Ph.D.

Ing. Petr Mádr

Ing. Zuzana Mathauserová

Ing. Jan Matějka

Ing. Jiří Petlach

Ing. Jan Schwarzer, Ph.D.

Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.

OBSAH

Bambous Jaroslav	11
Zkušenosti s přípravou stavby, výstavbou a její předání z hlediska zařízení vzduchotechniky	
Bukolská Klára.....	15
Možnosti dosažení zdravého vnitřního prostředí v budovách s téměř nulovou spotřebou energie	
Černý Jan, Klíma Miroslav	25
Používání indukčních jednotek v moderních budovách	
Červeňák Jan	31
Obnova původních vytápěcích a větracích systémů v budovách divadel	
Drda Milan, Plášek Josef.....	39
Sledování spotřeb energie VZT jednotky od projektu po reálný provoz	
Drkal František, Mareš Luděk	45
Riziko vzniku toxické koncentrace CO při provozu plynového spotřebiče s přerušovačem tahu	
Dufek Jaroslav.....	53
Požadavky na vzduchotechnické prvky a prvky pro odvod kouře a tepla při jejich uvedení na trh a zabudování do staveb v ČR	
Elstnerová Jana	63
Přetlakové větrání chráněných únikových cest podle ČSN EN 12101-6	
Frýba Jiří	69
Vlivy a dopady změn technických a dalších okrajových podmínek na provozní problematiku v oblasti vzduchotechnického zařízení	
Hemzal Karel	73
Úsporné větrání tělocvičny	
Kaňa Zdeněk, Vašíček David, Jindrák Martin	79
Rekonstrukce základní školy na pasivní byty - Dubňany	
Kmoch Tomáš.....	85
Techniky a způsoby měření parametrů vnitřního prostředí	
Kolbábek Antonín, Jaroš Michal.....	93
Nový experimentální zemní výměník tepla FSI VUT	
Lain Miloš	99
Kontroly klimatizačních zařízení	
Mathauserová Zuzana	105
Kvalita vnitřního prostředí budov – požadavky a limity v našich předpisech	
Neckář Jan	113
Úsporné větrání administrativní budovy na základě koncentrace CO ₂	
Nosek Václav.....	119
Organizace provozu vzduchotechnických a dalších technických zařízení velké budovy formou insourcingu	

Petlach Jiří, Hubka Jiří	123
Klimatizace Majakovského sálu v Národním domě na Vinohradech – minulost, přítomnost, budoucnost	
Poledna Vladimír.....	133
Vzduchotechnika v občanských stavbách - realizace, úsporný provoz	
Příhoda Zdeněk, Bureš Michal	139
Zaručí rovnoměrný výstup vzduchu z perforovaného potrubí bezprůvanové větrání?	
Rubina Aleš, Měrka Vít	145
Bazénová vzduchotechnika - efektivní a provozně úsporné navrhování	
Toman Stanislav	151
Požární větrání chráněných únikových cest v ČR	
Trepka Stanislav.....	161
Navrhování vzduchotechniky ve zdravotnictví	
Trojan Robert, Komárek Libor	175
Zkušenosti použití stávajících FCU jako mezistropních klimatizačních prvků	
Vít Miroslav	181
Provoz vzduchotechnických a dalších technických zařízení moderní administrativní budovy s atributy umělé inteligence a sofistikovanou soustavou hospodaření s chladem	
Zelenský Petr, Barták Martin, Hensen Jan	185
Model sedící osoby jako zdroje tepla ve vnitřním prostředí	
Zikán Zdeněk.....	193
Pasivní domy Koberovy - systémy teplovzdušného vytápění a větrání s rekuperací	
Zmrhal Vladimír	203
Normy z oboru větrání a klimatizace	
Zmrhal Vladimír	211
Úspory energie při chlazení venkovního vzduchu	
Zmrhal Vladimír, Drkal František.....	219
Větrání a klimatizace budov s téměř nulovou spotřebou energie	
Žemlička Jan, Lain Miloš	227
Národní Technická Knihovna v Praze	
Firemní články:	
Hanyk Kamil	233
Přehled klimatizačních systémů Mitsubishi Electric	
Hřebec Jan	241
Regulace vzduchotechnické jednotky jako prostředek pro úspory energie	
Společnost CIUR	249
Společnost Lennox vám pomáhá šetřit energii	
Hason Tomáš	257
Poslední generace EC motorů ebm-papst a jejich použití ve HVAC aplikacích	

Čechová Yveta, Beseda Jiří	263
Nové systémy s kompaktními filtry – efektivní řešení s minimálními energetickými nároky	
Neckář Jan	269
Komplexní větrání s rekuperací tepla v rodinných domech a bytech	
Begeni Marek.....	275
Klimatizační systémy Haier s proměnným průtokem chladiva - MRVII	
Begeni Radek	277
Moderní způsob chlazení a vytápění - absorpční jednotky Broad	



ZKUŠENOSTI S PŘÍPRAVOU STAVBY, VÝSTAVBOU A JEJÍ PŘEDÁNÍ Z HLEDISKA ZAŘÍZENÍ VZDUCHOTECHNIKY

Jaroslav Bambous

Obermeyer Albis Stavoplan Spol s r.o.
bambous@obermeyer.cz

ANOTACE

Příspěvek shrnuje mnohaleté zkušenosti autora z přípravy a realizace staveb administrativních budov a obchodních domů. V této souvislosti se dotýká mj. i specifikace zadání úkolu pro projektanta, požadavků hygieniků a poukazuje též na některé další doprovodné jevy, jako jsou redukce rozsahu zařízení vzduchotechniky z důvodů ceny staveb, obvyklé problémy při realizaci a postupů při předání staveb a provádění komplexních zkoušek zařízení.

ÚVOD

O vlastnostech a kvalitě vzduchotechnických a klimatizačních zařízení rozhoduje nejen momentální stav vědy a techniky, ale i ochota investora vložit do zařízení techniky prostředí, které nijak viditelně nereprezentuje objekt, dostatečnou finanční částku. V jednotlivých etapách výstavby pak úroveň a přístup zástupců investora, projektantů, cenových konzultantů a v neposlední řadě dodavatelé jednotlivých profesí. Snaha o minimalizaci nákladů za každou cenu vede k zásadním omezením zařízení techniky prostředí a to až na hranici požadavků vyžadovaných platnou legislativou a případně i za ní.

PŘÍPRAVA STAVBY

Hned v úvodu je třeba, aby investor byl schopen vytvořit zadání projektu, a aby přesně definoval požadavky na objekt a jeho technické zařízení. Jen velmi zřídka je schopen zadání investor sám specifikovat a proto si v lepším případě najímá odbornou firmu, která by s ním na zadání spolupracovala. Výsledkem by mělo být jednoznačné a vyčerpávající zadání pro projektanta, na jehož základě by bylo možno vytvořit projektovou dokumentaci pro stavební povolení a následně i dokumentaci pro provádění stavby, podle které by se projekt realizoval bez zbytečných změn. V praxi však je v průběhu projektových prací zadání neustále upravováno a někdy i dost zásadně měněno, což při obecně značně krátkých časech na vypracování projektu zákonitě ovlivňuje jeho kvalitu.

K tomu, aby vlastní dokumentace pro provádění stavby neobsahovala koncepční chyby, nebo chyby v koordinaci, je vhodné nechat provést její důkladnou kontrolu nezávislou odbornou organizací. Zvláště je třeba ověřit návaznosti jednotlivých profesí a v kritických místech reálnost prostorového řešení.

Kontrola projektové dokumentace a odpovědnost za její správnost se obvykle přesouvá na dodavatele, který ji má provést v rámci vypracování nabídky. Tu je však vzhledem k termínům zpracování nabídky možné provést jen zcela zběžně. Dodavatel pak mívá i ve smlouvě povinnost převzít odpovědnost za bezchybnost projektu a za funkčnost dodaného zařízení odpovídá pak v celém rozsahu.

Doba realizace výstavby bývá často zásadně ovlivněna dobou, za kterou se podaří získat stavební povolení. Obsah žádosti o stavební povolení je stanoven § 110 stavebního zákona č. 183/2006 Sb. Vzor žádosti je dán přílohou č.2 Vyhlášky č.526/2006 Sb., kde jsou v části B

uvedeny přílohy k žádosti. Rozsah je však velmi obecný a vždy záleží na stavebním úřadu, jaké další doklady bude vyžadovat jako podmínku k vydání stavebního povolení. Stavební úřady mohou téměř neomezeně prodlužovat vydání územního rozhodnutí a stavebního povolení a zahájení stavby se může protáhnout na řadu měsíců i několik let.

Při výběrovém řízení je hlavní prioritou nízká cena dodávky bez ohledu na kvalitu a vybavení zařízení. Potenciální dodavatelé pak navrhuji úpravy razantně snižující výkony a kvalitu navržených vzduchotechnických zařízení. Dříve běžné dovlhčování vzduchu je dnes jen výjimkou a používá se prakticky jen tam, kde to vyžadují instalované technologie. Relativní vlhkost vzduchu klesá pod 20 %, což je hranice, která působí značně negativně na osoby pohybující se v těchto v prostorách. Dochází i k úsporám na vybavení vzduchotechnických zařízení např. zpětném získávání tepla, měření a regulaci apod. Tím se sice sníží cena investice, ale prodraží se následně provoz a zhorší se kvalita prostředí.

Některé úpravy se dostávají až do rozporu s příslušnou legislativou a stavebním povolením. Argumentem dodavatele je, že obdobné změny se jim podařilo na předchozích stavbách úspěšně uplatnit. Tím se sice sníží cena investice, ale prodraží se následně provoz. A protože náklady na provoz jdou z „jiné kapsy“, zástupci investora prosazují co nejlevnější řešení, aniž by je zajímalo ekonomické posouzení. A platí to i v případě, kdy je investor i následným uživatelem.

STAVBA

Reálný plán organizace výstavby je základním předpokladem pro bezkonfliktní průběh stavby. V harmonogramu stavby je třeba stanovit odpovídající počet „Milníků“, jejichž nedodržení je podle smlouvy penalizovatelné. V opačném případě dochází ke skluzům termínů a profese, jejichž výkony se realizují v posledních etapách, pak mají výrazně zkrácený termín realizace.

V průběhu stavby dochází běžně k neustálým změnám projektové dokumentace z důvodů chyb v projektové dokumentaci nebo změn zadání ze strany investora. Často se jednotlivé změny nepromítnou do ostatních profesí nebo dodavatel pracuje podle neopravené dokumentace. Dochází pak k zásadním chybám ovlivňujícím použitelnost stavby. Jako odstrašující příklad lze uvést prosté vypuštění dodávky venkovních žaluzií bez dopadu na chlazení objektu, ve kterém dosahovala vnitřní teplota i přes 40 °C.

Zásadní vliv na výsledek má technický dozor investora, který musí v první řadě sledovat, zda veškeré technologie jsou montovány v souladu s poslední platnou projektovou dokumentací. V průběhu stavby dochází k řadám změn, které jsou vynuceny jak změnami zadání v průběhu stavby, tak zjištěním, že v určitých místech není dostatek prostoru. Příčinou je hlavně nedostatečně zpracovaná koordinace v projektové dokumentaci. Rozvody vzduchu svými rozměry jsou rozhodující pro nároky na technologické prostory a při logické snaze takové prostory maximálně omezit je vypracování koordinačních výkresů ve všech kritických místech zcela nutné. Dalším problémem na stavbě bývá nekázeň jednotlivých profesních dodavatelů, kteří při montáži nedodržují předepsané trasy. V poslední době však dochází k nápravě vzhledem k prosazování provedení přeložek nesprávně namontovaných rozvodů na náklady dodavatele a provedení v původně dohodnutých termínech.

V průběhu stavby je třeba průběžně sledovat kvalitu provedení potrubních rozvodů, zejména těsnost spojů a provedení elektricky vodivého pospojení jednotlivých částí potrubí. Značná část vzduchotechnických rozvodů je umístěna v prostorách, do kterých po ukončení stavby již není přístup. Ztráty vzduchu netěsností se běžně na stavbě velmi těžko zjišťují, nicméně na

základě mimořádně provedených měření mohou být překvapivě vysoké a mohou způsobit nedostatečný výkon vzduchotechnických zařízení a samozřejmě zbytečné náklady na energii.

V průběhu montáže potrubí je třeba důsledně zakrývat otevřená potrubí, jinak se do něj dostane množství prachu a jiných nečistot. Často uváděný argument dodavatele, že při prvním spuštění vzduchotechniky ještě v rámci stavby se „všechno vyfoukne“ je nepřijatelný. Nahromaděné nečistoty se mohou uvolnit až po značné době a do větraných prostor se dostanou až za běžného provozu. Navíc otevřené potrubí svádí k odložení již nepotřebného materiálu, který vlivem proudění vzduchu se dostane do potrubí a může poškodit i ventilátor.

Průchody potrubí požárními úseky musí být opatřeny certifikovanými požárními ucpávkami, z nichž každá musí být označena a evidována za účelem následných předepsaných kontrol. Veškeré závěsy vzduchotechnických zařízení související s požární ochranou musí mít odpovídající požární odolnost včetně hmoždinek, které nemohou být plastové.

PŘEDÁNÍ A VYDÁNÍ KOLAUDAČNÍHO SOUHLASU

Na vlastní přejímky stavby, které by měly předcházet závěrečné kontrolní prohlídce prováděné stavebním úřadem, je třeba počítat s časem odpovídajícím rozsahu stavby. Jedna část je fyzická kontrola dodaných zařízení, jejich shoda s platnou projektovou dokumentací. Velmi podstatnou částí je provedení dílčích zkoušek a následné komplexní zkoušky. Při nich se musí vyzkoušet návaznosti činností zařízení jako vypínání (nebo naopak zapínání ventilátorů) prostřednictvím elektronické požární signalizace, funkce požárních klapek včetně hlášení jejich stavu a odpovídající spolupráce zařízení měření a regulace apod. Jednoznačně je třeba doporučit, aby při přejímkách byl přítomen zástupce budoucího provozovatele technických zařízení budovy. V jeho zájmu je, aby bylo předávané zařízení v pořádku a nemusel pak sám odstraňovat vzniklé problémy a při přejímkách získá potřebné informace o zařízení a jeho funkci. Rovněž si ohlídá dokumentaci skutečného provedení – její kompletnost a soulad s realizovanou dodávkou.

Zvláště je nutné sledovat, zda dodavatel montuje komponenty dle smlouvy a nikoliv jiné a levnější.

Termíny realizace staveb jsou dnes běžně na hranici reálné možnosti dokončit stavbu včas. To se promítá zákonitě do kvality práce. V závěru stavby, kdy by měly probíhat provozní zkoušky a přejímky, nejsou jednotlivé profese dokončeny. A pokud je vůbec vypracován harmonogram dílčích a komplexních zkoušek, nelze jej dodržet. Zásadním problémem je zaregulování vzduchotechnických zařízení. To se velmi často neprovádí vůbec a jen se vypíše protokol, aby mohl být předložen k závěrečné kontrolní prohlídce prováděné stavebním úřadem. Dochází i k tomu, že jsou „zaregulována“ zařízení, která vůbec nebyla realizována. V lepším případě se zaregulovávají jednotlivé větve. I proto lze doporučit osazování větví regulátory konstantního průtoku.

Závěrečná kontrolní prohlídka (dříve kolaudace) se provádí na základě žádosti o vydání kolaudačního souhlasu dle přílohy č. 5 vyhlášky 526/2006. Seznam předkládaných dokladů je ve vyhlášce opět vypsán velmi obecně. Požadovaný rozsah si stanoví stavební úřad, případně dotčené orgány státní správy ve stavebním povolení a často se až překvapivě liší. Vlastní závěrečná prohlídka, na jejímž základě je vydáván souhlas s užíváním stavby probíhá podle individuálních požadavků pracovníků stavebního úřadu a často i na základě vztahů se stavitelem. Lze proto jednoznačně doporučit předem před zahájením vlastního řízení předjednat možné sporné body a to zejména s požárníkem.

V dokladové části jsou kontrolována z části vzduchotechnika zejména protokoly o zaregulování, prohlášení o shodě a měření hluku. Výjimečně se kontroluje shoda se schváleným projektem.

Príslušný pracovník hygienické služby se zpravidla spokojí s předloženými doklady a o jejich správnosti se ani nemá možnost přesvědčit. Mimořádně se ověřuje měření hluku, pokud je podána stížnost ze strany občanů.

ZÁVĚR

Dnes realizované stavby se z úsporných důvodů dostávají s úrovní zařízení techniky prostředí hluboko pod současné technické možnosti a z hlediska svých vlastností jsou i krokem zpátky.

Řada zařízení techniky prostředí je tak okleštěná, že se prakticky nedají provozovat a nákladná investice se nevyužívá pro zanedbatelné úspory. A pokud si zaměstnanci stěžují na prostředí, ve kterém musí pracovat, je jim doporučeno, ať si tedy najdou jiné zaměstnání. Takto argumentující vedoucí pracovník by si měl uvědomit, jak velký vliv má pracovní prostředí na výkon a kvalitu odváděné práce a jak se obdobné úspory zaměstnavateli nevyplatí.

Pokud se nerealizují zařízení pro zpětné získávání tepla, omezí se tepelné izolace, použije se jednoduchý systém měření a regulace a dále se ušetří za další komponenty, lze očekávat navýšení nákladů na energie. Úspory dosažené instalováním nekvalitních a energeticky nevýhodných komponentech se projeví zvýšením nákladů na provoz a údržbu. Počáteční úspory na investičních nákladech budou relativně brzy překročeny na provozních nákladech, které činí ročně až 10% investičních nákladů na celý objekt.

Začínají se však připravovat objekty, které mají být postaveny a certifikovány metodami BREEAM, LEED, SBToolCZ nebo DGNB, které specifikují podmínky na využívání energií, nakládání s odpady, environmentálního zatížení, vlivy na faunu a flóru a určují podmínky na prostředí pro pobyt osob. Dodržení těchto podmínek je před udělením certifikace kontrolováno, což je zárukou i jejich splnění a zlepšení životního prostředí v objektech.



MOŽNOSTI DOSAŽENÍ ZDRAVÉHO VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ V BUDOVÁCH S TÉMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE

Klára Bukolská

VELUX A/S

klara.bukolska@velux.cz

ANOTACE

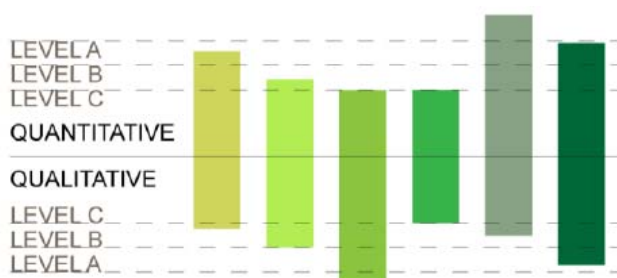
Dosažení kvalitního a zdravého vnitřního prostředí v budovách s velmi nízkou potřebou energie znamená holistický přístup od počátečního návrhu budovy po její provoz. Tento přístup k návrhu také vyvolává potřebu holistického přístupu k měření/hodnocení stavby a to jak z pohledu kvantitativních ukazatelů, tak kvalitativních. Projekt Model Home 2020 a související výstavba a hodnocení šesti domů v aktivním standardu vzniká v rámci přípravy na nadcházející změny v požadavcích na energetickou efektivitu staveb po roce 2020. Hlavním cílem projektu je získání znalostí a zkušeností z oblasti vnitřního prostředí v nízkoenergetických domech, jak se staví dnes, abychom zajistili, že současné problémy se nebudou opakovat v budoucnosti. Tyto výsledky mohou pomoci zajistit, aby budoucí budovy se používá mnohem méně energie, budou zdravé a mají dobré vnitřní prostředí. V současné době je projekt ve fázi průběžného hodnocení jednotlivých domů, kdy máme k dispozici výsledky z 2. roku provozu experimentu č.1 - Home for Life.

ÚVOD

Aktivní dům znamená holistický přístup k domu jako celku a jeho vlivu na okolní prostředí i jeho obyvatele s ohledem na to, že se snažíme hledat budoucí standardy a požadavky ve třech oblastech energetické efektivitě, kvalitním vnitřním prostředím a ohleduplnost k životnímu prostředí. Požadavky na jednotlivé parametry domu z těchto tří základních hledisek jsou podrobně rozpracovány ve Standardech aktivního domu [1] a to jak v požadavcích kvantitativních tak kvalitativních.

Parametry a hodnocení aktivního domu

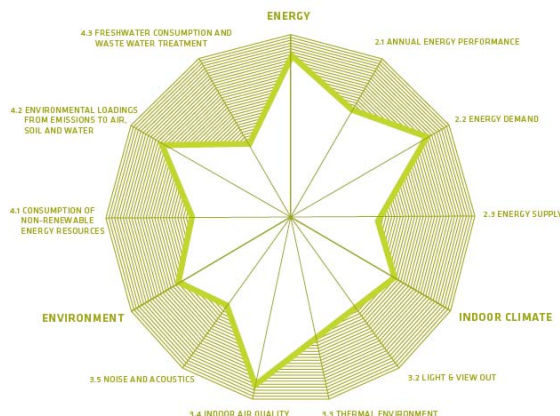
Na základě stanovení parametrů souboru metod hodnocení jsou tyto hodnotící parametry sestaveny do matice, která definuje, kvantitativní a kvalitativní aspekty.



Obr. 1 Konceptuální diagram metody celostního hodnocení - tečkovaná čára definuje minimální požadavek pro kvantitativní a kvalitativní aspekty [2]

„Active House Radar“

Tento grafický model ukazuje, jak jsou všechny parametry v rámci každého hlediska vůči sobě vyvážené. Radar také ukazuje, že aktivní dům závisí na aktivním výběru každého parametru.



Obr. 2 Radar obecně definovaného aktivního domu

MIMA

Výzkumný projekt MIMA (Monitoring, dotazování, měření a analýza) se zaměřuje na způsob hodnocení objektů. Projekt bude hodnotit výsledky domu z pohledu energie, vnitřního klimatu a životní prostředí ve vztahu k uživatelům. Zkušenosti domácnosti s bydlením v domě po dobu jednoho roku, od měření energetické spotřeby a výroby energie, která vyplývá z chování uživatelů a obdobně dotazování a pozorování rodiny s ohledem na jejich názor a zkušenosti s životem a provozováním domu.

HOME FOR LIFE (HFL) – EXPERIMENT Č.1

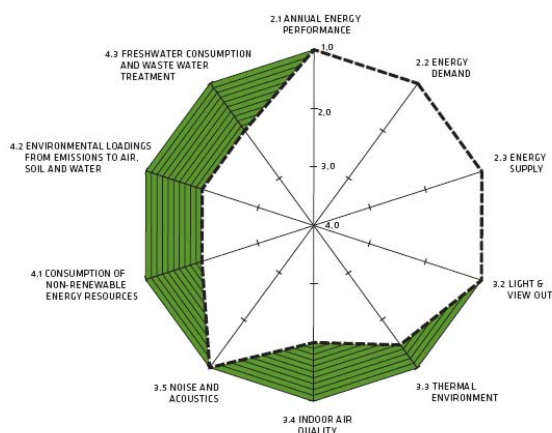
Aarhus, (DK), dokončeno 2009, druhý rok monitorování 2011

První experiment - rodinný dům - je výsledkem mezioborového projektu, který spojuje požadavky na energetickou úspornost, pohodlí a vizuální dojem v holistický celek tak, aby se tyto parametry vzájemně doplňovaly a maximálně zvyšovaly kvalitu života v domě i jeho okolí.



Obr. 3 HFL (VKR 2010)

Na základě 2. roku provozu a hodnocení domu byl přehodnocen „Active House Radar“ pro tento objekt takto:



Obr. 4 Active House Radar HFL

Energetická efektivita

Z pohledu energetické efektivity hodnotíme u aktivních domů celkovou spotřebu domu včetně energie na osvětlení, domácí spotřebiče a provoz domu. Užitná plocha objektu je 190 m², 2 stálí obyvatelé.

Tab. 1 Porovnání vypočtených hodnot energetické náročnosti domu s hodnotami naměřenými a normalizovanými.

Sloupec 1	Výpočet (BE 01)	Naměřené hodnoty 2. rok	Naměřené hodnoty 2. rok - normalizované
	[kWh/m ² /rok]	[kWh/m ² /rok]	[kWh/m ² /rok]
Celková spotřeba energie	-9,4	-6,5	-25

Přestože spotřeba energie v domě byla vyšší než predikovaná, dům splňuje požadavky aktivního domu na pokrytí provozu domu z obnovitelných zdrojů.

Vizuální komfort

Vysoké požadavky na komfort v aktivním domě (viz Standardy aktivního domu [1]) jsou v tomto návrhu zohledněny 40% podílem prosklené plochy vůči podlahové ploše s automaticky řízeným venkovním stíněním. Uživatelé je tento vizuální komfort hodnocen velmi kladně.

Větrání

V HFL se používá přirozené větrání jako jediná forma větrání v letních měsících. Během přechodných období na jaře a na podzim je využíván hybridní systém větrání, kde je v provozu buď mechanické, nebo přirozené větrání v závislosti na teplotě venkovního vzduchu, takže je dosaženo maximálního komfortu při nejmenší spotřebě energie. V zimě je používáno přirozené větrání jako doplněk k mechanickému větrání se zpětným získáváním tepla. Pro maximální snížení spotřeby energie, lze spustit větrací systém pouze v potřebné

zóně, pokud jedna nebo více zón vyžadují hybridní pomoc. Otevírání okenních otvorů je řízeno automaticky a princip „strategie větrání“ je vidět na obrázku 5, kde větrací otvory pro přirozené větrání byly nedílnou součástí návrhu budovy už v počáteční fázi.



Obr. 5 Principy přirozeného větrání v "Home For Life" (VKR 2010)

V létě je přirozené větrání řízeno na základě dat - pokojové teploty, koncentrace CO₂ a hodnoty relativní vlhkosti a údajů z meteorologické stanice. Tyto parametry mají vliv na stupeň otevření oken. Otevření se vypočítává z požadovaného průtoku vzduchu (max), klimatických dat, atd. Uživatel může zvýšit nebo snížit frekvenci větrání. Pokud není potřeba chlazení, ale je zaznamenána vysoká hodnota CO₂, řídicí systém zvolí krátké intenzivní provětrání domu. Případně může uživatel zadat „nárazové“ intenzity větrání ve stanovených intervalech. Jak již bylo uvedeno, část okenních otvorů, v tomto případě pro zamýšlené použití přirozeného větrání je již od počáteční fáze projektu. Umístění větracích otvorů eliminuje riziko vloupání a systém může fungovat v prázdném domě a v noci, když je noční chlazení součástí strategie větrání. Umístění a provedení otvorů vidět na obrázku 6.



Obr. 6 Rozmístění oken pro automaticky řízené přirozené větrání (VKR 2010)

VÝSLEDKY MĚŘENÍ KVALITY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ V HFL

Metoda

Vnitřní klima je hodnoceno podle normy EN 15251 a následující měření je dle téhož standardu. K dispozici jsou výsledky měření teploty v místnostech, hodnoty koncentrace CO₂ a relativní vlhkosti vzduchu ve všech 11 zónách budovy (na hodinové úrovni). K dispozici jsou také výpočty v BSIM 2002. [3]

Tab. 2 Vysvětlení jednotlivých kategorií kvality vnitřního vzduchu (na základě: EN 15251).

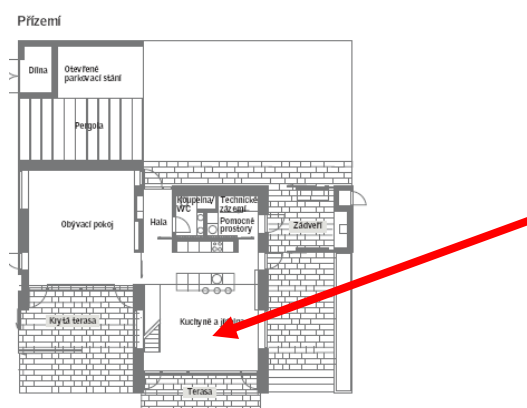
CATEGORY	EXPLANATION
1.	Suitable in case of a high level of expectation. Is recommended e.g. for spaces occupied by very sensitive and fragile persons with special requirements (sick people, very young children, the elderly etc.).
2.	Suitable in case of an above-average level of expectation. Should be used as standard level for new dwellings and larger renovations.
3.	Suitable in case of a moderate level of expectation. Could be used as a reference for more limited renovations or as a reference value when measuring in well performing existing buildings.
4.	Suitable in case of a limited level of expectation. May be used as reference level when measuring in older existing buildings.

Z tabulky 2 je zvoleno mikroklima kategorie II, ve které lze klima označit za dobré. Vzhledem k tomu, že HFL je především přirozeně větraná budova a slouží k bydlení, kde se obyvatelé mohou snadno individuálně přizpůsobit vnitřnímu prostředí např. vhodným oblečením a ručnímu ovládání systémů byl zvolen práh tolerance až 5%.

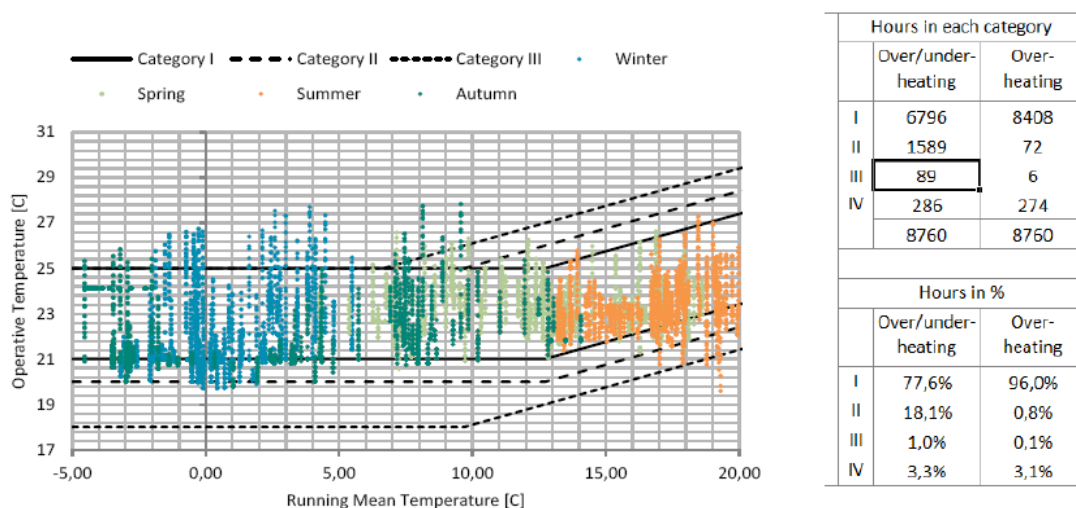
Tepelná pohoda - naměřené hodnoty vybraných místností

Měření byla hodnocena v souladu s normou EN 15251. Období probíhajícího měření bylo od 1.11.2010 do 31.10.2011.

Obývací pokoj s kuchyní

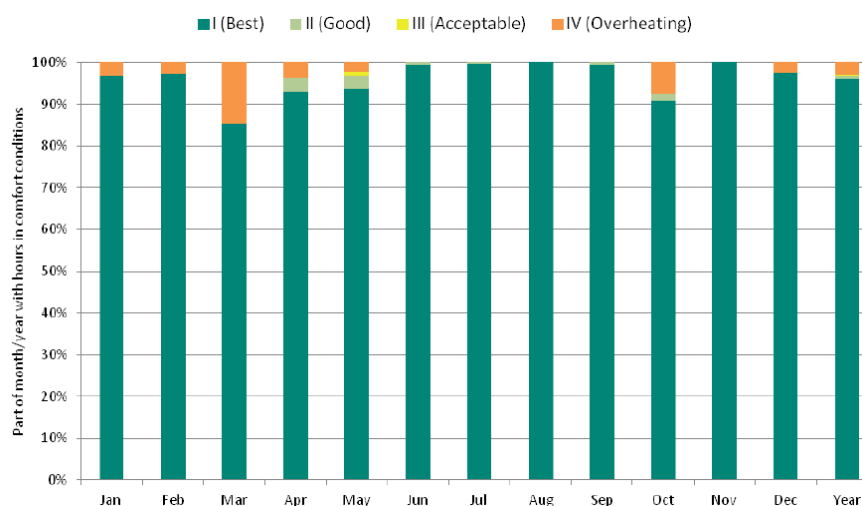


Obr. 7 Umístění monitorované místnosti v rámci objektu



Obr. 8 Naměřené hodnoty teploty v obývacím pokoji s kuchyní

Z obr. 8 je zřejmé, že místnost je v souladu s kategorií II. V tomto případě jde celkově o 4,3 % (<5 %), kdy místnost nesplňovala požadavek kategorie II. Při pohledu pouze na přehřívání místnosti je 96 % hodin v kategorii I.

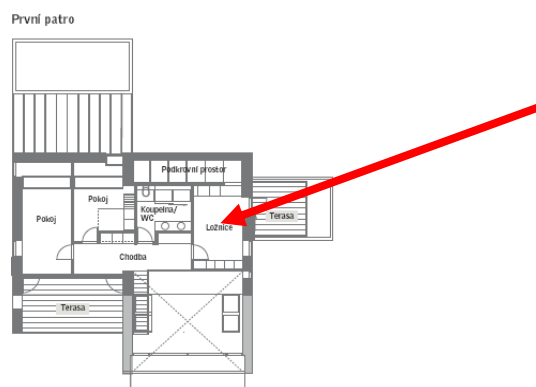


Obr. 9 Procentuální podíl kdy se obývací pokoj nachází v jednotlivých kategoriích

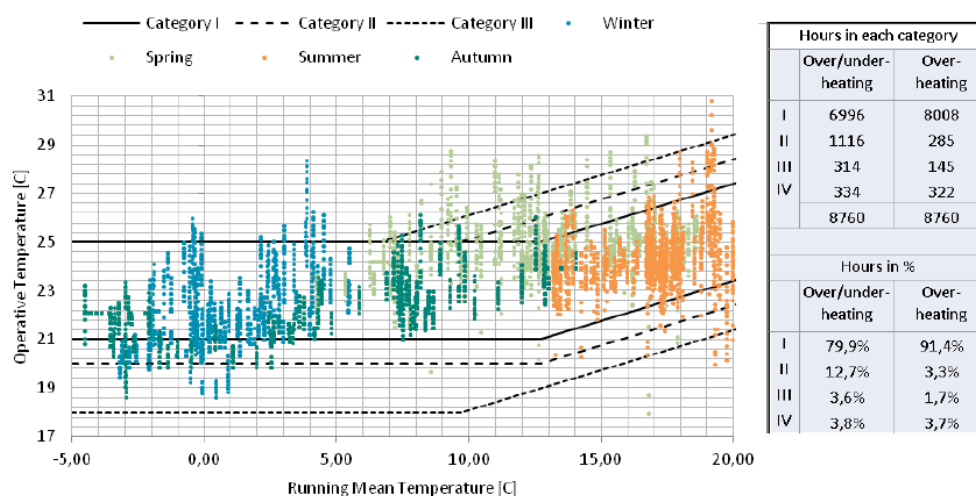
Obr. 9 potvrzuje výše uvedený trend a současně ukazuje, že k přehřívání dochází hlavně v zimě, na jaře a na podzim, kdy předsazená markýza nebrání "nízkému slunci".

Ložnice orientovaná na východ

Pouze tato místnost vykazuje odchylku od ostatních místností, které sledují výše uvedený trend.

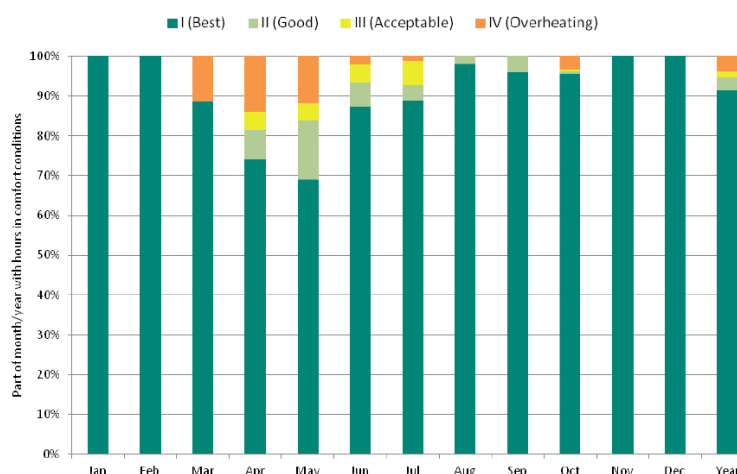


Obr. 10 Umístění monitorované místnosti v rámci objektu



Obr. 11 Naměřené hodnoty teplot ložnice

Obrázek ukazuje, že obecně po většinu doby je vnitřní prostředí v kategorii I (91,4 % hodin v roce), ale 5,4% z hodin v roce je mimo kategorii II. Je třeba poznamenat, že tento prostor slouží jako ložnice rodičů, a nachází se přímo nad technickou místností, kde je umístěn solární zásobník. K přehřátí dochází především na jaře a počátkem léta. V neposlední řadě je také důležité si uvědomit, že jen tato místnost není vybavena automaticky řízeným přirozeným větráním. Tento nedostatek má nepochybně negativní dopad tepelnou pohodu v místnosti.

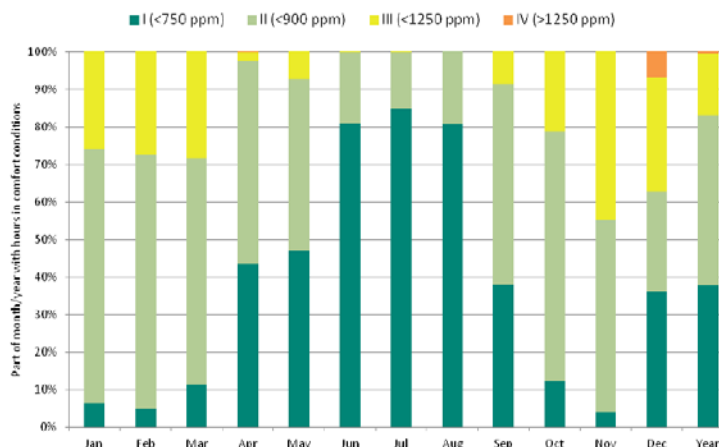


Obr. 12 Procentuální podíl kdy se ložnice nachází v jednotlivých kategoriích

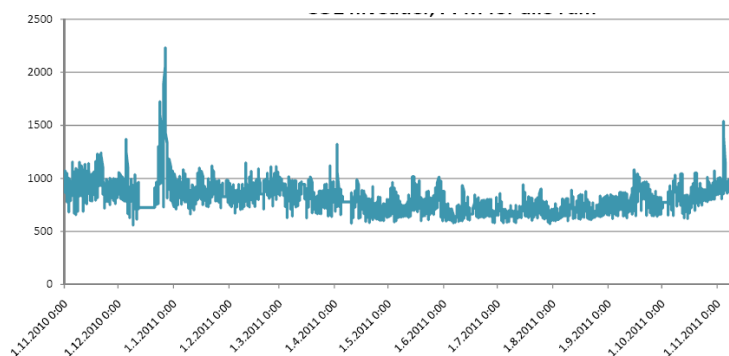
Kvalita vzduchu - naměřené hodnoty vybraných místností

V následující části jsou uvedeny výsledky měření koncentrace CO₂ ve vnitřním ovzduší. Výsledky jsou uvedeny pro stejné místnosti, které také byly předmětem předchozího hodnocení.

Obývací pokoj s kuchyní



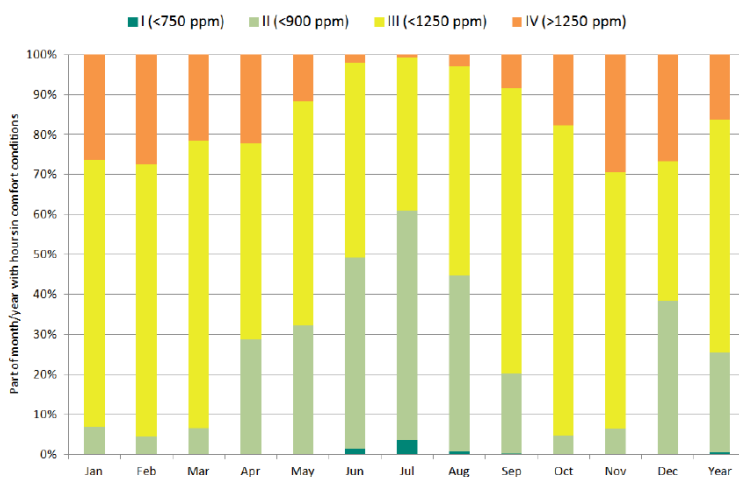
Obr. 13 Procentuální podíl v jednotlivých kategoriích (Obývací pokoj)



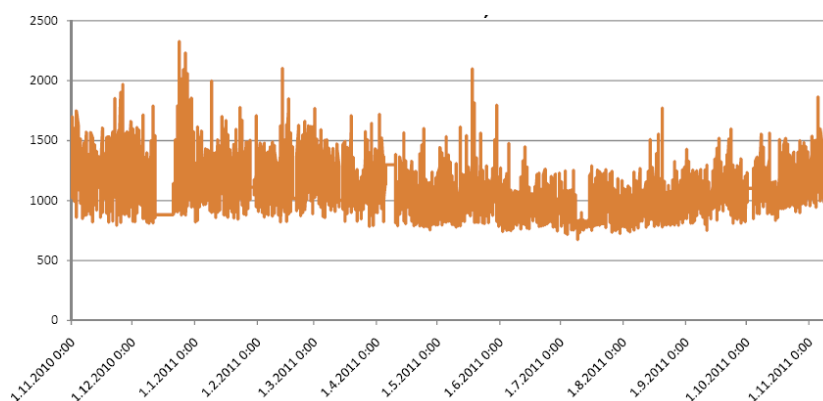
Obr. 13 Naměřené koncentrace CO₂ (ppm) v monitorovaném období (Obývací pokoj)

Ložnice orientovaná na východ

Stejně jako při předchozím hodnocení tato místnost vykazuje odchylku od ostatních místností.



Obr. 14 Procentuální podíl kdy se místnost nachází v jednotlivých kategoriích (východní ložnice)

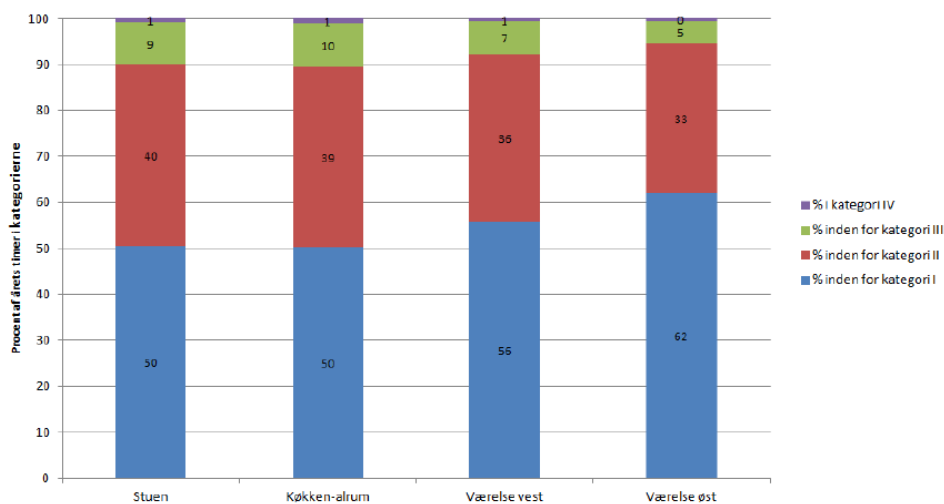


Obr. 15 Naměřené koncentrace CO_2 (ppm) v monitorovaném období (východní ložnice)

Naměřené koncentrace CO_2 v domě jsou obecně horší, než vypočítané. Důvodem je možná menší intenzita větrání v zimním provozu (mechanické větrání). Zároveň je třeba poznamenat, že celková průměrná hodnota v průběhu roku ve většině pokojů je 850 ppm. Tato průměrná hodnota je stále poměrně nízká. Jak je popsáno níže - a co je důležitější, obyvatelé se také nezmínili o nepohodlí, které by šlo přičíst nadměrné úrovni CO_2 , takže celkově lze považovat výsledek za přijatelný, i když počáteční požadavek splnit kategorii II nebyl naplněn.

Relativní vlhkost

V projektu nebyla provedena simulace relativní vlhkosti. Nicméně měření (hodinové hodnoty) proběhlo pro všechny pokoje. Na obrázku 16 jsou prezentovány výsledky těchto měření. Všechny ukazují, že prostor vyhoví kategorii III, a obecně se nachází cca 90 % času v kategorii II. Z hlubší analýzy naměřených hodnot vyplývá, že většina hodin v kategorii III je mezi hodnotami 60 až 70% relativní vlhkosti, a že pro daný prostor je méně než 2 % hodin v roce, vlhkost pod 25 %, což je uspokojivé.



Obr. 16 Relativní vlhkost, měřeno podle EN15251

Hodnocení obyvatel domu

Obyvatelé byli požádáni, aby každý měsíc sepsali podstatné poznatky o svých zkušenostech s bydlením v domě. Tyto poznámky jsou ve formě deníku. Kromě těchto časosběrných deníků je zde také souhrnné hodnocení spokojenosti uživatelů.

Obyvatelé vyjádřili celkovou spokojenost s životem v domě. Hodnoty přirozeného osvětlení (bez umělého osvětlení během dne - a to ani při zatažené obloze) byly hodnoceny jako největší benefit domu. Velmi kladně hodnotili i kvalitu vnitřního vzduchu. Nicméně, jak se

prokázala i měření, problémy byly s udržení dostatečně nízké teploty, především v časných jarních měsících. Tento problém byl řešen úpravou automatického nastavení venkovního stínění. Obyvatelé také popisují problémy s nastavením při přechodu ze "zimního režimu" na "letní režim" při určitých teplotách. Obyvatelé vykazovali silný zájem na tom, jak se má dům "chovat" v různých denních dobách, i během celého roku. Místy nastala nespokojenost s některými stínicími prvky, kdy čas od času docházelo k oslnění od velkých oken. Dům také neumožňoval úplné zatemnění. Jak obyvatelé popsali, bylo v době uvedení domu do provozu důležité poradenství v oblasti automatizace a návštěvy dodavatele v domě. Seznámení obyvatel s fungováním systému bylo velmi důležité pro jejich schopnost provozovat a užívat dům. Význam toho se odráží ve spokojenosti obyvatelů s budovou, která z velké části pramení z jejich znalostí systémů a provozu, a zároveň vychází z možnosti, kdy sami uživatelé mají možnost si systémy přizpůsobit. Zdá se, že spokojenost s domem roste s časem, kde se také odráží větší vhléd do domu a vyšší stupeň adaptace a integrace mezi systémem a obyvateli. Takže, i přes počáteční potíže, zejména v prvním roce provozu se dá konstatovat, že v tomto případě byl projekt úspěšný, bylo dosaženo dobré interakce mezi obyvateli a domem, a že tato interakce nebyla na úkor domu nebo uživatele. Zůstává otázka délky období potřebného k uvedení domu do optimálního nastavení, a v neposlední řadě skutečnost, že obyvatelé projeví velký zájem o možnosti systémů. Zde je stále otázkou, zda všichni budoucí uživatelé mají dostatečné znalosti, aby pochopili dopady svého chování na spotřebu domu a kvalitu vnitřního prostředí v domě.

ZÁVĚR

Je povzbudivé vidět, že je možné získat zdravé vnitřní klima v budově s pozitivní energetickou bilancí. Cíl postavit budovu v aktivním standardu lze na základě měření považovat za úspěšný. K dosažení tohoto cíle bylo nicméně potřeba období těsně cca 1 rok, než došlo k celkové optimalizaci. Lze to považovat za dlouhou dobu u malé stavby typu rodinného domu. Jak ukázala měření, HFL je velmi tepelně citlivý na změny v intenzitě dopadajícího slunečního záření zejména v jarních měsících. Hybridní systém větrání se v domě osvědčil. Místnosti s možností využití komínového efektu vykazovaly lepší výsledky jak z pohledu tepelného komfortu, tak koncentrace CO₂. Automaticky řízené přirozené větrání také vykazovalo lepší výsledky, než místnosti s mechanickým větráním ovládaným uživateli. Otázkou také stále zůstává finanční náročnost staveb splňující předpokládané parametry budoucí legislativy po roce 2020.

LITERATURA

- [1] ACTIVE HOUSE ALLIANCE, Active House – Specification 1st. Edition, 2011, www.activehouse.info
- [2] Gitte GYLLING¹, Mary-Ann KNUDSTRUP, Per K. HEISELBERG, Ellen K. HANSEN, Holistic Evaluation of Sustainable Buildings. *ASHRAE Transactions*, 2011
- [3] ESBENSEN, Villa Velfac\7_Beregninger, Rapport\06_Energi\2. års målinger, 2012



OBNOVA PŮVODNÍCH VYTÁPĚCÍCH A VĚTRACÍCH SYSTÉMŮ V BUDOVÁCH DIVADEL

Jan Červenák

Menerga Czech + spol. s r.o.
jan.tp@centrum.cz

ÚVOD

V tomto příspěvku bychom rádi seznámili s původními řešeními vytápěcích a větracích systémů používaných v minulém a na začátku tohoto století ve společenských budovách a s možným způsobem jejich využití. U projektantů VZT (a nejen u nich) totiž panuje obecný názor, že původní systémy jsou jak z hlediska vlastního návrhu tak i řešení zastaralé a nevyhovují dnešním standardům. Toto opomíjení vyplývá převážně z neznalosti a tedy nepochopení funkce původních systémů, což je ještě často spojené s nedostatkem času i financí na provedení důkladného průzkumu.

Dnes prováděné projekty rekonstrukce VZT systémů jsou často natolik odlišné od původního řešení, že jsou při nich nutné takové radikální stavební zásahy, při nichž dochází v mnoha případech až poškození historické substance budovy nebo jejích interiérů. Tyto radikální zásahy nejen že snižují památkovou hodnotu stavby, ale následně si pak vynucují v mnoha případech především velmi nákladné restaurování interiérů. Obvyklé jsou i problémy s nadměrnou hlučností nově umístěných VZT zařízení v těsné blízkosti hlediště.

Tímto nechci říci, že se máme vrátit o sto let zpět a tak i projektovat. Jen chci upozornit na to, že původní systémy byly navrhovány a zároveň stavebně zcela integrovány do budovy na základě zkušeností získávaných po staletí, s velkým citem pro život budovy, který my dnes zpravidla již ztrácíme zavalení technikou. Necitlivě navrhovaná zařízení a rozvody VZT do historických budov se pak následně negativně projevují v organismu stavby.

Avšak ani vcelku dobře navržený systém VZT nemusí plně postačovat potřebám historické budovy. V této souvislosti srovnáme staré a nové VZT jednotky: Regulace provozu je u nových VZT zařízení zcela automatická, lidský faktor zcela vyloučen. Zařízení však v cenově dostupných úrovních nabízejí pouze několik málo vybraných provozně regulačních stavů a tedy na skutečné potřeby budovy mohou reagovat jen velmi omezeně. (Navíc jsou provozovány často i bez ohledu na tyto rozdílné provozní režimy, což s sebou přináší neekonomický provoz ...) Naopak původní vytápěcí a větrací systémy v historických budovách vyžadovaly sice velmi kvalitní obsluhu, která však při dobré znalosti vlastností budovy i funkce větracích a vytápěcích systémů dovedla přesně reagovat na požadavky daného provozu (různý počet návštěvníků, divadelní zkoušky, přestávky atd.).

Proto se domnívám, že před jakýmkoliv zásahy do historických staveb je nutno nejdříve pochopit celý VZT systém, jeho filosofii a možnosti, které nabízí. Není možné hned bezhlavě navrhovat pro starou budovu řešení, vhodná pro novostavby, která jsou s ní pak samozřejmě zcela nekompatibilní a způsobují buď její okamžité, či postupné poškozování nebo přinejmenším zhoršení komfortu využití stavby. Při navrhování nové VZT by proto měla být preferována maximální snaha o využití původních rozvodů a tím i původní filosofie řešení provozní funkce.

Pro zajímavost uvádíme vstupní parametry a projekční zvyklosti tehdy a dnes

- Původní požadovaná teplota pro společenské sály a divadla byla 17–19 °C, dnes požadovaná teplota je 21 °C.

- Původní množství vzduchu na jednoho návštěvníka bylo 40 m³/h pro letní období a minimálně 20 m³/h pro zimní období. Dnes doporučená hodnota je 30 m³/h na jednoho návštěvníka.
- Dříve doporučované zvlhčování vzduchu během topného období dnes většinou není prováděno.
- Původní možnost využití volné aerace hlavních prostorů není dnes většinou možná. Tam, kde tato možnost je, záleží na provozovateli a obsluze zda ji používají či ne.
- V původních návrzích se počítalo s akumulací stavby i stavebních kanálových rozvodů ve vztahu k době a délce provozu (představení). Dnes je tento faktor projektanty opomíjen.
- Původní využití možnosti nočního vychlazení a akumulace chladu do objektu v letním období je dnes z důvodu neznalosti těchto původních řešení nahrazováno energeticky velmi náročným strojním chlazením.

HISTORIE

Použití prvních vytápěcích systémů tohoto typu se datuje na začátek dvacátých let minulého století. V období po roce 1860 dochází v našich zemích k započatí výstavby mnoha typologických staveb škol, nemocnic, sokoloven, společenských budov a divadel. Společenské budovy mají prostory restaurační, klubové, malé a velké sály využívané buď pro přednášky, plesy nebo jako divadelní sály. V dnešní době jsou některé upraveny trvale pro divadelní účely. Divadla byla navrhována jednoúčelově tzn., že prostor je dělen na jeviště a hlediště, ve němž jsou pevně osazena sedadla pro diváky.

Z hlediska technického vybavení jsou společenské budovy a divadla navrhovaná na přelomu 19. a 20. století vybavena systémem teplovzdušného vytápění nebo teplovzdušného větrání. Pro pohon transmisí a ventilátorů se již od osmdesátých let 19. stol. používal ve velkém měřítku parní stroj.

Rozdíl mezi teplovzdušným větráním a teplovzdušným vytápěním je pouze takový, že při teplovzdušném vytápění se tepelná energie převádí na ohřev vzduchu, který se pak díky nabyté energii pohybuje, při teplovzdušném větrání je pro pohyb vzduchu navíc použito ventilátorů.

Popis systému historického teplovzdušného vytápění

Zdroj tepelné energie pro ohřev vzduchu býval většinou založen na principu parní, nebo teplovzdušný – teplý vzduch – toto zařízení bylo nazýváno kalorifer. Vzduch byl ohříván v prostoru otopné komory, odkud byl rozváděn stavebními vzduchovými kanály do jednotlivých vytápěných prostorů. Pomocí klapkového systému s ručním ovládáním klapky se vzduch distribuoval do požadovaných prostor či nastaven režim.

Klapkami byl dále nastavován režim cirkulační, se směřováním venkovního a ohříváního vzduchu nebo režim letní s obtokem vytápěcí komory. Obdobně byly ovládány klapky u otvoru nad mříží nad centrálním lustrem a na střeše zakončeným věžovitým prvkem nazývaným lucerna.

V případě, že se jednalo o systém otevřený, nebyl prostor pod lucernou propojen kanálovým systémem až do topné komory, v případě uzavřeného systému bylo provedeno toto propojení, které umožňovalo režim cirkulace.

Systém periferních klapky umožňoval nastavení mnoha provozních režimů v závislosti na různých způsobech využití prostor v budově a počtu návštěvníků.

Prvky historického teplovzdušného vytápění

- Filtry sprchové lázně a zvlhčovací aparáty,
- Topná komora s žebrovkami, nebo kalorifery,
- Teploměr udávající teplotu ohřátého vzduchu,
- Kanálové rozvody s regulačními klapkami a praporkovými indikátory proudění vzduchu,
- Koncové zdobné mřížky v jednotlivých prostorách s regulačními a uzavíracími klapkami,
- Odvodní mříž lucerny,
- Lucerna s regulačními a uzavíracími klapkami.

Systémy teplovzdušného větrání bývají v některých případech řešeny zjednodušeně pouze s přírodním ventilátorem. Odvod vzduchu pak zajišťoval nový centrální plynový lustr. Po přechodu z používání plynu pro osvětlení na elektrickou energii bývaly prováděny úpravy systému.

Popis systému historického teplovzdušného větrání

Systém teplovzdušného větrání využívá všech prvků použitých při teplovzdušném vytápění, ale doplněných o ventilátory, zajišťující dopravu požadovaného množství vzduchu.(kam...).

Z literatury a z prováděných průzkumů jsou známy různé druhy zajištění stupňovitých otáček pohonu ventilátorů teplovzdušného větrání. Jedná se především o pohon transmisí s několikastupňovými řemenicemi.

- Pohon stejnosměrným proudem s možností regulace otáček reostatem.
- Pohon otáček elektromotorem s dvojestupňovou převodovkou pro zimní a letní provoz.
- Od 30. let tohoto století se setkáváme s více otáčkovými elektromotory.

Nucená distribuce vzduchu umožňuje nejen kvantitativní regulaci teplovzdušného větracího systému, ale též i zpětné využití teplého vzduchu odcházejícího přes centrální mříž nad lustrem pro potřeby cirkulace či směšování s čerstvým vzduchem.

Odvodními ventilátory byl vzduch též vyfukován nejdříve do prostoru krovu a až následně odcházel z objektu pryč lucernou. Tímto způsobem se v zimním období předtápěl krov. V letním období byl tento režim používán pro noční akumulaci vychlazení budovy.(Tento princip je dnes nově využíván u novostaveb např. s prosklenými fasádami a je považován za vrchol techniky.)

Prvky teplovzdušného větrání

- Přírodní kanály s hrubými filtry,
- Filtry sprchové lázně a zvlhčovací aparáty,
- Podzemní akumulací prostory, směšovací komory s klapkovou regulací,
- Přírodní ventilátor – dmyhadlo – s vícestupňovou transmisí,
- Topná komora s žebrovkami na vodu či páru, nebo horkovzdušná – kalorifery,
- Teploměr udávající teplotu ohřátého vzduchu,
- Kanálové rozvody s regulačními klapkami a praporkovými indikátory proudění vzduchu,
- Koncové zdobné mřížky s regulačními a uzavíracími klapkami v jednotlivých prostorách,
- Odvodní mříž lucerny s komorou pro odvod nebo cirkulaci vzduchu včetně regulačních klapek a odvodního ventilátoru – exhaustoru,
- Lucerna s regulačními a uzavíracími klapkami.

POSTUP PRACÍ PŘED ZAPOČETÍM OBNOVY SYSTÉMŮ VZT

Na základě zkušeností s obnovou historických staveb a jejich VZT systémů volíme ještě před započítím projekčních prací dále uvedený postup.

- **Vstupní průzkum objektu** a vzduchotechnického systému. Přitom je nutno prověřit stavebně-technický stav obvodového pláště včetně střešního s důrazem na infiltraci objektu. V některých případech je nutné zjistit příčiny zvýšené či vysoké stavební vlhkosti objektu a novodobých průrazů do obvodového pláště budovy, které mají značný vliv na stavebně-technické vlastnosti objektu. Typ systému větrání či vytápění objektu je nutné správně zařadit pro následný návrh.
- Je nezbytné provést **archivní rešerše** původního návrhu objektu a zjistit údaje o způsobu osvětlení, počtu návštěvníků a typech jednotlivých provozů budovy. Jen málokdy se totiž podaří vyhledat původní návrh vytápění nebo větrání, přitom pro kontrolní výpočet jsou tyto údaje nezbytné. V případě, že se podaří získat buď kolaudační zápisy nebo provozní pokyny pro obsluhu topení či větrání, dozvídáme se ještě podrobnosti o nastavení při specifických režimech.
- Provedení **archivní rešerše ostatních stavebních úprav**, oprav a rekonstrukcí objektu. Je nutné zjistit, zda při novodobých úpravách nedošlo k poškození původně fungujícího systému.
- Provedení **detailního průzkumu větracího či vytápěcího systému** a průzkumu stavu všech kanálových rozvodů a regulačních prvků. Žádoucí je provedení přímo vizuální průzkum kanálových rozvodů.
- **Inventarizace všech koncových elementů** v interiéru (vyústky, mřížky, žaluzie, ozdobné krycí prvky).
- **Návrh nového systému včetně VZT jednotky** s ohledem na zadání nového počtu návštěvníků a provozní režimy i úspory energie.
- **Porovnání původního návrhu a návrhu nového** s ohledem na využitelnost původních kanálových rozvodů a koncových prvků.
- **Porovnání historické a nově navrhované regulace** včetně regulace periferní s co největším přiblížením k původnímu řešení.

Tři příklady obnovy VZT systémů – Smetanův dům v Litomyšli, Národní dům v Prostějově, divadlo v Karlových Varech

V případech všech tří staveb byl proveden vstupní průzkum a archivní rešerše původního řešení. Většinou byly konzultovány problémy provozu s obsluhou. Byl proveden především detailní průzkum VZT kanálových rozvodů, aby se ... pro možnost zhodnocení typu provedení opravy stěn profilů.

Při návrhu i realizaci opravy VZT systémů byla původní teplovzdušná zařízení nahrazena klimatizačními zařízeními, která byla umístěna do původních prostor a využity původní kanálové rozvody.

Samostatný specifický problém představoval návrh regulace a způsob její obsluhy. Nejlepší se jeví takové řešení, při němž si může obsluha ručně volit jednotlivý provozní režim tak, že i během určité akce je možné měnit kvalitativní hodnoty.

Smetanův dům v Litomyšli

Pseudorenesanční budova z roku 1905, určená pro společenské účely, má velký sál s jevištěm, malý sál s přilehlým salónkem a v přízemí restauraci s výčepem. Velký sál se využíval pro účely divadelní i koncertní, při pořádání velkých plesů se propojil s malým sálem a salónkem.

Původní systém teplovzdušného vytápění byl vybaven dvěma komorami s žebrovkami pro ohřev vzduchu. V letním období vzduch obtékal kolem kaloriferů a výkon se pohyboval kolem 20 000 m³/h. Systém zahrnoval filtraci vzduchu a zvlhčování tryskami, měl akumulární podzemní kanály a chodby a periferní regulaci využívanou dle požadovaného provozu. Systém umožňoval předchlazování a předtápění suterénních prostor a krovu. Umožňoval též předtápět ochozy, předchlazovat hlediště apod.

Předchozí rekonstrukce VZT se prováděla v 70. letech. Protože při ní byly použity radiální ventilátory s hlučností přesahující 90 dBA bez jakékoli následné hlukové ochrany, mohlo se zařízení používat pouze pro zátop nebo až po skončení akcí. Traduje se, že při přestávkách, když už bylo vnitřní klima neúnosné a zařízení bylo nutno spustit, návštěvníci říkali, že přiletěly stíhačky z Pardubic.

Při provádění průzkumů jsme narazili na dodatečné příčky, které byly dozděny buď při předchozí rekonstrukci, nebo ještě dodatečně, a to proto, aby v sále „netáhlo“.

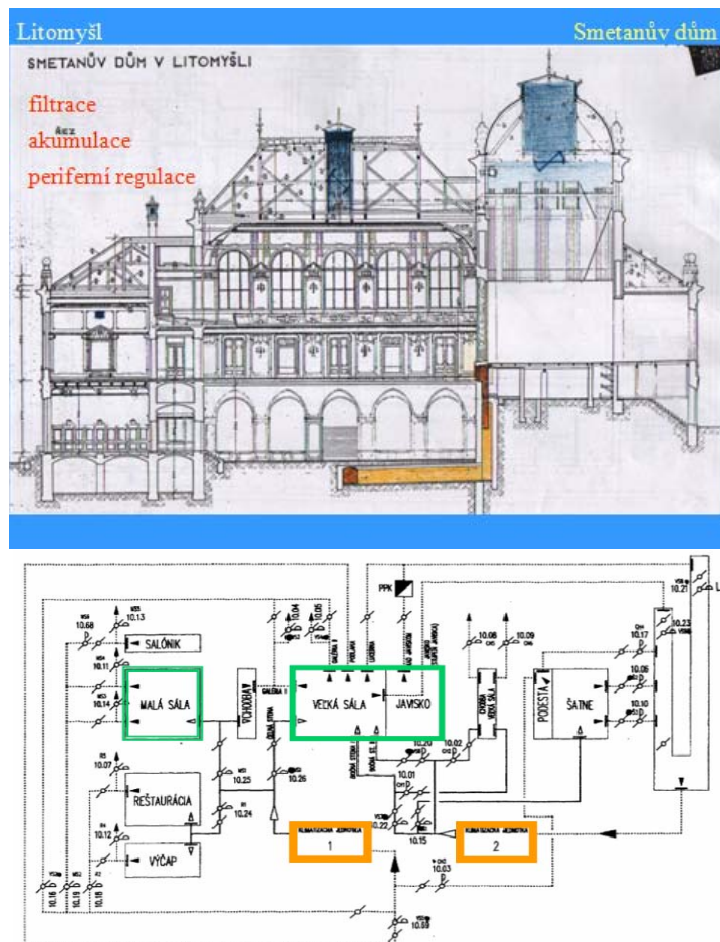
Obnova divadla vč. systému VZT: 1994–1996

Nová kapacita hlediště: 400 osob.

Klimatizace Resolair 64 10 01 2x – hlediště, foyer a ochozy s cirkulací 12500 m³/h, pro všechny provozy v objektu celkem 20 000 m³/h.

Sedm provozních režimů s kvantitativní a periferní regulací.





Národní dům v Prostějově

Jedná se o jednu z nejpozoruhodnějších staveb české secese. Postavena byla dle plánové dokumentace architekta J. Kotěry. Základní kámen ke stavbě byl položen v roce 1906. Rozsáhlá budova je dělena na část divadelní, společenskou a restaurační.

Původní systém teplovzdušného větrání a vytápění měl jeden přívodní ventilátor

D1500 mm. Maximální letní vzduchový výkon byl $20\,000\text{ m}^3/\text{h}$. Systém obsahoval filtraci, zvlhčování tryskami, akumulací podzemní kanály a chodby, periferní regulaci využívanou podle požadovaného provozu. Systém umožňoval předchlazování a předtápění suterénních prostor a krovu, dále předtápění ochozů, předchlazování hlediště apod.

Dva stupně transmise a devět provozních režimů, celkem 18 provozních možností.

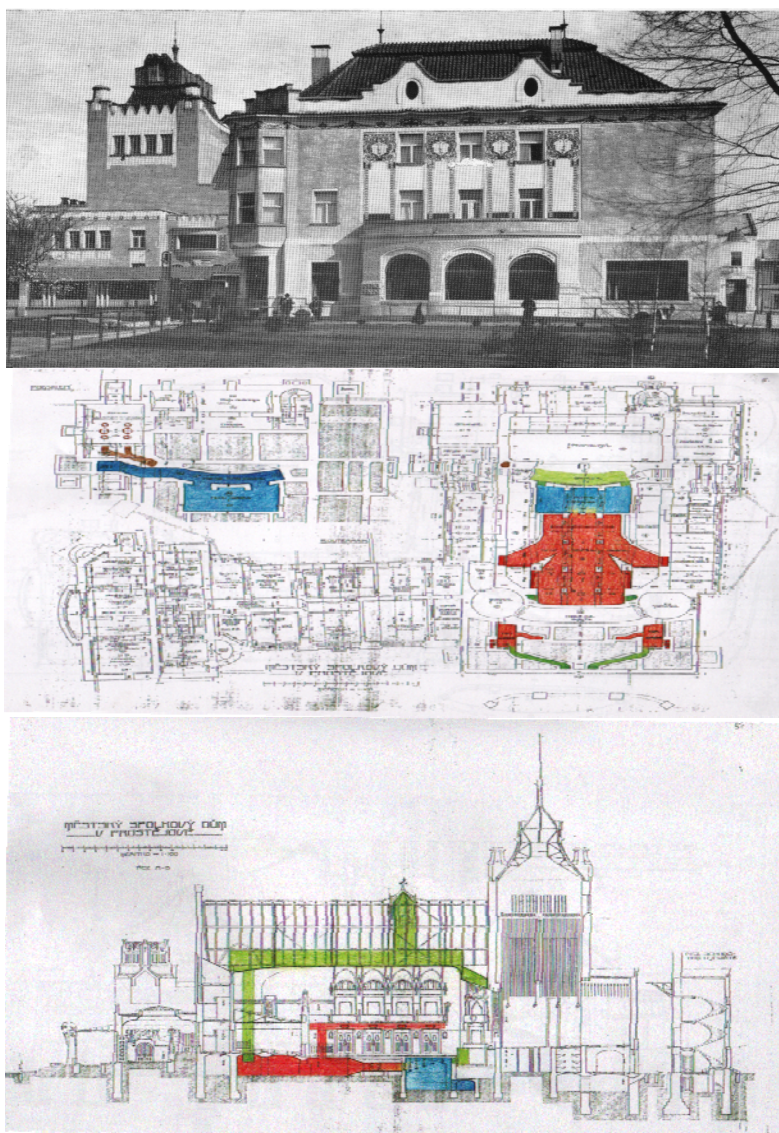
Při „rekonstrukci“ VZT prováděné v 70. letech byla zvolena nová distribuce vzduchu, při níž byl vzduch přiváděn velkoplošnými výústkami na bocích portálu jeviště a odváděn původními mřížkami po stranách sálu. Toto řešení však naprosto znemožňovalo provětrání podstropní části a hlavně původního stavebního kanálu pro odvod a cirkulaci vzduchu. Strop sálu i vložená stavební konstrukce byla provedena z 80 mm silné cementové kašírované desky. Vzduch, který do tohoto prostoru proudil, přinášel stále novou vlhkost od návštěvníků, která kondenzovala na skeletové konstrukci, které začala hrozit statická havárie

Kompletní obnova divadla vč. systému klimatizace (VZT): 1998–1999

Nová kapacita hlediště: 480 osob

Klimatizační jednotka: Resolair 64 15 01 – hlediště foyerů a ochozy s cirkulací $15\,000\text{ m}^3/\text{h}$

Sedm provozních režimů s kvantitativní a periferní regulací



Divadlo v Karlových Varech

V říjnu 1884 byla zahájena stavba divadla v Karlových Varech od architektů Fellnera a Helmera. Jedná se o první divadlo později typického, tzv. diagonálního pojetí. Stavba budovy divadla byla provedena v pseudobarokním stylu.

Systém teplovzdušného větrání a vytápění měl jeden přívodní ventilátor D1800 mm. Maximální letní vzduchový výkon byl 35 000 m³/h. Exhaustor nad lucernou D 1500 mm funkce buď odvod lucernou, nebo cirkulace. Pomocný ventilátor pro galerie zajišťoval dostatečné odvětrání prostorů, které byly umístěny nad centrální lucernou, a tudíž bylo nutno zajistit separátní odvod vzduchu.

Systém obsahoval filtraci, zvlhčování tryskami, akumulaci do podzemních kanálů, prostor VZT a chodeb, protimrazovou, cirkulační a periferní regulaci podle požadovaného provozu. Pamatovalo se na možnost předchlazování a předtápění suterénních prostor a krovu, předtápění ochozů, předchlazování hlediště apod.

Tři stupně transmise. 18 provozních režimů. Celkem 54 provozních možností

Obdobně jako u výše zmiňovaných společenských budov proběhla také v tomto divadle úprava VZT zhruba ve stejném období a bohužel i se stejným efektem, citujeme: „Při hodně navštěvovaných představeních byl ale vzduch v hledišti tak nesnesitelný, že bylo nutné

otevírat boční dveře do chodeb i ven“. Takto provozované větrání mělo za následek nepříjemný průvan u dveří, pronikání venkovního hluku do sálu, ale především vznik negativního zvukového efektu hlediště, které ztratilo „echo“ (dozvuk), kvůli čemu bylo nutno instalovat elektrické ozvučení. Při jednom z posledních představení před rekonstrukcí byly odkryty původní větrací otvory a samotížným větráním „náhle“ dosaženo přijatelného stavu klimatu i bez otevřených dveří.

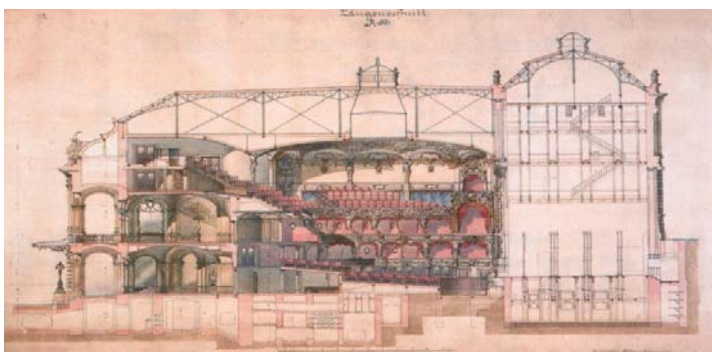
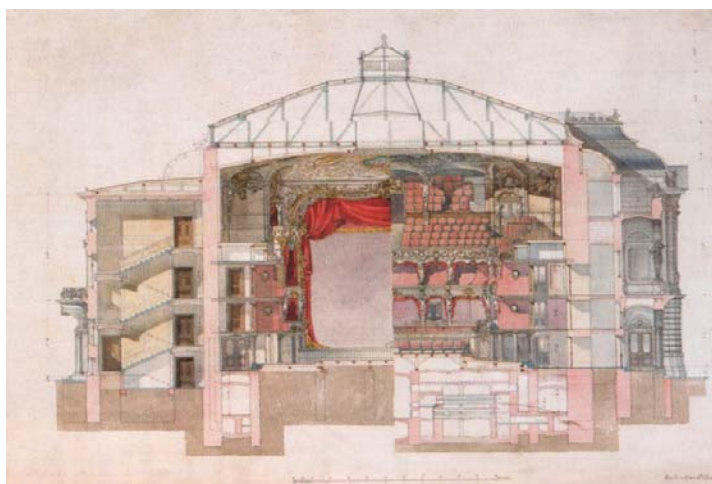
Kompletní obnova divadla vč. systému klimatizace (VZT): 1994–1999

Nová kapacita hlediště: 500 osob

Klimatizační jednotky: Resolair 68 07 01, 2x – hlediště foyery a ochozy s cirkulací 15 000 m³/h, Resolair 67 36 01 2x – jeviště a šatny herců s cirkulací 10 000 m³/h.

Sedma provozních režimů s kvantitativní a periferní regulací.

Fellner und Helmer *Divadlo v Karlových Varech*



ZÁVĚR

Tímto příspěvkem se chtěl autor podělit o jiný pohled na přístup k projektování objektů, které již dlouhou dobu sloužily našim předkům i nám a proto bychom se k nim měli takto chovat.

POUŽÍVÁNÍ INDUKČNÍCH JEDNOTEK V MODERNÍCH BUDOVÁCH ZKUŠENOSTI S PROJEKTOVÁNÍM A PROVOZEM SYSTÉMŮ KLIMATIZACE INDUKČNÍMI JEDNOTKAMI

Jan Černý, Miroslav Klíma

TROX Austria, organizační složka Praha

j.cerny@trox.cz, m.klima@trox.cz

ANOTACE

Příspěvek uvádí několik zásad pro navrhování klimatizace pomocí systému s indukčními jednotkami pro několik vybraných objektů. Dále uvádí zkušenosti s provozem a údržbou tohoto systému.

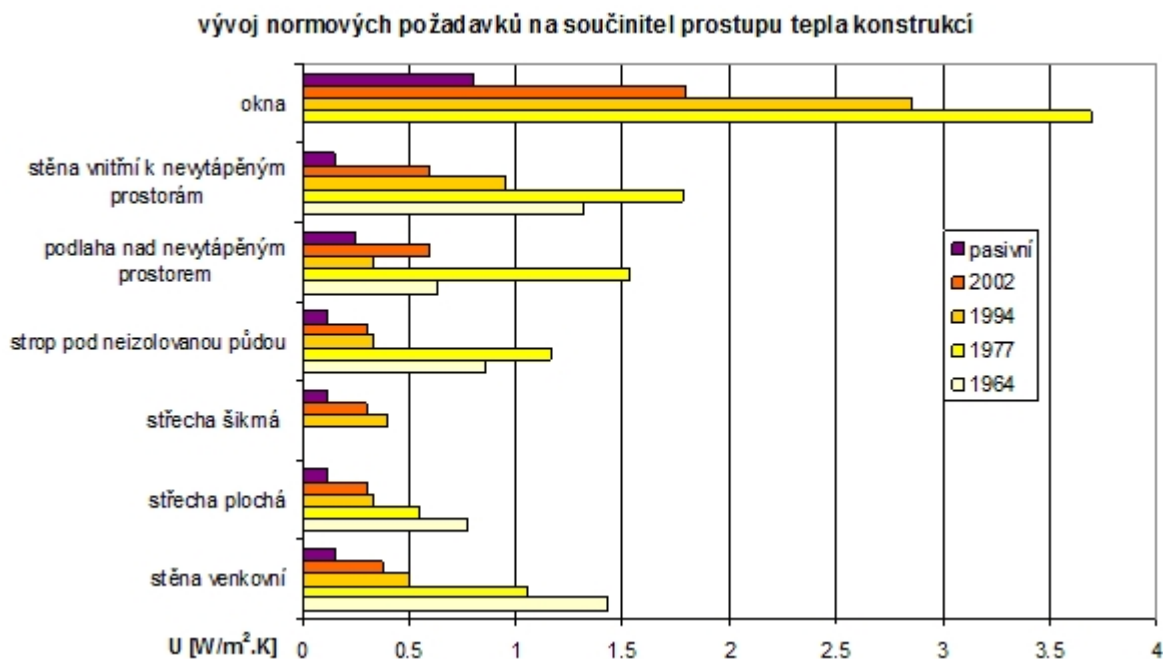
HISTORIE POUŽITÍ INDUKČNÍCH JEDNOTEK

Historická data uvádějí počátek výroby a použití indukčních jednotek kolem roku 1988, kdy byly použity jednotky nejen s umístěním do podhledu, ale i jednotky parapetní. Jednotky již měly charakteristické vlastnosti jako soudobé typy, tj. funkci indukce vzduchu z místnosti pomocí primárního, upraveného vzduchu. Jednotky však oproti soudobým, byly neporovnatelně větší s menším indukčním poměrem a tedy i s menším chladicím výkonem.

Použití IJ, zvláště pro administrativní budovy, došlo v období, kdy se radikálně změnily normové požadavky na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí.

Konstrukce IJ v dnešní podobě splňují většinou parametry požadovaného chladicího výkonu a průtok primárního vzduchu je v souladu s hygienickými požadavky.

Pro názornost je uveden vývoj normových požadavků na vybrané technické ukazatele stavebních konstrukcí od roku 1964 do roku 2002.



Obr. 1 Normové hodnoty dle ČSN 730540 od roku 1964 (zdroj EKOWAT)

V současné době většina výrobců těchto zařízení má ve svém programu indukční jednotky parapetní, indukční jednotky určené do podhledu, dále speciální provedení určené pro hotely a průmyslové provedení.

Dnešní jednotky mají daleko větší indukční poměr a tím i chladicí výkon, jednotky jsou různého provedení, např. v kombinaci přívodu a odvodu vzduchu z prostoru (integrováný díl pro odvod vzduchu), nebo naopak s dílem pro přívod vzduchu mimo výměník (integrováný díl pro přívod vzduchu).

Samostatnou kategorií tvoří multifunkční indukční jednotky typu MSCB, určené do podhledu, nebo volně zavěšené, které jsou dovybaveny technickým zařízením pro budovu, jako např. osvětlením, hlásičem kouře, sprinklery a prostorem pro vedení internetu. Tyto typy většinou jsou dodávány na základě architektonických požadavků. Výhodou těchto jednotek je možnost snížení konstrukce stropu, což má za následek mimo jiné podstatné snížení nákladů na stavbu.



Obr.2 Multifunkční jednotka s možností instalace některých technologií budovy

Kancelář TROX Praha jako jednu z prvních větších zakázek realizovala dodávku pro rekonstrukci objektu „Stará celnice“ v Praze, projekt v roce 1999 byl zpracován pražskou projektovou kanceláří. Celkový počet jednotek byl 690ks, jednotky byly vybaveny dle přání investora vanou na kondenzát, ale bez napojení na odpad. Zařízení bylo uvedeno do provozu v roce 2001-2002. Do dnešního dne firma TROX realizovala další objekty, převážně povahy administrativních budov, celkový počet instalovaných indukčních jednotek je cca 14 000ks.

Indukční jednotky díky svým nesporným výhodám oproti FCU v dnešní době především v administrativních objektech, většinou pro svoje vlastnosti, nahrazují dříve používané systémy s FCU.

Důvodem je i skutečnost, že investoři stále více objektů certifikují stavby s ohledem na energetickou náročnost a potom nasazení systémů s IJ je zcela opodstatněné.

Nejdůležitější argumenty pro použití IJ jsou

- žádné točivé elementy v jednotce, nižší nároky na spotřebu elektrické energie,
- tichý provoz zařízení na úrovni akustického výkonu do 35 dB(A),
- provoz nad rosným bodem, odpadá odvod kondenzátu, což má dopad i na celkový chladicí výkon zdroje chladu, který je nižší než u systému s FCU,
- odpadá silnoproudá instalace.

- systém pracuje s menším pracovním rozdílem teplot, což je pozitivní pro zajištění komfortu prostředí. Konstrukce IJ v oblasti výfuku vzduchu zajišťuje podstropní vodorovný výfuk vzduchu zcela obdobně jako stropní distribuční element
- jednoduchá montáž, která spočívá pouze v zavěšení komory jednotky včetně připojení na primární vzduch a chladicí/topnou vodu
- na základě současných cenových úprav u většiny dodavatelů jsou systémy s IJ investičně nižší, než celkové náklady na systém s FCU
- systém s IJ má minimální nároky na servis a údržbu, u IJ se doporučuje dle povahy prostředí pouze kontrola čistoty výměníku. Dle našich informací tuto činnost provádí firmy cca 1x ročně
- nevýhodou FCU je ve většině případů nízký dispoziční tlak. V případě, že je nutno z hlediska hlučnosti zařadit tlumič hluku, může nastat problém s vhodnou distribucí vzduchu

IJ však mají i svá omezení, která vyplývají z funkčních vlastností. Je to především chladicí výkon, který je závislý na průtoku primárního vzduchu, vstupní teplotě vzduchu a vody. IJ pro svoji funkci vyžadují zajištění potřebného průtoku vzduchu a tedy chod jednotky primárního vzduchu. Dále nelze u systému s IJ jednorázově podstatně zvýšit chladicí výkon jako u FCU i za cenu nárůstu hlučnosti.

PROJEKTOVÁNÍ IJ, VYBRANÉ OBJEKTY

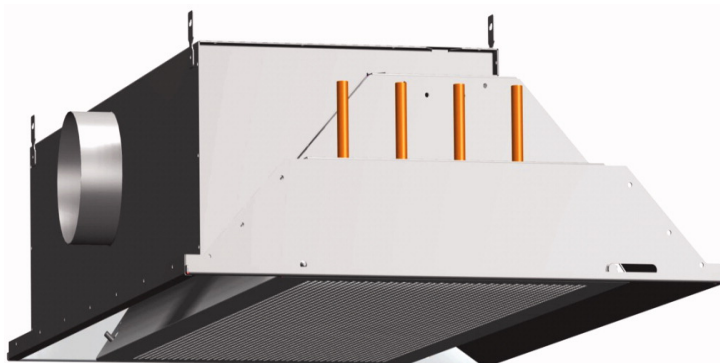
Administrativní budovy

U současných objektů, které vyhovují dnešním nárokům na tepelně technické vlastnosti budov, je citelný celkový chladicí výkon vztažený na 1 m² podlahové plochy v rozmezí 60-120 W/m². Tato hodnota odpovídá součtu vnější a vnitřní citelné tepelné zátěži. Obvyklé hodnoty pro kancelářské prostory jsou např.:

- citelná zátěž od osob 9 W/m² při obsazenosti 8m² pro osobu
- zátěž od osvětlení 11 W/m²
- zátěž od technologie 19 W/m²
- pro zasedací místnosti (2,5 ÷ 3 osoby na 1 m²) 30 W/m²

Dále uvádíme několik poznatků a zkušeností, které vyplynuly z projekčních návrhů.

Pro celkovou tepelnou zátěž do cca 120 W/m² je použitelný např. nový typ IJ DID632, u kterého z důvodu vysokého indukčního poměru není třeba navyšovat průtok primárního vzduchu nad hygienický limit 50 m³/hod pro osobu. Toto je výhoda oproti dřívějším typům IJ jako např. DID600B.



Obr. 3 Indukční jednotka pro umístění do podhledu TROX DID632

Speciálně u IJ, kde je požadavek vyššího chladicího výkonu, který je dosažen volbou velikosti trysek (nejlépe pomocí firemního návrhového programu), je nutno kontrolovat rychlosti proudění v pobytové zóně mezi dvěma IJ. Při vyšších rychlostech proudění (obvykle nad 0,2 m/s v pobytové zóně), doporučuje se střídavé uspořádání jednotek, než umístění jednotek v jedné řadě.

Jistým problémem je situace, kdy IJ jsou navrženy pro velkoprostorovou kancelář, ale následně na základě požadavku nájemce dojde k rozčlenění na menší prostory.

S výhledem na tuto možnou situaci je vhodnější při návrhu uvažovat s např. 2 ks IJ kratších než s 1ks IJ max. rozměru. Potom na straně vody tyto dvě jednotky je možno napojit na jednu ventilovou sadu, vlastní napojení primárního vzduchu se nemění, jelikož delší IJ mají 2ks nástavců pro primární vzduch. V konečném důsledku tak dochází k maximálně drobným přesunům IJ a tedy není třeba dlouhé jednotky demontovat a kupovat jiné kratšího rozměru.

V každém případě při návrhu IJ se považuje jako jedno z důležitých kritérií správný návrh modulace prostoru. Je nutno věnovat velkou pozornost na skutečnost, kde mohou v prostoru vzniknout příčky, jaká je vazba na fasádu, okna, skeletový systém apod. Je nutno minimalizovat při klientských změnách dokupování IJ, zásahy do vodního systému, to vše někdy má za následek např. odstavení celého patra, nebo jiné snížení komfortu prostředí.

Rovněž je nutno zvážit, kde mohou v prostoru vzniknout zasedací místnosti a počítat s tepelnou i vzduchovou rezervou v kapacitě rozvodů.

Instalace dlouhých IJ, jak je někdy vidět v projektech, lze především pro investora považovat za „nešťastné“ řešení.

V případě požadavku na akustické parametry podhledu velkoplošné kanceláře a odsávaný prostor nad podhledem, je vhodné použít IJ s komorou pro odvod vzduchu pro přefuk nad podhled s následným přeslechovým tlumičem. Doporučuje se kontrolovat konstrukci podhledu vzhledem k napojení jednotky na primární vzduch. Obvykle IJ, které mají napojení z čela jednotky, kolidují s konstrukcí podhledu.

Teplotu primárního vzduchu pro IJ je vhodné volit v rozmezí 16-18 °C a jeho úpravu s ohledem na vlhkostní zisky větraného prostoru. Při nižší teplotě primárního vzduchu může dojít k podchlazení těch prostor, které v daném okamžiku nejsou obsazeny, nebo jsou obsazeny s výrazně nižší hustotou osob.

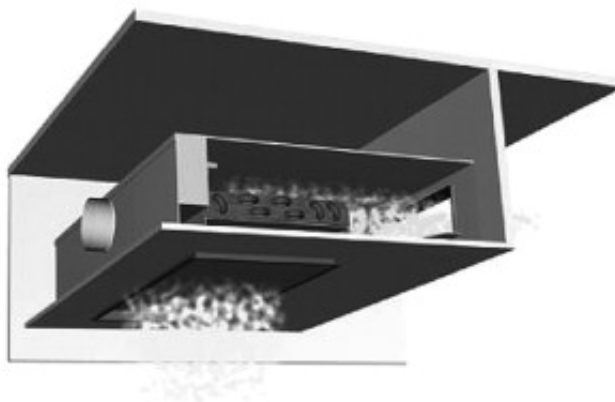
Velice vhodné je umístění variabilních regulátorů průtoku vzduchu s možností uzavření do odboček ze stoupacích potrubí. Toto řešení umožní variabilitu objektu zvláště v případech, kdy celý objekt není v provozu, nebo nemá nájemce a není třeba ho větrat. Navíc v době mimo provoz objektu (svátky, mimopracovní dobu), je možno toto řešení použít pro střídavé větrání jednotlivých pater.

Pro přesné nastavení primárního vzduchu do IJ se doporučuje použití např. vsuvných regulátorů průtoku vzduchu s možností dodatečného přestavení průtoku. IJ se stejným průtokem vzduchu je možno napojit na jeden regulátor.

Hotely

Obvykle chladicí/otopná jednotka pro klimatizaci hotelového pokoje je umístěna v předsínce pokoje s výfukem do obytné části. Pro tento případ je k dispozici IJ s vodorovným výfukem vzduchu. Jednotka odpovídá požadovanému výkonu a např. pro 100 m³/hod primárního vzduchu má citelný chladicí výkon cca 1,2 kW.

Výhodou tohoto řešení je naprosto bezhlučný provoz, uvedené parametry odpovídají akustickému výkonu do 30 dB(A). Doporučujeme na straně primárního vzduchu instalovat elektronický regulátor proměnlivého průtoku vzduchu. Regulátor jednak udržuje předepsaný primární průtok vzduchu a navíc v době nepřítomnosti je možno průtok vzduchu do jednotky uzavřít, popř. nastavit na minimum. Potom následné uvedení do provozu je možno centrálně z recepce, nebo kartou hotelového hosta. Jednotka pracuje s teplotami chladicí vody nad rosným bodem, není potřeba instalovat odvod kondenzátu. Provedení IJ je s dvou-nebo čtyřtrubkovým výměníkem.



Obr. 4 Indukční jednotka pro umístění do podhledu TROX DID-E

Rezidenční objekty

Naše kancelář spolupracovala s projektanty při návrhu klimatizace luxusních rezidenčních objektů.

V těchto případech byly jednotky umístěny přímo u fasády do zdvojené podlahy.



Obr. 5 Indukční jednotka pro umístění pod podlahu TROX BID

Výhodou jednotky je možnost použití dvou-nebo čtyřtrubkového výměníku, který v zimním období v době, kdy není potřeba průtoku primárního vzduchu, má statický topný výkon cca 20-30 % (vztaženo na rozdíl mezi vstupní teplotou vody a vzduchu v prostoru) a tedy stačí pokrýt teplotu objektu. IJ má pochozí pevnou mříž, nebo je možno použít rolovací rošt z umělé hmoty v případě, že architekt požaduje opticky umístit průběžnou mříž podél fasády. Z hlediska hlučnosti se doporučuje volit jednotky s ohledem na akustický výkon do 30 dB(A).

Obchodní jednotky

Firma TROX dodala IJ typ 632 pro obchodní jednotky řetězce C&A. Průtok primárního vzduchu odpovídal požadovanému dle obsazenosti obchodní jednotky osobami. V tomto případě byl kladen důraz na správný návrh úpravy primárního vzduchu z hlediska vlhkosti. Pro případ kritických venkovních stavů vzduchu, nebo zvýšeného počtu osob, byla instalována dodatečně dochlazovací jednotka vzduchu s přesnou regulací.

Zdravotnická zařízení

V současné době je realizován zdravotnický objekt typu polikliniky. Je možno použít standardní jednotky určené do podhledu.

Pro tento návrh se postupovalo obdobně jako pro návrh IJ pro administrativní budovy.

ZKUŠENOSTI S PROVOZEM IJ

Firma TROX rovněž spolupracuje s provozovateli klimatizačních zařízení, provádí školení a přenáší poznatky na projektanty zařízení. Uvádíme některé body, týkající se provozu a údržby systému s IJ.

- hlavní důraz spočívá ve správné úpravě primárního vzduchu a regulaci teploty chladicí vody, která musí zajistit provoz IJ nad rosným bodem. Dle zkušenosti z provozu IJ nejsou význačné problémy při kritických venkovních teplotách, ale převážně v přechodném období
- pro správnou funkci IJ se doporučuje nastavení primárního vzduchu jednoznačně pomocí regulátoru průtoku vzduchu
- změny v prostorovém uspořádání kanceláře je nutno provádět s ohledem na možnosti systému, doporučuje se jistá rezerva u jednotky pro primární vzduch jak ve vzduchovém, tak v chladicím výkonu.
- u variabilních regulátorů průtoku se doporučuje elektrické zapojení takové, aby bylo možno dálkově sledovat skutečný průtok vzduchu
- integrace IJ do podhledu musí odpovídat jeho konstrukci, je nutno v rámci projektu dbát i na požadavky zamezení přeslechů mezi jednotlivými prostory a jednoduchosti montážních prací v případě přenesení IJ
- na konkrétním objektu provozovatel musel řešit několik stížností na údajný výpadek celého systému. Stížnost byla založena na základě nízké hlučnosti klimatizačního zařízení, nižší, než byla vnímána nájemci a tedy následného subjektivního pocitu jeho špatné funkce.

PODĚKOVÁNÍ

Ing. Jiří Petlach, Ing. Jiří Kadaník, Ing. Martin Pulec, Ondřej Pěnička, Kamil Bartoš



SLEDOVÁNÍ SPOTŘEB ENERGIE VZT JEDNOTKY OD PROJEKTU PO REÁLNÝ PROVOZ

Milan Drda¹, Josef Plášek²

¹REMAK a.s.

²Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
drda@remak.cz, plasek.j@fce.vutbr.cz

ANOTACE

Příspěvek je zaměřen na klíčové aspekty optimalizace návrhu VZT jednotek z hlediska jejich energetické náročnosti a nákladů životního cyklu. Na několika případech VZT jednotek demonstruje a porovnává výsledky výpočtu nákladů životního cyklu s vazbou na návrh jednotek, včetně doporučení k optimalizaci těchto nákladů. Závěr příspěvku se věnuje další klíčové a dosud zásadně opomíjené oblasti, kterou je průběžné a vhodně vizualizované sledování spotřeb energie VZT jednotky v reálném provozu a průběžné porovnání s projektovanými hodnotami. To pak umožňuje efektivní zásahy provozního personálu a sledování ze strany vlastníka či managementu.

ÚVOD

Významná část energie je spotřebována k zajištění vyhovujícího interního mikroklimatu v budovách. Vzduchotechnika představuje jednu z možností jak dosáhnout požadovaný stav vnitřního prostředí. Srdcem vzduchotechnických systémů je VZT jednotka. Optimalizace provozních nákladů tohoto zařízení může významně snížit spotřebu energie budovy. Vhodným nástrojem pro takto optimalizovaný návrh VZT jednotky již ve fázi projektu stavby je výpočet nákladů životního cyklu, dále jen LCC (Life Cycle Cost).

Neméně stejně důležité jako optimální návrh jednotky je mít k dispozici nástroj, který umožní během užívání budovy sledovat skutečnou spotřebu energie a umožní kontrolovat dodržování předpokládaných provozních režimů a odhalit případné poruchy ve VZT systému.

VELIČINY ENERGETICKÉHO HODNOCENÍ VZT JEDNOTEK

V technické praxi se v důsledku evropských předpisů pomalu prosazuje používání energetických hodnotících ukazatelů či kritérií a to např. SFP a tříd energetické účinnosti.

Měrný příkon ventilátorů SFP

Měrný příkon ventilátorů *SFP* (Specific Fan Power) je veličinou, která hodnotí energetickou náročnost transportu vzduchu VZT jednotkou. *SFP* může být hodnota udávána pro celou budovu nebo pro VZT jednotku ale i pro samostatný ventilátor. Podrobněji o *SFP* pojednává norma ČSN EN 13779 dále jen [1]. Výpočtový vztah (1) udává *SFP* pro VZT jednotku s přívodní i odvodní větví.

$$SFP = \frac{P_{pvm} + P_{ovm}}{q_{max}} \text{ (Ws/m}^3\text{)} \quad (1)$$

TŘÍDA ENERGETICKÉ ÚČINNOSTI VZT JEDNOTEK

Třída energetické účinnosti (energy efficiency class) dle organizace EUROVENT je formalizovaná metodika kategorizace jednotek do 6 tříd. Zatřídění probíhá pomocí vypočteného faktoru *f*, nejlepší je třída A nejhorší pak třída E. Podrobněji pojednává o výpočtu faktoru *f* literatura [3]. Referenční hodnoty *f_{ref}* pro jednotlivé třídy – viz Tab. 1.

Tab. 1 Třídy energetické účinnosti VZT jednotek dle EUROVENT [3]

Class	Reference to be used in the calculations			Final check of class
	All subgroups	Subgroup 1		
	Velocity	Heat recovery system		Absorbed power factor
	v_{ref} [m.s ⁻¹]	n_{ref} [%]	Δp_{ref} [Pa]	
A / A↑ / A↑	1,8	75	280	0,90
B / B↑ / B↑	2,0	67	230	0,95
C / C↑ / C↑	2,2	57	170	1,00
D / D↑ / D↑	2,5	47	125	1,06
E / E↑ / E↑	2,8	37	100	1,12
<E / <E↑ / <E↑	No requirements			No requirements

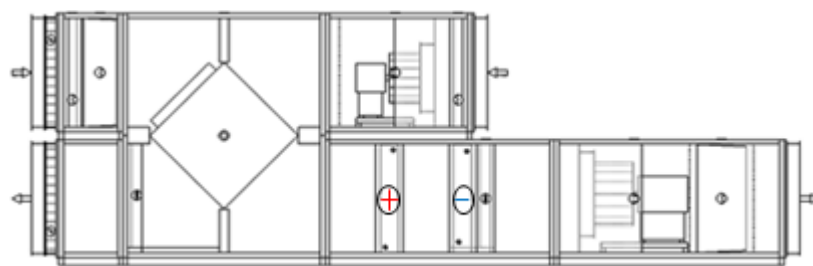
LCC

SFP i třída energetické účinnosti poskytují částečnou představu o technických předpokladech pro nízkou spotřebu energie VZT jednotky, ale zcela určitě neposkytují ani odborníkům komplexní možnost vyhodnocení očekávatelných provozních nákladů a navíc pro laickou veřejnost je za tímto hodnocením obtížné si něco konkrétního přestavit. Hodnotou pro každého představitelnou jsou peníze. Právě hodnocení pomocí LCC poskytuje tento jasně představitelný výstup.

Hodnocení pomocí LCC zahrnuje náklady na:

- Transport a teplotně vlhkostní úpravy vzduchu
- Provoz zařízení ZZT a dalších pomocných zařízení nutných k chodu VZT jednotky
- Pořizovací cenu a údržbu VZT jednotky
- Růst cen energií během životního cyklu

Využití LCC pro optimalizovaný návrh jednotek se zpětným získáváním tepla



Obr. 1 Schéma modelované VZT jednotky se zpětným získáváním tepla

Výše naznačená úskalí energetického hodnocení se pokusíme osvětlit na tomto příkladě. Modelovaná jednotka přivádí konstantní množství vzduchu 21 500 m³.h⁻¹, v zimě přivádí vzduch o teplotě 22 °C v létě 20 °C, jednotka je v provozu 12 hodin denně v pracovních dnech. Jednotku navrhujeme ve třech variantách – viz Tab. 2.

Z Tab. 2 je patrné, že jednotka s nejnižší rychlostí v průřezu má nejvyšší pořizovací cenu, má sice nejnižší SFP a je ve třídě energetické účinnosti A, ale 1,6 násobek pořizovací ceny ve srovnání s jednotkou s nejnižší pořizovací cenou, která je ale v energetické třídě E je téměř „odstrašující“. Pokud ale jednotky podrobíme LCC analýze, vyjde nám, že jednotka s nejvyšší pořizovací cenou je nejlevnější na provoz a za 15 let provozu ušetří oproti jednotce s nejnižší pořizovací cenou cca 3 790 000 Kč. Návrh investice do větší jednotky je do 2 let.

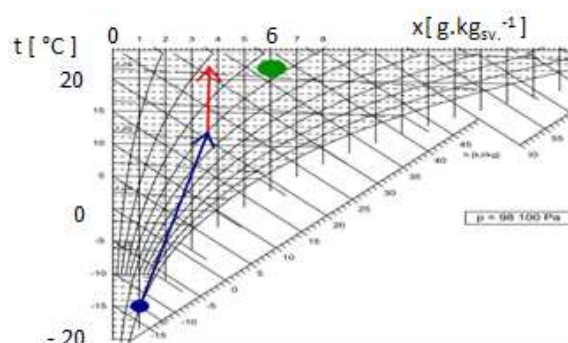
Tab. 2 Souhrnné výsledky hodnocení jednotek se ZZT

Velikost jednotky	Rychlost v průřezu jednotky [m.s^{-1}]	Pořizovací cena jednotky [Kč]	Příkon ventilátorů [kW]	SFP_E [$\text{W.m}^{-3}.\text{s}$]	Třída energetické účinnosti	LCC za 15 let [Kč]
2	1,95	1 013 755	17,29	2 894	A	9 646 471
3	3,04	644 815	20,98	3 595	D	11 749 125
4	3,86	625 100	27,59	4 620	E	13 436 628

Využití LCC pro optimalizaci návrhu jednotek s polytropickým vlhčením

Dle WHO v roce 1984 pociťovalo 30 % osob v moderních zemích tzv. Sick Building Syndrom, v roce 2002 již tento syndrom pociťovalo 60 % osob. Podrobněji o SBS – viz zdroj [4]. Jako jedna z hlavních příčin je uváděna nedostatečná kvalita interního mikroklimatu budov. Jedním z parametrů interního mikroklimatu je relativní vlhkost vzduchu v místnosti.

Dle normy [1] by minimální měrná vlhkost v zimní období měla být alespoň $6 \text{ g.kg}_{\text{sv}}^{-1}$. Pokud v zimním období nepoužijeme ve VZT jednotce zvlhčovač a v místnosti nejsou významné zdroje vlhkosti, tak této hodnoty stěží dosáhneme – viz Obr. 2. Požadovaný stav přiváděného vzduchu je na Obr. 2 označen kruhem.



Obr. 2 Úprava vzduchu v zimním období v h-x diagramu, při použití teplotního ROV

Možností jak dosáhnout požadované vlhkosti přivodního vzduchu je např. parní vlhčení, které ovšem přináší nezanedbatelné zvýšení spotřeby energie. Pokud v modelové jednotce místo tradičního teplotního ROV použijeme výměník v provedení se speciální povrchovou úpravou k zvýšení přenosu vlhkosti tzv. vlhkostní, který však zvýší pořizovací cenu VZT jednotky, pak můžeme významně redukovat spotřebu energie na vlhčení. Výslednou úsporu si demonstrujeme LCC analýzou jednotky s běžným teplotním ROV a jednotky s tzv. vlhkostním ROV. Jednotka je uspořádána dle Obr. 3.



Obr. 3 Uspořádání jednotky s ROV a parním vlhčením

Jednotka je v provozu pouze v zimním období, množství přiváděného vzduchu $15\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, teplota přívodního vzduchu $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, požadovaná měrná vlhkost přívodního vzduchu $8\text{ g}\cdot\text{kg}_{\text{sv}}^{-1}$. Souhrnné výsledky udává Tab. 3.

Tab. 3 Souhrnné výsledky hodnocení jednotek s parním vlhčením

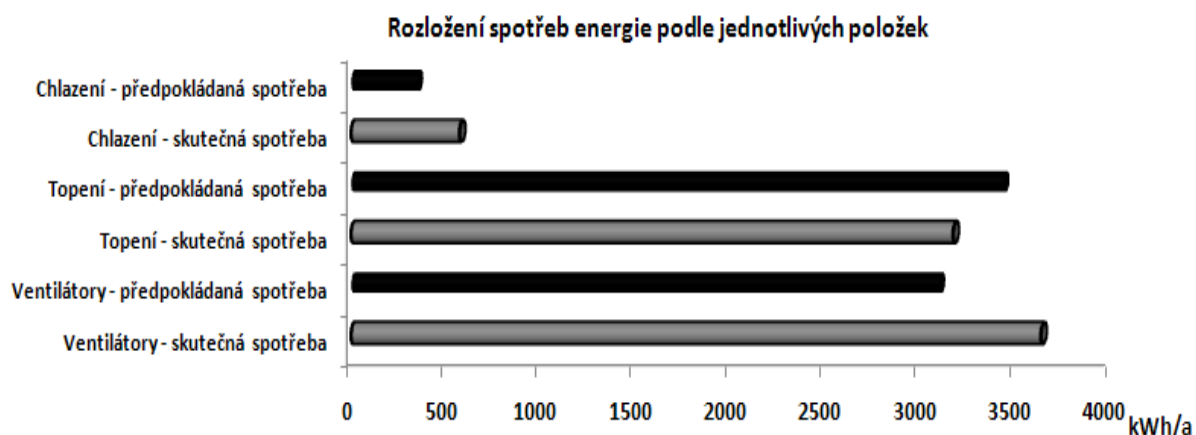
Typ ROV v jednotce	Rychlost v průřezu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	Pořizovací cena jednotky [Kč]	Příkon ventilátorů [kW]	SFP_E [$\text{W}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}$]	Třída energetické účinnosti	LCC za 15 let [Kč]
Teplotní	2,69	773 466 Kč	11,23	2 697	A	11 859 056
Vlhkostní	2,69	867 000 Kč	11,36	2 726	A	8 531 102

Z Tab. 3 plyne, že kdybychom pro hodnocení jednotek použili pouze SFP a třídy energetické účinnosti pak by se jednotky zdály technicky téměř totožné. Pokud jednotky ale analyzuje pomocí LCC, tak vidíme, že jednotka s vlhkostním ROV za 15 let provozu ušetří oproti jednotce s teplotním ROV cca 3 320 000 Kč. Návratnost zvýšené investice do jednotky s vlhkostním ROV je do 1 roku. Hlavním důsledkem použití vlhkostního kola je tedy snížení provozních nákladů, dalším přínosem je snížení potřebného elektrického příkonu pro VZT jednotku a tudíž i nižší náklady na elektroinstalaci, které nejsou součástí pořizovacích nákladů v LCC.

SLEDOVÁNÍ SPOTŘEB ENERGIE VZT JEDNOTKY BĚHEM PROVOZU

Oblastí dosud zcela opomíjenou je uživatelsky přívětivé časové sledování skutečného provozu VZT jednotek. Monitorováním provozu můžeme odhalit dodržování předpokládaných provozních režimů, detekovat neodborné zásahy do systému MaR, případně pomoci odhalit poruchy v instalacích souvisejících s VZT jednotkou. Klíčové je mít dostupný a uživatelsky přívětivý software pro takovýto monitoring provozu, který dokáže porovnat předpokládanou spotřebu energie dle projektového stavu a spotřebu vypočtenou dle skutečně naměřených dat.

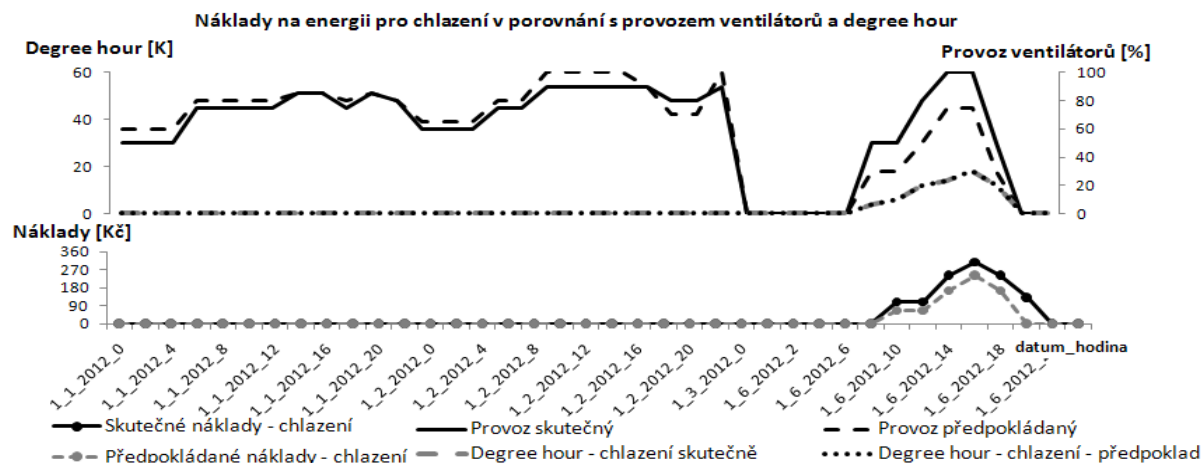
Podobně jako u posuzování energetické náročnosti, kde pouze LCC dává srozumitelné a komplexní výsledky je pro sledování provozu VZT zařízení nezbytné, aby poskytnutá data byla srozumitelná a využitelná pro účinný zásah do VZT systému. Na následujících obrázcích je demonstrován postup odhalení příčiny vyšší spotřeby energie na chlazení.



Obr. 4 Porovnání spotřeb předpokládaných a skutečných

Obr. 4 je příkladem jak specifický software navázaný na data řídicího systému VCS umožní uživateli odhalit, že ve sledovaném období dochází k vyšší spotřebě energie na chlazení, než byl projektový předpoklad. Tato zvýšená spotřeba může být způsobena jinými klimatickými

podmínkami oproti předpokladu nebo změnami v nastavených parametrech provozních stavů oproti projektu. Dle Obr. 5 poté uživatel zjistí, že požadavek na chlazení daný rozdílem vnitřní a venkovní teploty tzv. degree hour byl shodný s předpokladem ale, že ventilátory běžely na vyšší výkonový stupeň, než byl projektový předpoklad. Může pak provést analýzu příčin a příp. korigovat zásahy obsluhy či nastavení řídicího systému.



Obr. 5 Náklady na energii pro chlazení v porovnání s provozem

ZÁVĚR

LCC analýza uvažuje s dominantními vlivy na stanovení nákladů na spotřebovanou energii a poskytuje jasně představitelný výstup ve formě nákladů na provoz zařízení. Z hlediska hodnocení nákladů na provoz VZT jednotek se tento nástroj jeví jako nejobjektivnější. Nejvhodnější dobou pro využití LCC analýzy je projektová fáze a proto je významné, aby výrobce VZT jednotky důkladně ovládal metodiku výpočtu LCC a mohl poskytnout projektantovi relevantní data.

Neméně důležité je sledování provozu instalovaného zařízení pomocí uživatelsky přívětivého nástroje, které odhalí neodborný zásah do provozních režimů, a může pomoci identifikovat poruchy v souvisejících instalacích, což při včasném odhalení vede k dosažení předpokládaných spotřeb energie. V tomto ohledu je nová generace řídicího systému VCS a na něj navazující software průlomovým počinem zejména v oblasti řídicího systému pro necentrální instalace.

LITERATURA

- [1] ČSN EN 13779 Větrání nebytových budov – Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy, 2010
- [2] Recommendations for Calculations of Energy Consumption for Air Handling Units, Paris, 2005
- [3] Energy Efficiency Classification of Air Handling Units (update 30/01/2010), Paris, 2010
- [4] http://cs.wikipedia.org/wiki/Syndrom_nezdravych_budov

SEZNAM OZNAČENÍ

P_{pvm}	elektrický příkon motoru v přívodní větvi	[W]
P_{ovm}	elektrický příkon motoru v odvodní větvi	[W]
q_{max}	větší z průtoku v odvodní nebo přívodní větvi VZT jednotky	[m ³ .s ⁻¹]
f	absorbed power factor	

SEZNAM ZKRATEK

LCC	life cycle costs, náklady životního cyklu
ROV	rotační výměník zpětného získávání tepla
VZT	vzduchotechnická/ých
WHO	World Health Organization
ZZT	zpětné získávání tepla



RIZIKO VZNIKU TOXICKÉ KONCENTRACE CO PŘI PROVOZU PLYNOVÉHO SPOTŘEBIČE S PŘERUŠOVAČEM TAHU

František Drkal, Luděk Mareš

ČVUT v Praze Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí
Frantisek.Drkal@fs.cvut.cz, Ludek.Mares@fs.cvut.cz

ANOTACE

Průspěvek předkládá výpočtovou analýzu provozu plynového spotřebiče s přerušovačem tahu v prostoru se sníženou infiltrací venkovního vzduchu spárami oken. Řešení prokazuje, že důsledkem takového provozu může být pronikání spalín z přerušovače tahu spotřebiče do místnosti, kde ze spalín se hromadí oxid uhelnatý.

ÚVOD

Tendence snižování potřeby energie vedou v budovách k instalacím oken s maximálně těsnými spárami, s minimální infiltrací. U starších konstrukcí budov vznikaly (a pravděpodobně ještě vznikají) nežádoucí nadměrné tepelné ztráty při vysokém, až nežádoucím, průtoku venkovního vzduchu spárami netěsných oken do bytových prostorů.

V současné době instalací maximálně těsných oken, bez jiné koncepce větrání, se vytváří v obytných budovách opačná situace – šetří se energie, ale do bytových prostorů se nepřivádí venkovní vzduch pro větrání. Důsledky této situace jsou nejlépe pozorovatelné ve dvou oblastech.

- Na vnitřních stěnách budov, v místech tepelných mostů, dochází v zimním období ke kondenzaci vlhkosti, vzniku plísní. Souvisejícím, méně viditelným, ale prokazatelným důsledkem, nedostatečného větrání jsou zdravotní problémy populace – nárůst alergických a respiračních onemocnění [1].
- Dalším důsledkem potlačeného větrání jsou problémy, které vznikají v prostorech s plynovými spotřebiči. Vnitřní ovzduší je znehodnocováno produkty spalování plynu (převážně u otevřených spotřebičů – plynových sporáků), a u plynových spotřebičů s přerušovačem tahu (kotle, průtokových ohřivače vody) může docházet k pronikání spalín, které mají být odváděny komínem, přerušovačem tahu nebo jinými otvory v plášti kotle do vnitřního prostředí.

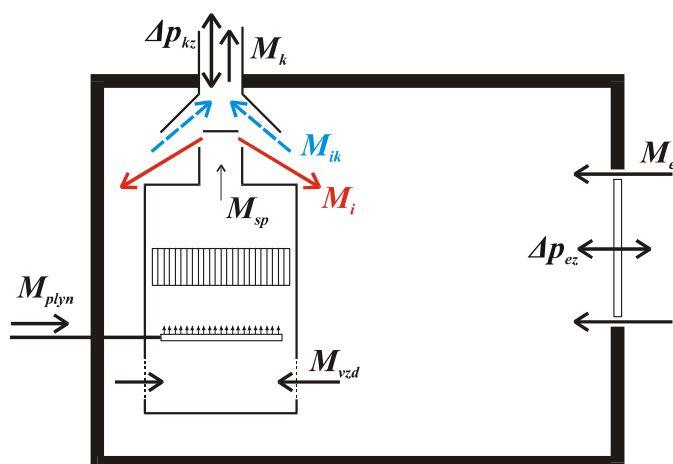
Následující text je zaměřen na poslední uvedený problém, tj. na analýzu situace, kdy mohou spaliny z přerušovače tahu pronikat do prostoru, kde je spotřebič umístěn.

PLYNOVÉ SPOTŘEBIČE S PŘERUŠOVAČEM TAHU

Technická norma ČSN 06 1002 [4] a předpis TPG 704 01 [5] rozděluje plynové spotřebiče, podle konstrukčního uspořádání, do tří provedení A, B, C. U spotřebičů provedení A (např. plynových sporáků) se vzduch pro spalování odebírá z místnosti, do níž také proudí spaliny produkované spotřebičem. Spotřebiče provedení B (např. závěsné plynové kotle, průtokové ohřivače vody) odebírají vzduch pro spalování z místnosti a vzniklé spaliny proudí do komínu. Spotřebiče provedení B s atmosférickými hořáky jsou vybavovány přerušovačem tahu. Právě tyto spotřebiče představují při instalaci v prostorech s nedostatečně zajištěným přívodem venkovního vzduchu riziko pronikání spalín do vnitřního prostoru. U spotřebičů provedení C se spalovací vzduch přivádí přímo k hořákům z venkovního prostředí potrubím a

spaliny se odvádí komínem; vnitřní prostředí, kde je spotřebič umístěn není ovlivněno spaliny, a ani přívod spalovacího vzduchu neovlivňuje větrání.

Na obr. 1 je schematicky znázorněn spotřebič provedení B s atmosférickým hořákem a přerušovačem tahu. Spalovací vzduch se přivádí k hořákům z místnosti, spaliny po průchodu výměníkem tepla jsou vedeny přes přerušovač (usměrňovač) tahu vertikálně do kouřovodu, na který navazuje komín. Přerušovač tahu propojuje spalínový prostor s vnitřním ovzduším místnosti. Účelem přerušovače tahu je zabránit, aby při zpětném proudění spalin, např. při krátkodobém negativním působení větru, nedošlo k ovlivnění funkce plynových hořáků (případně až k zhašení plamene). Zpětný průtok spalin je vyveden v přerušovači tahu do místnosti, hořáky nejsou zasaženy. Přerušovač tahu rovněž omezuje vliv proměnného tahu komína na spalování a usnadňuje počáteční provoz kotle při nulovém tahu komína. V přerušovači tahu je umístěna pojistka proti zpětnému toku spalin. Za správných funkčních podmínek se může v přerušovači tahu přisávat do komína vzduch z místnosti. Na obr. 1 je čárkovanou šipkou vyznačeno proudění vzduchu z místnosti do přerušovače tahu.



Obr. 1 Schéma proudění vzduchu a spalin
(M_i – průtok spalin do místnosti,
 M_{ik} – průtok vzduchu do komína)

RIZIKA, KTERÁ VZNIKAJÍ PŘI NESPRÁVNÉM PROVOZOVÁNÍ PLYNOVÝCH SPOTŘEBIČŮ S PŘERUŠOVAČEM TAHU

Závažné poruchy při provozu vedou k proudění spalin ze spotřebiče do prostoru, kde je umístěn, k nárůstu koncentrace oxidu uhelnatého v tomto prostoru a u osob k otravám, až smrtelným.

Zdůvodnění a vysvětlení těchto stavů, které v poslední době nejsou výjimečné, jsou publikovány. Například podle experimentů popisovaných v [2] jsou uvedeny dvě možné příčiny pronikání spalin do vnitřního prostoru:

- Znečištěný výměník tepla na straně spalin. Spaliny obtékají výměník ve spodní části, odcházejí prostorem mezi výměníkem a krytem kotle do vnitřního prostředí. Důsledkem toho nedojde k aktivaci pojistky proti zpětnému toku spalin.
- Porucha v odvodu spalin (neprůchodný kouřovod, komín, apod.) je-li kotel s průchodným výměníkem. V tomto případě spaliny prochází výměníkem, do vnitřního prostoru pronikají přes přerušovač tahu kolem čidla pojistky proti zpětnému toku spalin; při její aktivaci dojde k odstavení kotle z provozu.

Jak prokazuje předložená výpočtová analýza, existuje další možná příčina pronikání spalin do vnitřního prostoru při nesprávném provozování plynového spotřebiče. Rozborem reálného případu předkládají autoři analýzu stavu, kdy spotřebič má funkční, neznečištěný výměník, nejsou zjištěny poruchy systému odvodu spalin, ale přesto dochází k pronikání spalin do

vnitřního prostoru. Z analýzy vyplývá, že příčinou takového stavu je nedostatečný přívod venkovního vzduchu pro spalování.

KONCEPCE VÝPOČTU

Schéma proudění spalín a vzduchu u plynového spotřebiče s přerušovačem tahu je na obr. 1. a) Za správných funkčních podmínek je vzduch pro spalování M_{vzd} (množství potřebné pro spalování) přiváděn infiltrací (dostatečně dimenzovanými okenními spárami). Statický tah komínu Δp_k postačuje pro krytí tlakové ztráty komínu Δp_{kz} při průtoku spalín M_{sp} a tlakové ztráty Δp_{ez} při průtoku venkovního vzduchu (spárami oken) M_e . Neboli účinný tah komínu (statický tah zmenšený o tlakové ztráty v komíně) vytvoří v místnosti dostatečný podtlak na to, aby se infiltrací dostalo do prostoru dostatečné množství venkovního vzduchu M_e . Z místnosti se do komína přísává vnitřní vzduch o průtoku M_{ik} . Hmotnostní průtok přiváděného plynu je M_{plyn} .

Pro bilanční rovnováhu platí

$$M_k = M_{sp} + M_{ik} \quad M_{sp} = M_{plyn} + M_{vzd} \quad M_k = M_e + M_{plyn} \quad M_{vzd} = M_e - M_{ik}$$

$$M_e \geq M_{vzd} \quad \Delta p_k = \Delta p_{kz} + \Delta p_{ez}$$

b) Při vysoké těsnosti vnitřního prostoru (vysoká tlaková ztráta okenních spár Δp_{ez} se ustaví nová rovnováha průtoku vzduchu, spalín a rovnováha statického tahu komínu, tlakové ztráty komínu a tlakové ztráty oken. Vlivem vysokého Δp_{ez} se sníží průtok venkovního vzduchu spárami oken na nižší hodnotu. Protože do hořáku přichází nezměněný průtok plynu M_{plyn} , přísává si hořák také původní množství spalovacího vzduchu M_{vzd} , které zčásti tvoří přívod venkovního vzduchu spárami oken M_e a zčásti vzduch nasávaný z vnitřního prostoru, který je nahrazován spalínami o průtoku M_i (průtok M_i má opačný směr než M_{ik}) které do prostoru pronikají z přerušovače tahu, případně volnými otvory v krytu plynového spotřebiče. Pro zjednodušení se při výpočtu uvažuje vychlazení pronikajících spalín M_i na teplotu vzduchu v místnosti. Produkce spalín v hořáku je nezměněná M_{sp} . Komínem prochází zmenšený průtok spalín, což vede ke snížení teploty spalín a tím i k zmenšení statického tahu komínu na nižší hodnotu. Zmenšený průtok spalín snižuje tlakovou ztrátu komínu. Bilanční rovnováha je popsána následujícími vztahy.

$$M_k = M_{sp} - M_i \quad M_{sp} = M_{plyn} + M_{vzd} \quad M_k = M_e + M_{plyn} \quad M_{vzd} = M_e + M_i$$

$$M_e < M_{vzd} \quad \Delta p_k = \Delta p_{kz} + \Delta p_{ez}$$

Spaliny pronikající do vnitřního prostoru obsahují oxid uhelnatý, jehož koncentrace v prostoru se při provozu plynového spotřebiče cyklicky zvyšuje. Vzduch pro spalování pak obsahuje stále vyšší koncentraci CO, což zhoršuje podmínky spalování a vede k vyšší produkci CO.

Zcela hypoteticky krajní situace vzniká při provozu plynového spotřebiče provedení B s přerušovačem tahu napojeným na komín, který je umístěn v zcela těsném prostoru ($M_e = 0$). Pak $M_{vzd} = M_i$, $M_k = M_{plyn}$ - podstatná část spalín se navrací do vnitřního prostoru.

VÝPOČET

Výpočtový algoritmus byl napsán v programu Excel na základě uvedených bilančních rovnic. Výpočet se provádí iteračně pro kvazistacionární stav podle vývojového diagramu na obr. 2, naprogramován byl max. počet iteračních kroků 20, což při všech výpočtech vyhovělo.

Algoritmus zahrnuje test odchylky výsledné hodnoty proti předchozímu kroku. Výpočet dobře konvergoval, nepatrné odchylky řádu 10^{-4} (0,1 ‰) se dosáhlo již po 4 až 8 krocích.

Rozsah platnosti výpočtu, vstupní hodnoty, použité vzorce

Rozsah platnosti výpočtu

Minimální hodnota M_e byla stanovena pro podmínku, aby statický tah komínu byl kladný, tj. $\Delta p_k > 0$; při výpočtu nebyl tedy uvažován obrácený tah komínu ($\Delta p_k < 0$), kdy by se všechny spaliny dostávaly do prostoru,

Maximální hodnota M_e byla stanovena pro podmínku, aby proudění spalin M_i přerušovačem (otvory pláště kotle) směřovalo do místnosti. Opačný případ, kdy vzduch z místnosti M_{ik} proudí přerušovačem tahu do komína, nebyl pro výpočet uvažován, jde o normální, žádoucí provozní stav.

Vstupní hodnoty, použité vzorce

- Výkon kotle (kW), spotřeba plynu (objemový průtok) (m^3/h) (stav při 15 °C a 101325 Pa), objemový průtok spalovacího vzduchu (m^3/h), objemový průtok spalin (m^3/h), teplota spalin (°C) – dle technické dokumentace kotle.

- Výška komínu (m), vnitřní průměr (mm), tepelný odpor izolace komínu ($\text{m}^2\text{K/W}$) – dle projektu (skutečnosti).

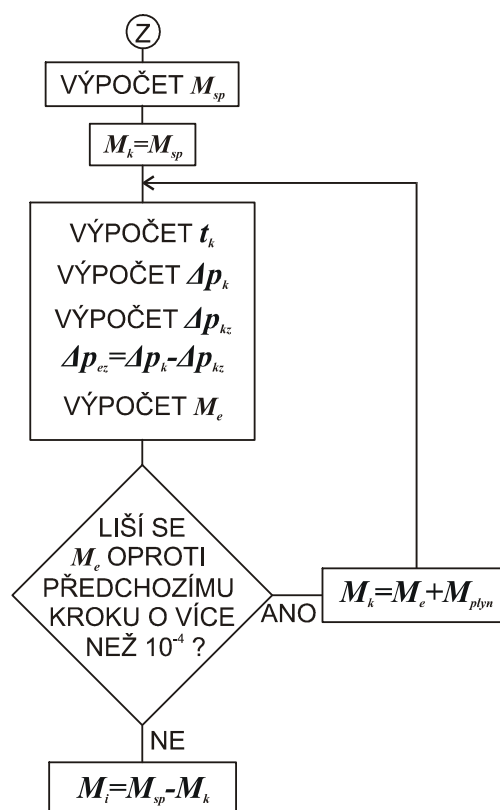
- Prostor, ze kterého plynový kotel nasává venkovní vzduch – půdorys (m^2), výška (m).
- Charakteristika okenních spár, případně dveří – referenční průvzdušnost ($\text{m}^3/\text{h m}$) podle ČSN EN 12207 při zkušební tlaku 100 Pa.
- Teplota venkovního vzduchu t_e (°C).
- Měrná tepelná kapacita spalin c_{sp} (J/kg K) je přibližně brána jako pro vzduch.
- Hustota plynu (na základě podkladů Pražské plynárenské): $0,69 \text{ kg/m}^3$ při teplotě 15 °C a tlaku 101325 Pa.
- Hustota spalin podle [3]

$$\rho_{sp} = 1,27 \frac{(273 + 15)}{273 + t_{sp}}$$

- Střední teplota spalin v komíně podle [3]

$$t_{k \text{ stř}} = t_e + \frac{1}{K} \cdot (t_{sp} - t_e) \cdot (1 - e^{-K})$$

kde ochlazovací součinitel komínu K je



Obr. 2 Vývojový diagram výpočtu

$$K = \frac{h_k \cdot \pi \cdot d_k}{R_k \cdot \dot{M}_k \cdot c_{sp}}$$

h_k (m) je výška komínu, d_k (m) - průměr komínu, R_k (m) - obvod komínu.

- Statický tah komínu

$$\Delta p_k = (\rho_e - \rho_{sp}) \cdot g \cdot h_k$$

- Hmotnostní průtok vzduchu spárami výplní otvorů (přepočet průtoku dle ČSN EN 12207)

$$M_e = \rho_e \cdot \sum (V_{1;100i} \cdot l_i) \cdot \left(\frac{\Delta p_{ez}}{100} \right)^{2/3}$$

kde $V_{1;100}$ (m³/h m) je jednotková (pro 1m délky) průvzdušnost spár při referenčním tlakovém rozdílu 100 Pa, l_i (m) - délka spár výplně otvoru.

Tlaková ztráta komínu

$$\Delta p_{kz} = \frac{\rho_{sp}}{2} \cdot \left(\frac{V_{sp}}{S_k} \right)^2 \cdot \left(\lambda \frac{h_k}{d_k} + \sum \zeta \right)$$

kde S_k (m²) je průřez komínu, λ (-) - součinitel třecích ztrát komínu, ζ (-) - součinitel ztrát místními odpory komínu.

Výsledky výpočtu

Příklad 1

Plynový kotel o výkonu 15 kW s přerušovačem tahu je umístěn v koupelně; připojený komín o průměru 120 mm má výšku 9 m. Průtok plynu 1,8 m³/h, teplota spalin 110 °C.

Půdorysné rozměry koupelny: 3 x 3 m, výška 2,65 m. Koupelna má 1 okno s klasifikační třídou 3 (průvzdušnost 2,25 m³/h m, při tlakovém rozdílu 100 Pa, délka spár 6,3 m) a 1 dveře rovněž s klasifikační třídou 3 (průvzdušnost 2,25 m³/h m, při tlakovém rozdílu 100 Pa, délka spár 5,1 m); údaje referenční průvzdušnosti jsou stanoveny podle ČSN EN 12207.

Koupelna je propojena s venkovním prostředím spárami uzavřeného okna a uzavřených dveří. Za dveřmi je prostor bytu, který je dostatečně propojen s venkovním prostředím, tj. za dveřmi koupelny se předpokládá stejný atmosférický tlak, jako za oknem. Venkovní vzduch se přivádí spárami okna koupelny a spárami dveří.

Výsledkem výpočtu je, že při teplotě venkovního vzduchu – 12 °C se 88,4 hmotnostních % spalin produkovaných kotlem ($M_i = 0,884 M_{sp}$) vrací nazpět do prostoru koupelny. Objemový průtok těchto spalin pronikajících do bytu je 73,3 m³/h při stavu za kotlem (56,1 m³/h stav odpovídající vnitřní teplotě).

Při teplotě venkovního vzduchu – 5 °C se do prostoru koupelny prakticky vrací 100 % spalin.

Příklad 2

Dispozice koupelny i kotle je stejná jako v příkladu 1. Rozdíl je v tom, že dveře koupelny jsou plně otevřeny do prostoru bytu; dveře mezi jednotlivými místnostmi v bytě jsou rovněž plně otevřeny. Byt má těsná okna s klasifikační třídou 4, tj. referenční průvzdušnost (ČSN EN 12207) je 0,75 m³/h m při tlakovém rozdílu 100 Pa, koupelna má okno v provedení totožném s příkladem 1. Venkovní vzduch se přivádí spárami všech oken – koupelny i ostatních místností bytu (délka spár ostatních místností bytu je 54,6 m).

Výsledkem výpočtu je, že 67,6 hmotnostních % spalin produkovaných kotlem se vrací nazpět do prostoru koupelny. Objemový průtok těchto spalin pronikajících do bytu je 56,1 m³/h při stavu za kotlem (42,9 m³/h při vnitřní teplotě).

Při teplotě venkovního vzduchu – 5 °C se do prostoru bytu vrací 71,5 % spalin.

Závislosti funkčních veličin

Na následujících dvou grafech jsou znázorněny, podle výsledků výpočtu, závislosti funkčních veličin bilance pro vybrané (zvolené) okrajové podmínky. V obou případech je v bytovém prostoru instalován kotel o výkonu $Q = 15$ kW, výška komínu $h_k = 9$ m, průměr komínu $d_k = 120$ mm.

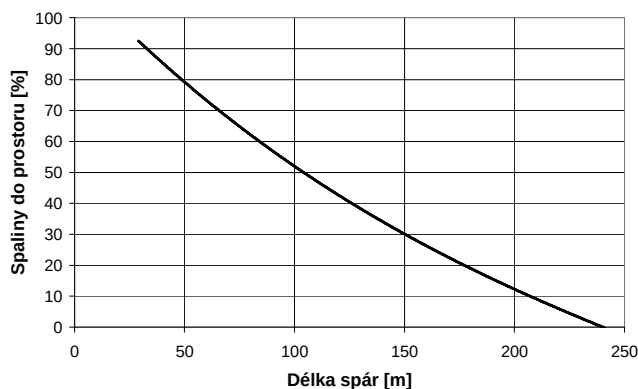
Graf na obr. 3 znázorňuje závislost průniku spalin $(M_i/M_{sp}).100$ (%) do prostoru na délce spár l (m); referenční průvzdušnost okenních spár $V_{l;100} = 0,75$ m³/h m.

Graf na obr. 4 znázorňuje závislost průniku spalin $(M_i/M_{sp}).100$ (%) do prostoru na referenční průvzdušnosti okenních spár $V_{l;100}$ (m³/h m); délka okenních spár $l = 50$ m.

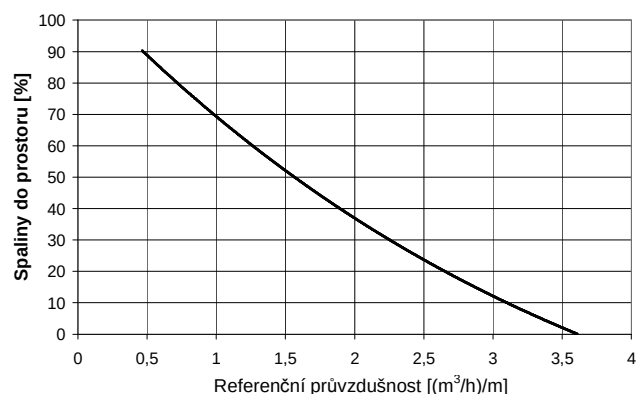
DISKUSE

Popsaná analýza vzniku rizika otravy oxidem uhelnatým se zakládá na poznatcích zjištěných při řešení reálného případu smrtelné otravy v rodinném domě. Plynový kotel s přerušovačem tahu o výkonu 24 kW byl umístěn v koupelně s jedním oknem 900x1500 mm s průvzdušností dle ČSN EN 12207 třídy 4 (velmi těsné spáry). Koupelna byla propojena těsnými dveřmi se sousední ložnicí, kde došlo k smrtelné otravě. Spaliny byly odváděny komínem o průměru 140 mm. Jednalo se o novostavbu, prakticky o nové zařízení, znečištění výměníku nebylo zjištěno. Toxická koncentrace oxidu uhelnatého vznikla v koupelně při uzavřeném okně a uzavřených dveřích. V nočních hodinách, po otevření dveří mezi koupelnou a ložnicí pronikal oxid uhelnatý o vysoké koncentraci do ložnice, kde došlo k otravě.

Při pronikání spalin do vnitřního prostoru se podmínky pro spalování na hořáku zhoršují, do spotřebiče se nasává směs plynů, která se vyznačuje sníženým obsahem kyslíku, zvýšeným obsahem oxidu uhličitého a přimíšeným oxidem uhelnatým. To zvyšuje produkci CO při spalování, důsledkem je nárůst koncentrace CO ve spalinách a zvýšená koncentrace CO v místnosti.



Obr. 3 Závislost $(M_i/M_{sp}).100$ (%) na l (m); $V_{l;100} = 0,75$ m³/h m, $Q = 15$ kW, $h_k = 9$ m, $d_k = 120$ mm



Obr. 4 Závislost $(M_i/M_{sp}).100$ (%) na $V_{l;100}$ (m³/h m); $l = 50$ m, $Q = 15$ kW, $h_k = 9$ m, $d_k = 120$ mm

Ve výše uvedeném případě byla dodatečně měřením zjišťována koncentrace oxidu uhelnatého v koupelně při uzavřeném okně a dveřích. Měřením byly zjištěny koncentrace CO za 30 min. 500 ppm, za 60 min. 1 800 ppm, za 90 min. 3 500 ppm, což jsou vysoce, smrtelně rizikové koncentrace (obr. 5).

Vdechováním oxidu uhelnatého, vazbou na hemoglobin vzniká v krvi karboxylhemoglobin (COHb). Vazba CO na hemoglobin je 250 až 300 krát silnější než vazba kyslíku; dochází tak k blokování schopnosti krve vázat a přenášet kyslík. Na obr. 5 je podle pramenů WHO, Ženeva, 1979 graf koncentrace COHb v krvi při dýchání osoby v klidu, koncentrace CO ve vdechovaném vzduchu se mění v rozsahu $C_{CO} = 50$ ppm až 5 000 ppm.

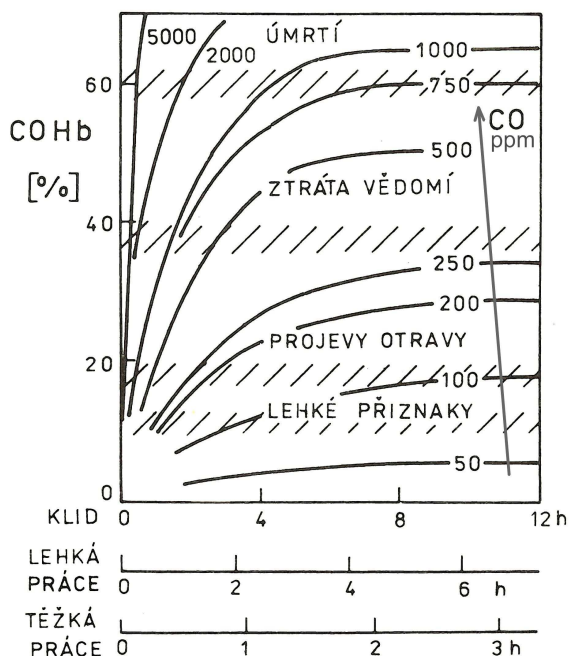
ZÁVĚR

Bilanční výpočet toku spalín a vzduchu u plynového spotřebiče provedení B s přerušovačem tahu v místnosti s nízkou, až minimální infiltrací prokázal, že může docházet k pronikání spalín s obsahem CO ze spotřebiče do místnosti. Přitom nemusí být závada na spotřebiči (znečištěný, ucpaný výměník) nebo závada na komínu (spalinové cestě). Riziko představuje těsný prostor s omezeným přístupem venkovního vzduchu pro spalování.

Podmínkám provozu plynových spotřebičů v objektech, kde se instalují těsná okna, je nutno věnovat maximální pozornost, v některých případech by spotřebiče provedení B s přerušovačem tahu vůbec neměly být použity. Pozornost této problematice by se měla věnovat i v technických pravidlech TPG 704 01.

LITERATURA

- [1] SUNDELL, J. at al. Ventilation rates and health: multidisciplinary review of the scientific literature. *Indoor air*. 21, 191-204.
- [2] BUCHTA, J. Podmínky bezpečného provozu spotřebičů kategorie B a C, 14.4.2011. Dostupné z : <<http://vytapeni.tzb-info.cz>>.
- [3] SCHRAMMEK, E.R. *Recknagel, Sprenger Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*. München: Oldenbourg Industrie Verlag, 2007. ISBN 10:3-8356-3104-7.
- [4] ČSN 06 1002 *Evropský systém třídění spotřebičů na plyná paliva podle způsobu odvádění spalín (provedení spotřebičů)*. ČNI 2006.
- [5] TPG 704 01 *Odběrná plynová zařízení a spotřebiče na plyná paliva v budovách*. GAS s.r.o. 2009.
- [6] ČSN EN 12207 *Okna a dveře – Průvzdušnost- Klasifikace*. ČNI 2001.



Obr. 5 Koncentrace C_{COHb} (%) v krvi v závislosti na koncentraci C_{CO} (ppm) při dýchání po dobu τ (min., hod) (WHO Ženeva)



POŽADAVKY NA VZDUCHOTECHNICKÉ PRVKY A PRVKY PRO ODVOD KOUŘE A TEPLA PŘI JEJICH UVEDENÍ NA TRH A ZABUDOVÁNÍ DO STAVEB V ČR

Jaroslav Dufek

PAVUS. a.s. Autorizovaná osoba 216, Notifikovaná osoba 1391

dufek@pavus.cz

ANOTACE

Prvky a systémy pro běžné a požární větrání budov, jejich bezpečná a spolehlivá funkce v podmínkách konečného použití významným způsobem ovlivňuje požární bezpečnost daného objektu. Cílem příspěvku je informovat posluchače z řad projektantů, výrobců, dodavatelských firem i orgánů státní správy na úseku požární ochrany o aktuálním stavu právních a technických předpisů, které je nutné dodržovat při uvádění uvedených výrobků na trh a při jeho zabudování do staveb v ČR.

ÚVOD

Pokud je motem této konference „Kvalitní prostředí s minimálními energetickými nároky“, tak trvalým motem z pohledu požární bezpečnosti staveb je: „Nezahynout v krizové situaci požáru, bez ohledu na energetické a investiční nároky ...“. Marná až malicherná by byla úspora finančních prostředků při navrhování, realizaci a provozování budovy, ve srovnání s cenou lidského života nebo trvale poškozeného zdraví, o znehodnocení majetku nemluvě. Cílem, takto s nadsázkou napsaného konstatování, je neopomenout při navrhování stavby její účel, dbát na správnost projektu, při realizaci nedopustit „nekvalitu“ a při uvedení zajistit plnou funkčnost celého systému po celou dobu předpokládané životnosti, za správně definovaných reálných podmínek, které mohou vzniknout při požáru.

Základním úkolem oboru požární bezpečnost staveb (dále jen PBS) je maximálně omezit riziko vzniku a šíření požáru a zabránit ztrátám na životech a zdraví osob, včetně osob provádějících požární zásah, popř. zvířat a ztrátám na majetku v případě požáru. Hlavní zásadou a nástrojem omezení šíření požáru ve stavbě je rozdělení stavby na menší části, na menší úseky, které v případě vzniku požáru v tomto úseku, dokážou odolat působení požáru po stanovenou dobu. Jedná se o požární úseky, jejichž prostor je ohraničen požárně dělicími konstrukcemi, případně požárními uzavěry, tj. konstrukcemi, které vykazují příslušnou požární odolnost. Bohužel obor větrání a klimatizace v mnohých případech tuto zásadu musí porušovat, neboť zejména vzduchotechnické rozvody procházejí budovou proto, aby zajistili správné a zdravé podmínky v daném prostoru, bez ohledu na dělení stavby na požární úseky. Např. prostupy vzduchotechnických prvků požárně dělicími konstrukcemi jsou slabými až kritickými místy PBS. Pokud stavba, ať již ve stádiu projektu, realizace nebo vlastního dalšího užívání, tyto navzájem protichůdné požadavky neřeší správně, riziko šíření požáru se zvyšuje, a tím i riziko ohrožení životů a zdraví osob, se všemi důsledky a právními odpovědnostmi za vzniklou situaci.

AKTUÁLNÍ STAV PRÁVNÍCH A TECHNICKÝCH PŘEDPISŮ

Základní požadavky na stavby jsou stanoveny v právních předpisech a podrobněji rozpracovány v technických normách. Každá stavba musí být navržena a provedena tak, aby byla při respektování hospodárnosti vhodná pro určené využití a aby současně splňovala základní požadavky. Základními požadavky na stavby jsou:

- Mechanická odolnost a stabilita;
- **Požární bezpečnost;**
- Ochrana zdraví osob a zvířat, zdravých životních podmínek a prostředí;
- Ochrana proti hluku;
- Bezpečnost při užívání;
- Úspora energie a tepelná ochrana.

Tyto základní požadavky vycházejí z evropské směrnice pro stavební výrobky (CPD) [1], a jsou dále zpracovány do právních předpisů jednotlivých členských zemí EU. V ČR se tyto požadavky promítají např. v [2], [3] a [4].

Stavební zákon ve svém §156 uvádí, že pro stavbu proto mohou být navrženy a použity jen takové výrobky, materiály a konstrukce, jejichž vlastnosti z hlediska způsobilosti stavby pro navržený účel zaručují, že stavba při správném provedení a běžné údržbě po dobu předpokládané existence splní požadavky na mechanickou odolnost a stabilitu, **požární bezpečnost**, hygienu, ochranu zdraví a životního prostředí, bezpečnost při udržování a užívání stavby včetně bezbariérového užívání stavby, ochranu proti hluku a na úsporu energie a ochranu tepla.

Výrobky pro stavbu, které mají rozhodující význam pro výslednou kvalitu stavby a představují zvýšenou míru ohrožení oprávněných zájmů, jsou stanoveny a posuzovány podle zvláštních právních předpisů. Těmito zvláštními předpisy jsou [3], [4] a [5].

Přestože dne 24. dubna 2011 vstoupilo v platnost nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č.305/2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh, a kterým se zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS [6], vybrané části předpisu se použijí až od 1. července 2013, kdy toto nařízení plně nahradí směrnicí (CPD) [1]. V polovině příštího roku proto dojde k úplnému přechodu z tzv. CPD na tzv. CPR. Změnou těchto předpisů lze předpokládat mnoho času stráveného nad novým zněním CPR, pochopením změn mezi již zažitou CPD a novou CPR, jejich uvedením do života a správnou aplikací. Jako příklad lze uvést, že výrobce již nebude vydávat tzv. „prohlášení o shodě“, ale bude vydávat „prohlášení o vlastnostech“ svého výrobku. Nezmění se však zásada, že u výrobků, které představují zvýšenou míru ohrožení oprávněných zájmů, a to vzduchotechnické prvky a prvky pro odvod kouře a tepla jsou, bude nutné posoudit vlastnosti nezávislou, třetí stranou, autorizovanou případně notifikovanou osobou ve smyslu zákona č. 22/1997 Sb. [5].

V současné době zde existují vedle sebe dva právní předpisy, podle kterých se posuzuje shoda zmiňovaných výrobků a tím jsou nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, ve znění nařízení vlády č. 312/2005 Sb. [4] a nařízení vlády č. 190/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na stavební výrobky označované CE. Podle kterého předpisu se v konkrétním případě daného prvku postupuje, rozhoduje skutečnost, zda pro dané prvky (výrobky) existuje harmonizovaná evropská norma. Harmonizovaná evropská norma je norma, která byla vyhlášena v evropském Věstníku (Official Journal of the European Union). V tomto vyhlášení je také stanoveno přechodné období, tj. období od kdy je již možné postupovat v procesu posuzování shody uvedeným v příloze ZA této normy a docílit značky shody CE a od kdy je již nutné postupovat tímto způsobem a pro výrobce povinné označovat výrobky značkou shody CE, před jejich uvedením na trh.

Přehled předpisů a technických norem výběru vzduchotechnických prvků ukazuje tabulka 1. Přehled předpisů a technických norem prvků pro odvod kouře a tepla ukazuje tabulka 2

Tab. 1 Přehled předpisů a technických norem výběru vzduchotechnických prvků

Prvek/součást systému	Posuzování shody podle	Výrobková norma	Zkušební norma, klasifikační norma, norma na rozšířené aplikace	Poznámka
Požárně odolná vzduchotechnická potrubí	[4]	Zatím pouze v návrhu prEN 15871	ČSN EN 1366-1, ČSN EN 13501-3, ČSN EN 15882-1	
Požární klapky	[3]	ČSN EN 15650	ČSN EN 1366-2, ČSN EN 13501-3, prEN 15882-5	Od 2012-09-01 povinné označení CE

Tab. 2 Přehled předpisů a technických norem prvků pro odvod kouře a tepla

Prvek/součást systému	Posuzování shody podle	Výrobková norma	Zkušební norma, klasifikační norma, norma na rozšířené aplikace	Poznámka
Kouřové zábrany	[3]	ČSN EN 12101-1	ČSN EN 12101-1, ČSN EN 1363-1, ČSN EN 1634-3, ČSN EN 13501-4	Od 2008-09-01 povinné označení CE
Odtahová zařízení pro přirozený odvod kouře a tepla	[3]	ČSN EN 12101-2	ČSN EN 12101-2, ČSN EN 1363-1, ČSN EN 13501-4	Od 2006-09-01 povinné označení CE
Ventilátory pro nucený odvod kouře a tepla	[3]	ČSN EN 12101-3	ČSN EN 12101-3, ČSN EN 1363-1, ČSN EN 13501-4	Od 2005-04-01 povinné označení CE
Potrubí pro odvod kouře	[3]	ČSN EN 12101-7	ČSN EN 1366-8, ČSN EN 1366-9, ČSN EN 13501-4	Od 2013-02-01 povinné označení CE
Klapky pro odvod kouře	[3]	ČSN EN 12101-8	ČSN EN 1366-10, ČSN EN 13501-4	Od 2013-02-01 povinné označení CE
Zásobování energií zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla v budovách.	[3]	ČSN EN 12101-10	ČSN EN 12101-10	Od 2012-05-01 povinné označení CE

ÚČEL ZABUDOVÁNÍ VE STAVBĚ

Běžné větrání

Systémy vytápění, větrání a klimatizace (HVAC). Účel těchto zařízení v objektech je zřejmý, vytvořit zdravé a příjemné prostředí a pohodu v daném prostoru. Příjemnou teplotu s dostatečným množstvím okysličeného a správně vlhkého vzduchu, bez prachu a pachu, bez nepříjemných pocitů z rychlosti proudění vzduchu a to vše při zajištění únosné energetické náročnosti nebo spíše nenáročnosti. Tyto systémy jsou dnes již velmi propracované a jejich technologická úroveň, jejich složitost a požadavky na jejich řízení (měření a regulaci) závisí

na druhu objektu. Zjednodušeně řečeno mají přivádět, upravovat případně odvádět a/nebo distribuovat vzdušinu a to skrze celý objekt. Tyto požadavky z pohledu vzduchotechniky jsou však v mnohdy v kontradikci s požadavky na požární bezpečnost stavby, na celistvost konstrukcí jednotlivých požárních úseků. Systémy pro běžné větrání mohou dodávat vzduch do oblasti požáru a napomáhat tak hoření, nebo mohou rychle přenášet kouř do prostorů, které nejsou v oblasti zasažené požárem. V případě požáru se zpravidla uzavírají. Systémy HVAC však mohou být často modifikovány tak, aby pomáhaly při zábraně šíření kouře, nebo mohou být použity v součinnosti se zařízením pro dodávku vzduchu a/nebo s odvětrávacím zařízením pracujícím na principu rozdílu tlaku.

Požární větrání budov - Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla

Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla se používá k ochraně osob, budov a/nebo zařízení budov před účinky kouře a tepla v případě požáru. Nejběžnějšími zařízeními jsou větrací zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla (SHEVS) a zařízení pracující na základě rozdílu tlaků.

Větrací zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla (SHEVS) odstraňuje kouř a teplo a vytváří nad podlahou vrstvu bez kouře, čímž zlepšuje podmínky pro bezpečný únik a/nebo záchranu osob i zvířat, zvyšuje ochranu majetku a umožňuje hašení požáru již v jeho počátečním stádiu. Toto zařízení také odvádí horké plyny uvolňované při požáru v jeho rozvinutém stádiu.

Používání větracích zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla, vytvářejících pod vznášející se vrstvou kouře prostor bez kouře, se velmi rozšířilo. Obecně je uznáván jejich význam při evakuaci osob ze stavebních objektů a při snižování požárních a finančních škod tím, že zabraňují hromadění kouře, usnadňují hašení, snižují teploty stropu a střech a zpomalují šíření požáru v příčném směru. Aby však mohlo být těchto výhod dosaženo, musí tato zařízení po celou dobu technického života instalace plně a spolehlivě pracovat vždy, kdy je to potřeba. Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla je vyhrazeným požárně bezpečnostním zařízením určeným pro plnění pozitivní úlohy v případě požáru.

Větrací zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla pomáhá:

- udržovat únikové a přístupové cesty bez kouře;
- vytvářením vrstvy bez kouře usnadňovat hašení požáru;
- oddálit a/nebo zabránit celkovému vzplanutí a tím plnému rozvoji požáru;
- chránit budovy, zařízení a vybavení;
- snižovat při požáru tepelný účinek na konstrukční prvky;
- snižovat škody způsobené zplodinami tepelného rozpadu a horkými plyny.

Zařízení pracující na principu rozdílu tlaků se používají k oddělení prostor od místa požáru buď zvýšením tlaku v prostoru bez požáru, nebo snížením tlaku v místě požáru, aby se omezilo nebo zabránilo průtoku kouře a tepla do sousedních prostorů. Obvyklým použitím by mohlo být zvyšování tlaku v únikové schodištní šachtě, aby se chránily vodorovné únikové cesty.

V zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla se může použít zařízení pro přirozený nebo nucený odvod kouře a tepla v závislosti na navrženém systému.

Samostatnou podskupinu tvoří problematika větrání chráněných únikových cest podle požadavků návrhových norem požární bezpečnosti staveb v ČR (viz další příspěvky).

PRVKY A SYSTÉMY

Běžné větrání

Systém se skládá z jednotlivých prvků systému a pro běžné větrání jsou z pohledu požární bezpečnosti stavby nejvýznamnějšími prvky požárně odolné potrubí a požární klapky.

Požárně odolné potrubí

Je to potrubí používané pro rozvod nebo odvod vzduchu a provedené tak, aby zajišťovalo určitý stupeň požární odolnosti. Jsou definovány následující třídy:

EI 15	20	30	45	60	90	120	180	240
-------	----	----	----	----	----	-----	-----	-----

E 30	60
------	----

Klasifikace uvádí, zda jsou splněna kritéria při požáru uvnitř potrubí nebo při požáru vně potrubí nebo z obou směrů a zda toto platí pro svislou či vodorovnou orientaci, nebo pro obě. Doplnující značky vyjadřující směr působení požáru na potrubí „i → o“, „o → i“ nebo „i ↔ o“ se používají spolu s označením „ve“ a/nebo „ho“ pro označení polohy a orientace (vertikální a horizontální).

Například klasifikace EI 30 (ve ho i ↔ o) označuje požárně odolné potrubí schopné zachovat celistvost a tepelnou izolaci po dobu 30 minut při požáru uvnitř potrubí směrem ven i obráceně, při požáru vně potrubí směrem dovnitř, při svislé i vodorovné poloze.

Při splnění kritéria kouřotěsnosti se připojuje klasifikace S. Vychází se přitom ze zkoušky těsnosti - vyhovuje/ nevyhovuje. Například klasifikace EI 30 (ve ho i ↔ o) S označuje potrubí se stejnými vlastnostmi jako výše, ale splňující kromě toho i kritérium kouřotěsnosti $10 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$.

Požární klapka

Požární klapka je pohyblivý uzávěr v potrubí nebo mimo potrubí, nebo osazený v požárně dělicím prvku (konstrukci) nebo mimo něj, bránící průchodu požáru. Jsou definovány následující třídy:

EI 15	20	30	45	60	90	120	180	240
-------	----	----	----	----	----	-----	-----	-----

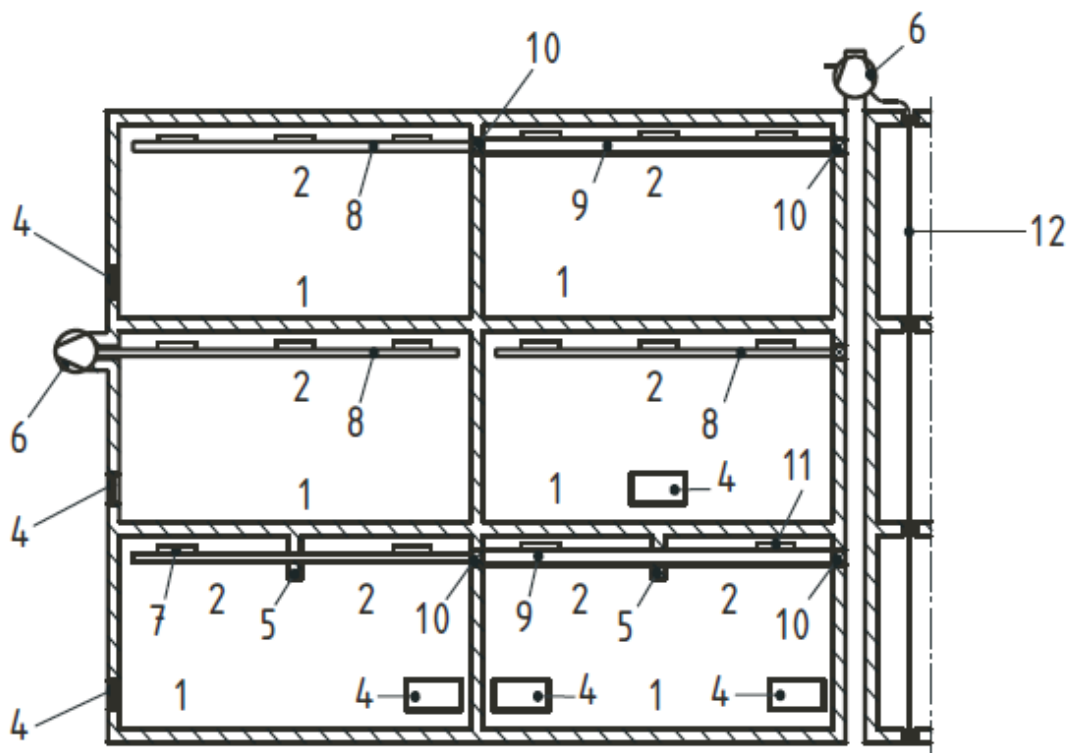
E 30	60	90	120
------	----	----	-----

Klasifikace uvádí, zda jsou splněna kritéria chování při požáru pouze z jedné strany klapky nebo z obou stran klapky a zda platí pro svislou či vodorovnou orientaci, nebo pro obojí. Doplnující značky „i → o“, „o → i“ nebo „i ↔ o“ se používají spolu s označením „ve“ a/nebo „ho“ pro označení orientace. Například klasifikace EI 30 (ve ho i ↔ o) označuje klapku schopnou zachovat celistvost a tepelnou izolaci po dobu 30 minut z obou stran, při svislé i vodorovné poloze.

Při splnění kritéria kouřotěsnosti při okolní teplotě se připojuje klasifikace S. Vychází se přitom ze zkoušky těsnosti. Například klasifikace EI 30 (ve ho i ↔ o) S označuje klapku se stejnými vlastnostmi jako výše, ale splňující kromě toho i kritérium kouřotěsnosti $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$.

Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla

Příklad celého systému nuceného větrání a jeho jednotlivé prvky (komponenty) ukazuje názorně následující obrázek.



Legenda:

- 1 Požární úsek
- 2 Prostor zakouření / kouřová zóna
- 4 Otvor pro přívod vzduchu
- 5 Kouřové zábrany (ČSN EN 12101-1)
- 6 Ventilátory pro nucený odvod kouře a tepla (ČSN EN 12101-3)
- 7 Klapky pro odvod kouře a tepla z jednoho úseku (ČSN EN 12101-8 a ČSN EN 1366-10)
- 8 Potrubí pro odvod kouře a tepla z jednoho úseku (ČSN EN 12101-7 a ČSN EN 1366-9)
- 9 Potrubí pro odvod kouře a tepla z více úseků (ČSN EN 12101-7 a ČSN EN 1366-8)
- 10 Klapky pro odvod kouře a tepla z více úseků (ČSN EN 12101-8 a ČSN EN 1366-10) instalované uvnitř nebo vně stěny nebo podlahy
- 11 Klapky pro odvod kouře a tepla z více úseků (ČSN EN 12101-8 a ČSN EN 1366-10) instalované na povrchu potrubí
- 12 Elektrické zařízení

Obr. 1 Příklad celého systému nuceného větrání a jeho jednotlivé prvky

Komponenty zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla se instalují jako součást patřičně navrženého systému.

Kouřové zábrany

Kouřová zábrana je zařízení pro směřování, zadržení a/nebo zabránění pohybu kouře (zplodin hoření). Funkcí kouřových zábran je usměrňovat pohyb zplodin požáru ve stavebních objektech vytvořením překážky. Funkce pohyblivých nebo manuálně aktivovaných kouřových zábran je stejná jako nepohyblivých kouřových zábran, ale mají také schopnost být zataženy a zakryty, pokud nejsou v provozu.

Rozlišují se dvě klasifikační třídy kouřových zábran. První skupinou jsou zábrany zkoušené při konstantní teplotě 600 °C navazující na normovou křivku teplota/čas. Tyto zábrany se označují písmenem „D“ a číslicí vyjadřující dobu v minutách. Příklad: D₆₀₀ 90. Druhou

skupinou jsou kouřové zábrany, zkoušené při teplotě odpovídající normové křivce teplota/čas. Označují se písmeny „DH“ a opět číslicí vyjadřující dobu v minutách. Příklad: DH₆₀₀ 30.

Odtahové větrací zařízení pro přirozený odvod kouře a tepla

Odtahové větrací zařízení pro přirozený odvod kouře a tepla je zařízení sloužící k odvodu kouře a tepla vznikajícího při požáru mimo objekt. Může být také dvojúčelové, tzn., že umožňuje jeho použití k běžnému (tj. každodennímu) větrání.

Podle odolnosti vůči teple se větrací zařízení klasifikuje do jedné z následujících tříd: B 300, B 600 nebo B A. Označení 300, 600 a A představuje teplotu (v °C), při které je větrací zařízení zkoušeno. Příklad označení B₆₀₀ 30.

Ventilátory pro nucený odvod kouře a tepla

Ventilátory pro nucený odvod kouře a tepla jsou ventilátory, které jsou pro omezenou dobu vhodné pro dopravu horkých plynů. Ventilátory se třídí do jedné nebo více z následujících tříd použití:

- izolované nebo neizolované;
- do zakouřeného nebo nezakouřeného prostoru;
- dvojfunkční nebo používaný pouze pro nouzový stav;
- požadující potrubní přívod chladicího vzduchu.

Ventilátory se zkouší při zvolené konstantní teplotě po stanovenou dobu. Označují se písmenem „F“, teplotou, při které byly zkoušeny a dobou, po kterou byly zkoušeny. Příklad označení: F₄₀₀ 90, znamená, že ventilátor vyhověl zkoušce po dobu 90 min při teplotě 400 °C.

Potrubí pro odvod kouře a tepla

Existují dvě kategorie potrubí pro odvod kouře, potrubí pro více úseků a potrubí pro jeden úsek.

Potrubí pro odvod kouře a tepla z jednoho úseku se zkouší z vnitřku i z vnějšku při konstantní teplotě 300 °C nebo 600 °C, navazující na normovou křivku teplota/čas, po stanovenou dobu 30, 60, 90 nebo 120 min. Dále se stanovuje tlakový rozdíl zevnitř vně a svislá a vodorovná orientace. Příklad označení E₆₀₀ 60 (ho) S500single, znamená, že potrubí vyhovuje kritériu celistvosti při teplotě 600 °C, po dobu 60 min, je vhodné pro vodorovné použití (ho), vyhovuje přísnějšímu požadavku na kouřotěsnost (S), je vhodné pro rozsah od podtlaku -500 Pa až do přetlaku +500 Pa, je určeno pro použití pouze pro jeden úsek.

Potrubí pro odvod kouře a tepla z více úseků se zkouší při expozici normovou křivkou teplota/čas z vnitřku, normovou křivkou teplota/čas z vnějšku, tlakovým rozdílem zevnitř vně a při svislé a/nebo vodorovné orientaci. Příklad označení „ EI 30 (ve - ho) 1000multi, znamená, že potrubí vyhovuje kritériu celistvosti při teplotě normové křivce teplota/čas, po dobu 30 min, je vhodné pro svislé i vodorovné použití (ve - ho), nevyhovuje přísnějšímu požadavku na kouřotěsnost (S), je vhodné pro rozsah od podtlaku -1000 Pa až do přetlaku +500 Pa, je určeno do použití pro více úseků.

Klapky pro odvod kouře a tepla

Obdobně jako u potrubí pro odvod kouře i u klapek pro odvod kouře existují dvě kategorie klapek pro odvod kouře.

Klapky pro odvod kouře a tepla z jednoho úseku se zkouší při expozici konstantní teplotou 300 °C nebo 600 °C, při daném tlakovém rozdílu a ve vodorovném potrubí. Příklad označení „E₃₀₀ 60 (h₀ -i↔o) S500C₃₀₀MAsingle“ znamená, že klapka vyhovuje kritériu celistvosti při

teplotě 300°C, po dobu 60 min, je vhodná pro montáž ve vodorovném potrubí (h_0), vyhovuje pro expozici požárem z obou stran, vyhovuje přísnějšímu požadavku na kouřotěsnost (S), je vhodná pro rozsah od podtlaku -500 Pa až do přetlaku +500 Pa, je vhodná pro použití pouze v zařízeních pro odvod kouře, vhodná i pro ruční (manuální) spuštění, je určena pro použití pouze pro jeden úsek.

Klapky pro odvod kouře a tepla z více úseků se zkouší při expozici normovou křivkou teplota/čas, daném talkovém rozdílu, svislé a vodorovné orientaci. Příklad označení „EI 60 ($v_{edw} - i \rightarrow o$) S500C₃₀₀AAmulti“ znamená, že klapka vyhovuje kritériu celistvosti i izolace při teplotě podle normové křivky teplota/čas, po dobu 60 min, je vhodná pro montáž ve svislé orientaci s instalací do potrubí i do stěny (v_{edw}), vyhovuje pro expozici požárem zevnitř ven, vyhovuje přísnějšímu požadavku na kouřotěsnost (S), je vhodná pro rozsah od podtlaku -500 Pa až do přetlaku +500 Pa, je vhodná pro použití pouze v zařízeních pro odvod kouře, vhodná pouze pro automatické spuštění, je určena pro použití pouze pro více úseků.

ZÁVĚR

Jak bylo v úvodu konstatováno, požární bezpečnost daného objektu významným způsobem ovlivňují prvky a systémy pro běžné a požární větrání budov. Jejich správná, bezpečná a spolehlivá funkce v podmínkách požáru rozhoduje o životech osob. Jedním ze základních předpokladů spolehlivě fungujícího systému běžného větrání i požárního větrání je stavba systému z prvků, které splňují příslušné technické požadavky, které byly ověřeny nezávislou akreditovanou a autorizovanou osobou. Výrobce má za povinnost vydat prohlášení o shodě, které je založeno na certifikaci výrobku procesem, při kterém se vlastnosti zjišťují počáteční zkouškou typu a dále posouzením a schválením systému řízení výroby u výrobce. Výrobky se požárně klasifikují podle evropských klasifikačních norem. Národní informativní databázi takto klasifikovaných výrobků lze najít na www.pavus.cz. Na druhou stranu sebe kvalitnější vyzkoušené a certifikované prvky nesplní svou úlohu v systému, pokud bude systém chybně a nekvalifikovaně navržen, např. rozdílně od podmínek jejich konečného použití ve stavbě, z neznalosti jejich chování v podmínkách požáru. Obrovský vliv na výsledek snažení výrobců jednotlivých prvků a projektantů systému má samozřejmě také firma instalující systém. Tím, že funkci systému ve stavbě nelze vyzkoušet v podmínkách požáru, je role a zodpovědnost výrobce, projektanta i montážní organizace o to významnější.

LITERATURA

- [1] Směrnice Rady 89/106/EHS ze dne 21. prosince 1988 o sbližování právních a správních předpisů členských států týkajících se stavebních výrobků;
- [2] Zákon č.183/2006 Sb., ze dne 14. března 2006 o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů
- [3] Nařízení vlády č. 190/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na stavební výrobky označované CE, ve znění nařízení vlády č. 251/2003 Sb. a nařízení vlády č. 128/2004 Sb.
- [4] Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, ve znění nařízení vlády č. 312/2005 Sb.
- [5] Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- [6] Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č.305/2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS.
- [7] ČSN EN 1366-1 Zkoušení požární odolnosti provozních instalací - Část 1: Vzduchotechnická potrubí, 12/1999

- [8] ČSN EN 1366-2 Zkoušení požární odolnosti provozních instalací - Část 2: Požární klapky, 12/1999
- [9] ČSN EN 1366-8 Zkoušení požární odolnosti provozních instalací - Část 8: Potrubí pro odvod kouře, 12/2004
- [10] ČSN EN 1366-9 Zkoušení požární odolnosti provozních instalací - Část 9: Potrubí pro odvod kouře z jednoho úseku, 10/2008
- [11] ČSN EN 1366-10 Zkoušky požární odolnosti provozních instalací - Část 10: Klapky pro odvod kouře, 09/2011
- [12] ČSN EN 13501-3+A1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 3: Klasifikace podle výsledků zkoušek požární odolnosti výrobků a prvků běžných provozních instalací: požárně odolná potrubí a požární klapky, 02/2010
- [13] ČSN EN 13501-4+A1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 4: Klasifikace podle výsledků zkoušek požární odolnosti prvků systémů pro usměrňování pohybu kouře, 02/2010
- [14] ČSN EN 15882-1 Rozšířená aplikace výsledků zkoušek požární odolnosti provozních instalací – Část 1: Požárně odolná vzduchotechnická potrubí, 05/2012
- [15] ČSN EN 12101-1 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla - Část 1: Technické podmínky pro kouřové zábrany, 02/2006
- [16] ČSN EN 12101-2 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla - Část 2: Technické podmínky pro odtahové zařízení pro přirozený odvod kouře a tepla, 04/2004
- [17] ČSN EN 12101-3 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla - Část 3: Technické podmínky pro ventilátory pro nucený odvod kouře a tepla, 05/2003
- [18] ČSN EN 12101-7 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla - Část 7: Potrubí pro odvod kouře, 10/2011
- [19] ČSN EN 12101-8 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla - Část 8: Klapky pro odvod kouře, 10/2011
- [20] ČSN EN 12101-10 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla - Část 10: Zásobování energií, 05/2006
- [21] PAVUS, a.s. *Domovská stránka*, aktualizováno 15. 4. 2012. Dostupné z: <<http://www.pavus.cz>>.



PŘETLAKOVÉ VĚTRÁNÍ CHRÁNĚNÝCH ÚNIKOVÝCH CEST PODLE ČSN EN 12101-6

Jana Elstnerová

BSH - KLIMA CZ, s. r. o.

j.elstnerova@bsh-klima.cz

ANOTACE

Článek informuje o tom, proč a jak řešit přetlakové větrání chráněných únikových cest (dále také zkratka CHÚC).

ÚVOD

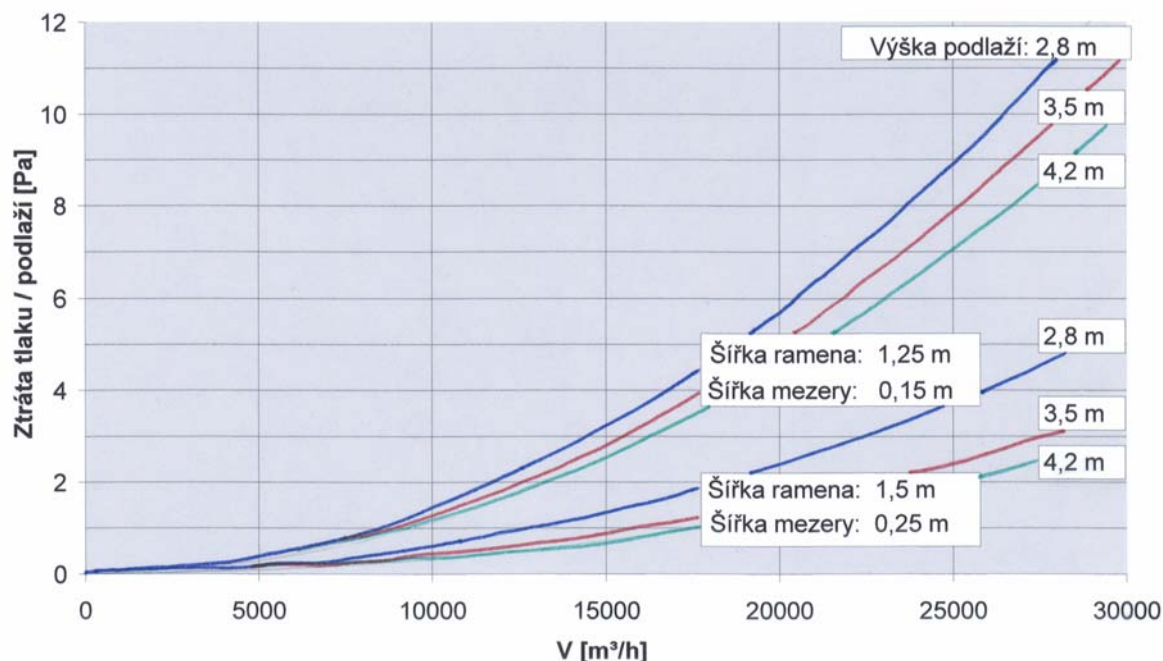
Současná doba se vyznačuje rychlým tempem ve vývoji vědy a techniky, kterého následkem jsou nové výrobky, vyrobené novými technologiemi a z nových materiálů. Tato skutečnost má za následek nové přístupy k jejich užívání a také k jejich plánované bezpečné likvidaci. „*Nové přístupy*“ znamenají nové předpisy a normy, které jsou dnes vytvářeny a přijímány stejně rychlým tempem jakým je vývoj vědy a techniky. Nové právní předpisy řeší také jejich neplánovanou a nebezpečnou likvidaci, jakou je požár. Protože ze statistik požárů vyplývá, že v současnosti více než polovina úmrtí při požárech je způsobená právě toxickými látkami vznikajícími při nedokonalém spalování, bylo potřeba úplně změnit způsob ochrany lidí v době úniku a požárního zásahu. Dimenzovat chráněnou únikovou cestu pouze na přípustné koncentrace kyslíčnicku uhelnatého neodpovídá dnešní realitě. Další jedovaté zplodiny hoření jako je kyanovodík, formaldehyd, halogenovodíky, oxidy dusíku a jiné působí tak, že svým účinkem již při malých koncentracích ztěžují únik z ohroženého prostoru. Z tohoto důvodu se norma ČSN EN 12101-6 pro větrání chráněných únikových cest nezabývá ředěním kouře, ale stanovuje kritéria pro udržení chráněných únikových cest bez kouře. Tato kritéria neřeší absolutně všechny stavy, které mohou v době požáru nastat, ale řeší nejobvyklejší stavy při požárním zásahu a evakuaci lidí z různých typů budov posuzovaných či už z hlediska způsobu užívání, nebo dispozičního řešení.

KRITÉRIA PRO UDRŽENÍ CHRÁNĚNÝCH ÚNIKOVÝCH CEST BEZ KOUŘE A UMOŽNĚNÍ ÚNIKU VŠEM BEZ OHLEDU NA JEJICH FYZICKOU KONDICI

Kritérium 50 Pa pro rozdíl tlaků při všech dveřích zavřených

Rozdíl tlaků mezi schodištěm se zvýšeným tlakem a prostorem bez zvýšeného tlaku nesmí být menší než **50 Pa ± 10 %** při všech dveřích zavřených a otevřeném otvoru pro únik vzduchu z podlaží, ve kterém se předpokládá požár. Tolerance ± 10 % je určena pro nepřesnost měření při přejímacích zkouškách. Rozdíl tlaků 50 Pa se musí změřit přes každé dveře oddělující prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku. Toto kritérium platí pro všechny třídy zařízení A, B, C, D, E a F. Kritérium pro rozdíl tlaků 50 Pa ovlivňuje sílu potřebnou pro otevření dveří 100 N, a proto je potřeba aby tato dvě kritéria byla spočítána ve vzájemném souladu. Z výpočtu tlakové ztráty schodišťové šachty určíme reálné hodnoty dosažených přetlaků na úrovni jednotlivých podlaží objektu. (viz Obr. 1) Nejvyšší dosažená hodnota přetlaku v CHÚC musí být menší, než naše vypočítaná hodnota povoleného přetlaku vycházející z kritéria síly pro otevření dveří 100 N. Z této hodnoty síly vycházíme při určení velikosti přetlaku, při kterém tlak regulující klapka otvírá a zavírá. V případě že rozdíl maximálního a minimálního přetlaku je větší než hodnota povolené tolerance ± 10 % posílíme úniky na jednotlivých patrech přetlakovými ventily. Tyto dodatečné úniky s nastavitelným množstvím vzduchu musíme započítat do celkové hodnoty úniku vzduchu netěsnostmi.

Tlaková ztráta při průtoku vzduchu schodišťovou šachtou pro jedno podlaží [Pa] (bez zábradlí)



Obr. 1 Tlaková ztráta při průtoku vzduchu schodišťovou šachtou pro jedno podlaží.

Kritérium 10 Pa pro rozdíl tlaků při určených dveřích otevřených

Pro zařízení třídy C, D a E platí, že rozdíl tlaků mezi schodištěm se zvýšeným tlakem a prostorem bez zvýšeného tlaku nesmí být menší než **10 Pa $\pm$ 10 %** při určených dveřích otevřených. Tolerance $\pm 10 \%$ je opět určena pro nepřesnost měření při přejímacích zkouškách. Rozdíl tlaků 10 Pa se musí změřit opět přes dveře oddělující prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku. Pro třídu zařízení C musí být rozdíl tlaků 10 Pa změřen na zavřených dveřích mezi prostory bez zvýšeného tlaku a prostorem se zvýšeným tlakem při koncových únikových dveřích otevřených a otevřeném otvoru pro únik vzduchu z podlaží, kde se předpokládá požár. Pro třídu zařízení D musí být rozdíl tlaků 10 Pa změřen na zavřených dveřích mezi prostory bez zvýšeného tlaku a prostorem se zvýšeným tlakem při koncových únikových dveřích otevřených, jedné dveřích na podlaží bez požáru otevřených a otevřeném otvoru pro únik vzduchu z podlaží, kde se předpokládá požár. Pro třídu zařízení E musí být rozdíl tlaků 10 Pa změřen na zavřených dveřích mezi prostory bez zvýšeného tlaku a prostorem se zvýšeným tlakem při koncových únikových dveřích otevřených, dveřích na dvou sousedních podlažích nacházejících se nad podlažím s požárem otevřených a otevřeném otvoru pro únik vzduchu z podlaží, kde se předpokládá požár. Názorné obrázky jsou v normě [1] a také budou vysvětleny při přednášce na konferenci.

Kritérium pro průtok vzduchu

Toto kritérium není stejné pro únikové a zásahové cesty. Pro únikové cesty je stanovena rychlost průtoku vzduchu dveřním otvorem **min. 0,75 m/s** a pro zásahové cesty **min. 2,0 m/s**. Potřebná rychlost vzduchu závisí na rozdílu teplot v otevřených dveřích do užitého prostoru s požárem. Měření rychlosti průtoku vzduchu v závislosti na rozdílu teplot, které provedl Dr. John (viz Obr. 2) se shodují s hodnotami stanovenými evropskou normou ČSN EN 12101-6. Pro únikové cesty tříd A a C platí stejné kritérium pro průtok vzduchu. Prívod vzduchu do chráněné únikové cesty musí dostávat pro udržení rychlosti průtoku

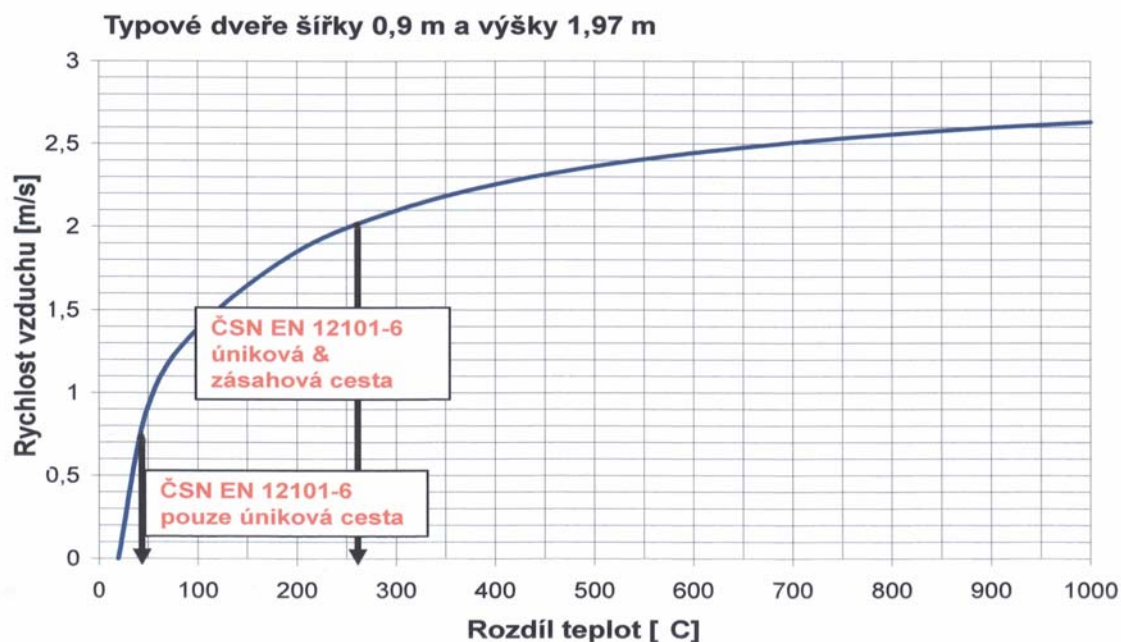
vzduchu 0,75 m/s otevřenými dveřmi do kteréhokoliv podlaží, při všech ostatních dveřích zavřených a otevřeném otvoru pro únik vzduchu z podlaží, kde je rychlost zrovna měřena. Pro únikovou cestu třídy D musí být rychlost průtoku vzduchu 0,75 m/s změřena v otevřených dveřích do kteréhokoliv podlaží, při koncových únikových dveřích otevřených a otevřeném otvoru pro únik vzduchu z podlaží kde je rychlost zrovna měřena. Pro únikovou cestu třídy E musí být rychlost průtoku vzduchu 0,75 m/s změřena v otevřených dveřích do kteréhokoliv podlaží, při koncových únikových dveřích otevřených, dalších dveřích na podlaží bez požáru otevřených a otevřeném otvoru pro únik vzduchu z podlaží, kde je rychlost zrovna měřena. Pro obě zásahové cesty tříd B a F platí stejná rychlost průtoku vzduchu 2 m/s v otevřených dveřích při různých okrajových podmínkách. Pro zásahovou cestu třídy B je rychlost měřena v otevřených dveřích mezi předsíní a užitným prostorem na podlaží s požárem, při koncových únikových dveřích na úrovni nástupu jednotek požární ochrany otevřených, současně otevřených dveřích na sousedním podlaží ze schodiště do předsíně, dále do šachty požárního výtahu a otevřeném otvoru pro únik vzduchu z podlaží s požárem. Pro zásahovou cestu třídy F je rychlost měřena v otevřených dveřích mezi schodištěm a předsíní do podlaží s požárem při koncových únikových dveřích na úrovni nástupu jednotek požární ochrany otevřených, současně otevřených dveřích do předsíně na podlaží pod podlažím s požárem, dále do šachty požárního výtahu na podlaží pod podlažím s požárem a otevřeném otvoru pro únik vzduchu z podlaží s požárem. Názorné obrázky jsou v normě [1] a budou prezentovány na konferenci.

Požadovaná rychlost průtoku vzduchu přes otevřené dveře potřebná aby se zabránilo průniku kouře podle Dr. Johna

Sebezáchrana $w = 0,75 \text{ m/s}$

nebo

Zásah HZS $w = 2 \text{ m/s}$



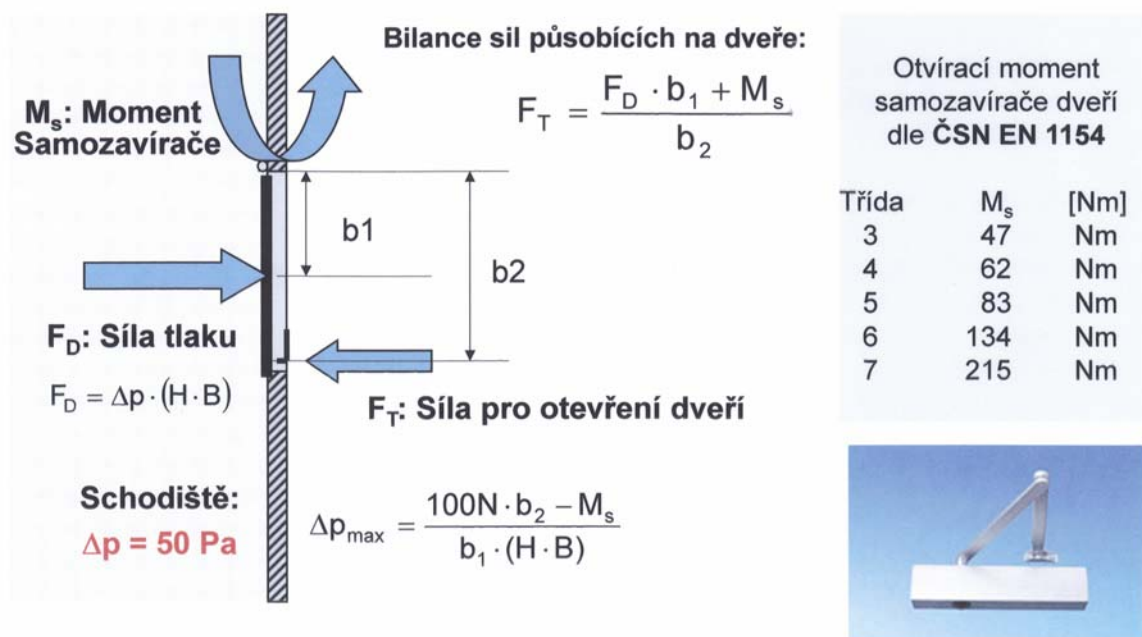
Obr. 2 Požadovaná rychlost průtoku vzduchu přes otevřené dveře, aby se zabránilo průniku kouře podle Dr. Johna.

Kritérium síly potřebné pro otevření dveří

Zařízení musí být navrženo tak, že síla působící na kliku dveří nesmí překročit **100 N**. Je potřeba ji stanovit ve spolupráci s architektem tak, aby bylo reálné dodržet kritérium pro

minimální přetlak při všech dveřích zavřených. Dohoda mezi projektantem stavby, požárně bezpečnostního řešení a VZT musí spočívat v tom, že pro chráněnou únikovou cestu budou použity komponenty, které jsou pro CHÚC nezbytné, např. dveře se samozavírači, jejichž otevírací momenty splňují normu ČSN EN 1154. Toto kritérium bylo stanoveno tak, aby dveře do chráněné únikové cesty otevřeli všichni i ženy, děti, handicapované osoby nebo starší lidé. Z bilance sil působících na dveře je možno spočítat maximální hodnotu přetlaku, který můžeme v chráněné únikové cestě vytvořit (viz Obr. 3).

Maximální přípustná síla pro otevření dveří: 100 N



Obr. 3 Maximální přípustná síla pro otevření dveří. Bilance sil působících na dveře.

Kritérium rychlosti reakce sestavy zařízení

Prvním kritériem rychlosti reakce systému zařízení pro přetlakové větrání CHÚC je doba aktivace zařízení. Zařízení musí být uvedeno do činnosti automaticky kouřovými hlásiči EPS **do 60 sekund** od zjištění kouře. Toto kritérium nejsou schopny splnit ventilátory s regulací množství přiváděného vzduchu, ani uzavírací klapky otvírané běžnými servopohony. Ventilátory musí být konstrukčně upravené, aby byly schopny pracovat při náhlých změnách tlaku. Jejich motory, by neměly mít zabudovanou tepelnou ochranu, která v době požáru nesmí ventilátor vyřadit z provozu. Ventilátory by měly být chráněny pouze nadproudovou ochranou v případě jejich chodu v době pravidelných revizí. Těsné uzavírací klapky je potřeba otvírat pružinovými pohony. Druhým kritériem rychlosti reakce je požadavek na tlak regulující klapky, které musí reagovat na otevření nebo zavření dveří tak, aby bylo dosaženo přes 90 % nového přívodu vzduchu **do 3 sekund**. Tato kritéria nelze splnit běžnými prvky měření a regulace, protože reakce servopohonů a regulace otáček ventilátorů je tak pomalá, že by se celý systém dostal do nerovnovážného stavu a nebyl by schopen vůbec zajistit kritéria požadované normou ČSN EN 12101-6. Pro správnou funkci zařízení pracujícího na principu rozdílu tlaků je potřeba zajistit, aby se celý systém ustálil do 3 sekund.

JAK JE MOŽNO ZAJISTIT SPLNĚNÍ VŠECH KRITÉRIÍ, KTERÉ POŽADUJE EVROPSKÁ NORMA ČSN EN 12101-6

Stanovení úniku vzduchu při všech dveřích zavřených

Musí se vypočítat množství vzduchu, které unikne z prostoru se zvýšeným tlakem při návrhové úrovni přetlaku, přičemž všechny dveře, okna a světlíky v tomto prostoru musí být uzavřeny. Po sečtení všech úniků vzduchu netěsnostmi (všemi dveřmi, okny, světlíky, stěnami a stropy) se tato hodnota dle uvážení vynásobí součinitelem **1,5** v případě nepřesných podkladů pro výpočet účinných ploch netěsností.

Stanovení úniku vzduchu při otevřených dveřích

Výpočet množství vzduchu potřebného pro otevřené dveře se provede v souladu s příslušnou třídou zařízení. Na průtok vzduchu otevřenými dveřmi má vliv volná průtočná plocha pro únik vzduchu z užitných prostor do venkovního ovzduší. Odvod vzduchu z podlaží s požárem je možno řešit třemi způsoby. Odvětrávací otvory na fasádě, nebo svislé šachty pro únik vzduchu, nebo mechanické odvětrávání. Zajištění trasy s nízkým odporem do atmosféry je novinkou, která se v předchozích normách nevyskytovala, i když by bez nich nebylo možno zajistit průtok vzduchu otevřenými dveřmi! Po výpočtu množství vzduchu z kritéria rychlosti a kritéria pro přetlak 10 Pa se vybere větší hodnota úniku vzduchu a pro dimenzování přírodního ventilátoru se navýší o **15 %** na ztráty v potrubí, pokud je použito.

Stanovení plochy odlehčovacích otvorů

Od stanoveného úniku vzduchu při otevřených dveřích odečteme množství vzduchu uniklého netěsnostmi při všech dveřích zavřených a na rozdíl dimenzujeme volnou průtočnou plochu tlak regulující klapky. Pozor, toto množství vzduchu odvětráváme klapkou při přetlaku 50 Pa!

ZAŘÍZENÍ PRO REGULACI ROZDÍLU TLAKŮ, KTERÁ SPLŇUJÍ VŠECHNA KRITÉRIA POŽADOVANÉ EVROPSKOU NORMOU ČSN EN 12101-6

Zařízení DEK firmy EICHELBERGER pro vertikální i horizontální výfuk vzduchu

Kompletní odvodní zařízení s tlak regulující klapkou DEK (viz Obr. 4)

- Samočinná regulace tlaku nezávislá na směru a rychlosti proudění vzduchu (náporu větru)
- Uzavírací moment se reguluje systémem tažných pružin přizpůsobených otvíracím momentům síly vzduchu - PATENTOVĚ CHRÁNĚNO!
- Požadovaný přetlak lze nastavit na místě úpravou délky předpětí pružiny v rozmezí 25 ÷ 75 Pa, z výroby nastaven na 50 Pa
- Pružinové pohony pro uvedení zařízení do činnosti do 60 vteřin
- Tepelná izolace soklů střešních tlak regulujících klapek a těsných uzavíracích klapek
- Ochranné mřížky proti ptákům
- Svorkovnice umístěná na střešním soklu pro připojení pružinového pohonu klapky
- Masivní rameno pro otevření kopule světlíkové klapky nezávisle na síle větru, nebo sněhové vrstvě
- Pomocný servopohon se zpětnou pružinou pro zajištění prosvětlení, případně provozního větrání světlíkové klapky

Přírodní zařízení a kompletní přírodní zařízení s tlak regulující klapkou (viz Obr. 5)

- Axiální ventilátor s plynule nastavitelnými lopatkami a statorovými lopatkami
- Stabilizátor charakteristiky zajišťuje správnou funkci ventilátoru při náhlých změnách tlaku, při sériovém či paralelním provozu
- Ventilátor je pružně uložen ve skříni dvouplášťové konstrukce s nehořlavou izolací
- Integrovaná izolovaná, těsná žaluziová klapka s pružinovým pohonem

- Svorkovnice a revizní vypínač jsou umístěny na skříni ventilátoru
- Na vyžádání je možno dodat venkovní provedení
- Zařízení RDA1 má tlak regulující klapku zařazenou ve skříni ventilátoru tak, že přebytečný vzduch cirkuluje uvnitř zařízení v obtoku, z výroby nastaveno na 50 Pa



Obr. 4 Odvodní zařízení s tlak regulující klapkou firmy EICHELBERGER.



Obr. 5 Přívodní zařízení a přívodní zařízení s tlak regulující klapkou firmy EICHELBERGER.

DISKUSE

Chráněné únikové cesty v sousedních evropských zemích i v ostatních vyspělých zemích světa jsou dnes řešeny systémem přetlakového větrání, a já nechápu, proč se tomu u nás tak urputně bráníme. Ušetřit investiční náklady za každou cenu, neshledávám moudré! Pokud se z hořící budovy nedostane ven dítě a udusí se jedovatými plyny, tato skutečnost bude velmi špatnou vizitkou vyspělé evropské země! Dalším argumentem, se kterým se setkávám je tvrzení, že přetlakové větrání CHÚC není možno navrhnout a realizovat. Proto jsem se rozhodla v mém příspěvku ukázat, že návrh a instalace přetlakového větrání CHÚC jsou podle ČSN EN 1010-6 reálné. Otázkou do diskuse zůstává, jestli je řešení reálné podle našich národních norem.

ZÁVĚR

Cílem tohoto článku a mé prezentace na konferenci je ukázat, co všechno znamená pojem přetlakové větrání a jak je toto řešení CHÚC podstatně odlišné od pouhého nuceného větrání s předepsanými výměnami vzduchu, za které je obvykle zaměňováno. Při vašich prvních výpočtech vám budeme společně s výrobcem systému zařízení EICHELBERGER k dispozici.

LITERATURA

- [1] ČSN EN 12101-6 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla – Část 6: Technické podmínky pro zařízení pracující na principu rozdílu tlaků - Sestavy, Únor 2006, © Český normalizační institut, 2006
- [2] ČSN 73 0804 Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty, Únor 2010, © Úřad pro normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 2010
- [3] Rauchfreihaltung von Flucht- und Rettungswegen, Rauchschutz – Druckanlagen, Alfred Eichelberger GmbH & Co. KG Ventilatorenfabrik.



VLIVY A DOPADY ZMĚN TECHNICKÝCH A DALŠÍCH OKRAJOVÝCH PODMÍNEK NA PROVOZNÍ PROBLEMATIKU V OBLASTI VZDUCHOTECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ

Jiří Frýba

Klimakonsult
jiri.fryba@volny.cz

ANOTACE

Téma příspěvku vychází z poznání, že technický vývoj ve využívání fyzikálních principů a zdokonalování možností a funkcí vzduchotechnických zařízení, které jsme zaznamenali v uplynulých dvaceti letech, spolu se změnou ekonomických požadavků na využívání těchto systémů, uvedl provozovatele zmíněných soustav do zcela jiné situace, než byla ta, ve které se orientovali před rokem 1990. Uplatňování fenoménu facility managementu, hromadné nasazování výpočetní techniky při řízení a sledování provozu a také změny na trhu práce velmi závažným způsobem ovlivnily filozofii přístupu všech účastníků výstavby budov, vybavených zařízeními vzduchotechniky, a to až po poskytování podpůrných služeb hlavním činnostem vlastníků a nájemců objektů včetně provozování technických zařízení budov.

Pokus o formulaci shrnutí přínosů ale také záporů zmíněných změn je tedy obsahem tohoto příspěvku.

ZMĚNY A JEJICH DŮSLEDKY

Všestranná změna existenčních podmínek při provozování vzduchotechnických zařízení, kterou jsme zaznamenali v uplynulých dvaceti letech, ovlivňuje celou řadu zásadních okolností, které předurčují možnosti dosažení požadované kvality provozování a využívání vzduchotechnických zařízení v budovách a objektech nejrůznějšího charakteru. Toto tvrzení se týká i ostatních provozních souborů technických zařízení budov, jak bude poukázáno dále.

Vývoj politického prostředí, následující po roce 1990, sebou přinesl i vývojové progresivní změny prostředí informačního a ekonomického, s otevřením obousměrných toků informačních i obchodních prakticky do celého světa. Souhrnně lze konstatovat nesporně kladný vliv této změny, při čemž však nelze opominout jisté okolnosti, které namnoze i zaskočily v té době stávající provozovatele vzduchotechnických a ostatních technických zařízení budov.

Konečně vypluly na povrch předdimenzované počty zaměstnanců, kteří byli na provoz a údržbu technického zařízení budov vázáni. Nastala nutnost změnit provozní režimy, které byly přes proklamovanou hospodárnost zbytečným a někdy nesmyslným plýtváním (na příklad povinnost striktního dodržení smluvního odběru elektrického příkonu a práce, která vedla k odběru elektrické energie i v době, kdy toho nebylo třeba) a do provozní praxe začala vstupovat snaha o dosažení nejvýše možného zisku. Na straně vlastníků či nájemců budov jde o trvalou snahu provozní náklady snižovat. Pokud je však nastaven vztah takový, že provozování zařízení je zároveň zdrojem zisku subjektu jiného, je nasnadě, že tyto dva zájmy se navzájem kříží a v souladu jsou jen tehdy, přináší-li snižování provozních nákladů očekávaný zisk oběma – což lze vysledovat u nákladů na odběr energií (včetně hospodaření s vodou a s povinnými poplatky při vzniku ekologických zátěží) a souvisejících služeb a samozřejmě u mzdových a souvisejících nákladů obsluhujícího personálu.

Další nutnou okolností, která podmiňuje využívání nové filozofie přístupu k provozu vzduchotechnických zařízení je samozřejmě vývoj technických řešení, využívaných při návrhu a dodávkách vzduchotechnických zařízení. Vstup zahraničních výrobků a dodavatelských praktik na náš trh spolu s přijatou možností konkurence dodavatelů umožnily dříve nepředstavitelný rozmach aplikací vzduchotechniky obecně až po nejsložitější sofistikované soustavy. Nucené větrání budov všeho druhu až po obytnou výstavbu se stává současným standardem. To ovšem přineslo i nutnost racionálního provozování takovýchto zařízení.

Souhrnně lze konstatovat, že samotná základní provozovatelská a údržbová činnost doznala jistého zjednodušení a snížení pracnosti daného zvýšenou dokonalostí a technickou vyspělostí provozované technologie. Pamětníci mohou tento jev srovnat s úsilím a časem, které museli věnovat časté údržbě automobilů v polovině minulého století s péčí o vozy nové, současné. Vývoj v tomto oboru však postupně přinesl poznání, že namnoze nejsou běžní majitelé a řidiči moderních vozů schopni ani odkrýt kompaktně kapotovaný motor, natož aby se pustili do opravy, která byla ve zmíněných historických podmínkách jejich „denním chlebem“.

Obdobně se „nastavila“ i situace v provozní profesi obsluhovaatelů složitých vzduchotechnických systémů a vlastníci budov tedy hledají v této souvislosti pomoc „zvenčí“.

Již dříve známá praxe individuálních nákupů některých externích služeb v režii vlastníka či nájemce budovy nabývá zcela jiných rozměrů a podob nástupem fenoménu facility managementu, který bývá v praxi často zplošťován jen na hromadný nákup všech služeb správy technické infrastruktury od jednoho subjektu, zahrnovaný pod cizojazyčné označení „outsourcing“. Je pravdou, že pokud je tato praxe doplněna nákupem služeb všestranné podpory hlavního předmětu podnikání objednatele od kvalifikovaného a dostatečně materiálně a personálně vybaveného poskytovatele služeb facility managementu (FM služeb), který je poskytuje (prodává) „ve velkém“, je nasnadě, že touha po dosažení zisku obou smluvních stran může být v harmonické spolupráci naplňována.

Využití zmíněného principu „prodeje služeb ve velkém“ je však nutně podmíněno aplikací výpočetní techniky jednak, jakožto soustavy měření a regulace (ASŘ – automatizovaný systém řízení), jednak jako nástroj tzv. „help desku“, neboli dispečerského způsobu péče o klienty. Jedině takto je možné provozovat a řídit rozsáhlé sofistikované systémy v automatizovaném provozu a organizovat služby zákazníkům v mnoha budovách současně z jednoho dispečinku. Je nasnadě, že takto koncipované sítě by bylo neekonomické využívat jen k problematice technické infrastruktury, ale stávají se současně i nástrojem řízení a sledování všech poskytovaných FM služeb.

Jak to však v našich krajích bývá, různé dobré myšlenky a záměry jsou ještě před jejich uskutečněním paralyzovány posunem principů do krajních poloh.

Autor příspěvku může potvrdit, že při dvacetiletém působení v pozici správce všech podpůrných procesů pro tehdy největší nakladatelský podnik u nás před rokem 1990 měl ve své práci vždy především na zřeteli poskytování služeb, avšak ekonomické okolnosti této činnosti poněkud opomíjel. Řešil je totiž, a zřejmě nikoliv příliš namáhavě, ekonom podniku. To samozřejmě nebylo v pořádku.

Současní poskytovatelé podpůrných služeb – počítaje v to ekonomicky náročnou nelehkou správu technické infrastruktury - jsou však podle svých slov více tísněni nekompromisním tlakem na úsporu nákladů všeho druhu, než požadavkem na technickou kvalitu činnosti – a to jak se strany svých zaměstnavatelů, tak i ze strany klientů.

Je zřejmé, o jaké zdroje úspor jde: jsou to až nerozumně nízké počty obsluhujícího personálu s tlakem na udržování nízké mzdové úrovně, což však předpokládá zákonitě nepostačující kvalifikaci výkonných zaměstnanců (a to jak přímo při údržbě zařízení, tak i na pozicích manažerských). Zde je patrně tradičně škodlivé „překlopení“ přístupu k personálnímu zajištění provozu (nyní „rozvoj lidských zdrojů“) k opačnému extrému, než tomu bylo dříve. Vyučení v příslušném oboru bylo pro provozní personál běžným předpokladem a provozní školení považoval vedoucí provozu za zcela přirozené. Jak je známo, trh pracovních sil neexistoval a získat kvalifikovaného dělníka bylo někdy až mnohaletým problémem.

To se změnilo: trh pracovních sil sice existuje, ale získání kvalifikovaného dělníka je obtížné stejně, což mohou dosvědčit provozní manažeři v praxi. Není divu při absenci učňovského školství! K tomu přistupuje požadavek univerzality personálu, který je již jen výjimečně přidělován k pouze jednomu provoznímu souboru zařízení – na příklad vzduchotechnice.

Při tom nároky na kvalifikaci obsluhujícího personálu jsou, a to zejména u poskytovatelů FM služeb, zásadně vyšší, než tomu bylo dříve. Každému, kdo pracuje v pozici manažera provozu technických zařízení budov je zřejmé, že k podrobnému poznání vlastností všech provozních souborů zařízení a jejich částí, pokud se týká funkčních principů procesů a alokace komponent, potřebuje období více měsíců ale spíše několika let. Toto platí pro jednu budovu; pokud má na starosti budov více, samozřejmě se zmíněný časový fond sice mechanicky nenásobí, ale nesporně narůstá.

Pokud poskytovatel FM služeb spravuje několik desítek až stovek budov, je nasnadě, že výše zmíněný požadavek kvalifikace je naprosto nepochybný. Netýká se to však jen manažerů ale i zaměstnanců údržbových skupin, kteří musí znát zařízení nejen budovy jedné ale mnoha, jak při plnění plánů periodického ošetřování zařízení tak i při odstraňování závad a poruch.

Do hry vstupuje v této souvislosti i výrazný technický pokrok, který se projevil novým a rozličným využíváním fyzikálních principů při vývoji a konstrukci systémových součástí nejen vzduchotechnických zařízení ale v podstatě všech technických zařízení budov.

KVALIFIKAČNÍ PŘEDPOKLADY

Připomeňme v této souvislosti, že zatím trvalý nárůst objemu instalovaných vzduchotechnických zařízení se netýká jen velkých, rozsáhlých a složitých systémů, ale jak již bylo zmíněno, i menších jednotkových zařízení na příklad v restauracích ale i v bytové výstavbě. Všechny tyto mnohočetné instalace nutně vyžadují přiměřenou údržbu, i kdyby se mělo jednat jen o výměnu vzduchových filtrů. Samozřejmě i tyto jednoduché aplikace nutně, i když možná zřídka, vykazují závady a poruchy, jejichž náprava opět spadá do svrchu popisované profesní nedostupnosti.

Pokud bychom se chtěli pokusit o výčet potřebných znalostí, které potřebuje obsluhovatel například zařízení techniky prostředí, pak kromě řemeslných zručností se musí orientovat i v následující problematice:

- Zákonné měrové jednotky, používané při provozu klimatizace a jednotky související
- Vlhký vzduch a změny jeho stavu
- Charakteristika mikroklimatických podmínek a úkoly klimatizace
- Klimatizační zařízení
- Přehled klimatizačních soustav
- Části klimatizačních zařízení
- Zdroje a distribuce tepla

- Zdroje a distribuce chladu
- Úprava vody pro vodní okruhy klimatizačních zařízení
- Tlakové nádoby stabilní
- Automatická regulace a řídicí systémy
- Zásady provozu a údržby zařízení techniky prostředí a ostatních technických zařízení budov
- Dokumentace provozu souboru technických zařízení budov
- Hygienické a právní podmínky pro provoz zařízení techniky prostředí
- Normové požadavky pro provoz zařízení techniky prostředí

Požadavek na znalosti manažera provozu techniky prostředí všech „svých“ budov v naznačeném rozsahu je samozřejmě nutno považovat za minimum. K tomu často přistupují nároky na schopnost cizojazyčného služebního styku kromě dalších, ekonomicky zaměřených dovedností.

Dlužno připomenout, že provoz ostatních technických zařízení budov, jejichž rozsah není předmětem jednání konference Klimatizace a větrání, vyžaduje své další mnohé kvalifikační předpoklady – a jejich superpozicí vychází výčet pouze odborných znalostí a dovedností, kterými má poskytovatel FM služeb disponovat, aby mohl být svým klientům zárukou očekávané podpory. Opomíjet však nelze i vlastnosti další, související s morálními a ostatními kvalitami personálu. A jelikož tomu tak často není, poskytovatel (prodejce) univerzálních služeb nakupuje služby, které sám nezvládá, u dalších subdodavatelů, čímž se vlastně stává v řadě ohledů pouhým překupníkem služeb, což jejich dodávku prodražuje. A tím vlastně popírá premisu samotné metodiky facility managementu.

Východiskem z této situace tedy může být pouze náprava negativních jevů, v tomto textu popisovaných.



ÚSPORNÉ VĚTRÁNÍ TĚLOCVIČNY

Karel Hemzal

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí

Karel.Hemzal@fs.cvut.cz

ANOTACE

V souladu s ústředním tématem konference „Kvalitní prostředí s minimálními energetickými nároky“ nabízím účastníkům informaci o realizovaném větrání tělocvičny Sokola Hanspaulka. Budova z roku 1941 byla po navrácení majetku sokolům v roce 1998 postupně revitalizována. O změně koksové kotelny na plynovou a dosažených úsporách byly informace publikovány v [1]. Výměna rozpadajících se oken v roce 2006 za moderní těsná vyloučila možnost přirozeného větrání infiltrací venkovního vzduchu okenními spárami. Otevírání oken v zimě není vhodné kvůli nebezpečí prochladnutí cvičenců, a proto bylo nainstalováno nucené větrání jednotkou se zpětným využitím tepla v odváděném vzduchu k ohřevu přiváděného čerstvého vzduchu.

ÚVOD

Zvolený způsob větrání s rotačním regeneračním výměníkem umožňuje využití přes 80 % odpadního tepla. Vzduch přivádí textilní hadicová vyústka vedená nad okny po celé délce tělocvičny. Přiváděný chladnější vzduch klesá k podlaze přirozenou konvekci a větrá cvičební plochu, aniž nastane průvan.

Zvolené řešení bylo investičně únosné, dostupné s využitím grantu i méně movitým vlastníkům tělocvičny; celkový náklad byl 166 600 Kč. Využití zařízení v zimě přináší úspory tepla, jednotka nemá dohřívač, avšak deficit tepelného příkonu, který je cca 5 kW při teplotě venkovního vzduchu $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, pokryje snadno vytápěcí systém.

Větráný prostor

Tělocvična má půdorys $L \times B = 20 \times 7\text{ m}$, výšku $H = 7\text{ m}$ (plochu 140 m^2 , objem 980 m^3). K umístění jednotky byl zvolen prostor na balkonu s využitím okna k napojení na venkovní prostor (odpadlo neschůdné jednání se stavebním odborem MČ, který nepovoluje prostup fasádou). Prostor pro jednotku byl uzavřen lehkými příčkami se zabudováním přívodu vnitřního vzduchu k jednotce přes tlumič hluku.

Tělocvična je používána k aktivitám členů TJ Sokol Praha - Hanspaulka. Jednota má na 900 členů všech věkových kategorií. Nejvyšší obsazení je ženskými oddíly, maximálně 50 cvičenkami.

Větrací jednotka

V rámci výběrového řízení (realizace byla podpořena grantem Magistrátu hl. m. Prahy) byla sestavena technická specifikace pro poptávku. Požadována byla dodávka kompaktní větrací jednotky se ZZT s parametry:

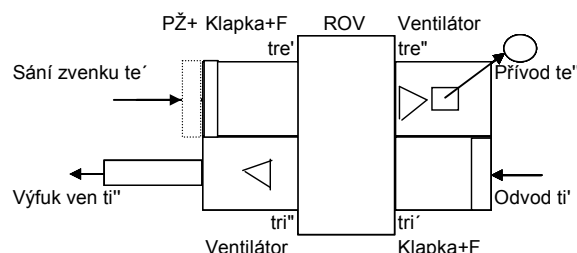
Vzduchový výkon $2000\text{ m}^3/\text{h}$ při externím přetlaku na straně větracího vzduchu 170 Pa , účinnost ZZT min. 80 % v zimě, s protimrazovou ochranou, bez dohřívače, bez obtoku výměníku ZZT, s filtry větracího i odváděného vzduchu. Možnost plynulé regulace průtoku vzduchu (čidlem CO_2 nebo kvality). Jednotka bude umístěna do stísněného prostoru, který je délkově omezen.

Obeslány byly firmy, které vyrábějí nebo dodávají VZT jednotky: ATREA, Multi-VAC, Elektrodesign Ventilátory, Janka, Alteko, CIC Jan Hřebec, VTS Clima a REMAK.

Struktura zkoumaných podmínek v nabídkách zahrnovala otázky:

Cena - je kompletní?, je vč. DPH? – Komplettnost - Nabídka montáže - Vhodnost rozměrů pro prostor, který je k dispozici - Účinnost ZZT - Externí tlak na přívodu – Hlučnost – Hmotnost.

Z výběrového řízení byla vybrána jednotka Janka – Lennox KLM 02 s rotorem citelného tepla KASTT, s hlavními parametry: průtoky 2000 m³/h při dopravním tlaku ventilátorů 500 Pa, externím tlaku 170 Pa, filtry kapsovými F5 s tlakovou ztrátou 164 Pa, v ceně 98 500 Kč bez DPH. Cena byla nízká, protože projekt, dopravu, montáž včetně elektroinstalace zajistili členové jednoty svépomocí. Od původního požadavku regulovatelnosti výkonu jsme odstoupili; rotor je možné zastavit v teplém období. Sestava jednotky je v obr. 1 a 2.



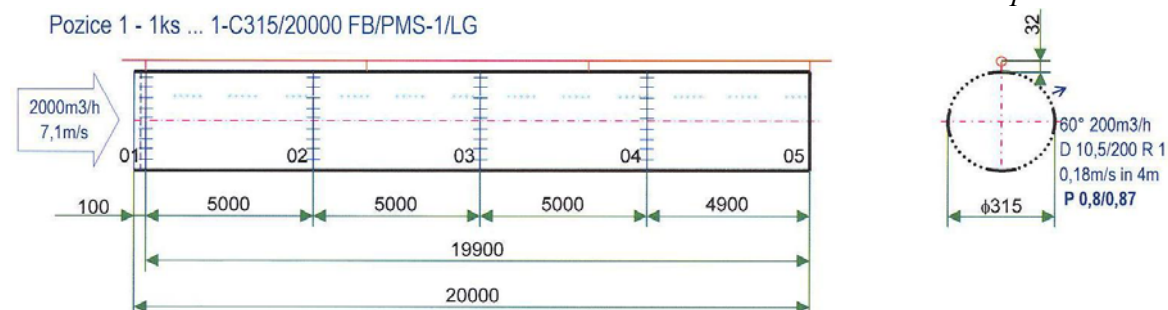
Obr. 1 Sestava jednotky - půdorys: přívod - protidešťová žaluzie, klapka, filtr, rotační regenerační výměník tepla, přiváděcí ventilátor napojený výfukem na textilní vyústku; odvod vzduchu – klapka, filtr, rotační regenerační výměník, ventilátor, výfukový nástavec.



Obr. 2 Pohled na stranu jednotky pro odvod vzduchu



Obr. 3 Textilní vyústka je vedená nad okny (1,3 m od oken), přívod vzduchu je směřován šikmo vzhůru do prostoru



Obr. 4 Konstrukce použité textilní vyústky; mikroperforace v úhlu 60° ve směru 2. hodiny je doplněna otvory 10,5 mm ve skupinách po 5 (v délce 0,8m s roztečí 0,87 m) k odklonění proudu ke středu tělocvičny. Vyústka je ze čtyř dílů spojených zipem.

Ze sestavy jednotky vyplývá, že celý příkon motoru přívaděcího ventilátoru se využije na dohřev přívaděného vzduchu. Příkon motoru ventilátoru je dán jeho vzduchovým výkonem $V \Delta p$ a celkovou účinností $\eta = \eta_v \cdot \eta_m \cdot \eta_p$, danou součinem účinností ventilátoru, motoru a převodu. Dohřev vzduchu prací ventilátoru

$$\Delta t_v = \frac{\Delta p}{\eta \cdot \rho \cdot c_p} \quad [\text{K}] \quad (2)$$

Odváděcí ventilátor byl umístěn za rotorem, aby se zamezilo přisávání odváděného vzduchu netěsnostmi v rotoru do vzduchu větracího [2]. Činnost jednotky byla ověřena měřením.

VÝSLEDKY OVĚŘENÍ FUNKCE

Vzduchový výkon byl stanoven měřením anemometrem na vstupech a výstupech jednotky. Větší tlaková ztráta na přívodu venkovního vzduchu (o potřebný tlak 170 Pa pro vzduchovod) ovlivnila nerovnoměrnost průtoků $V_p/V_o = 2\,290/2\,710 = 0,845$, která vytváří podmínky pro dobrou účinnost ZZT.

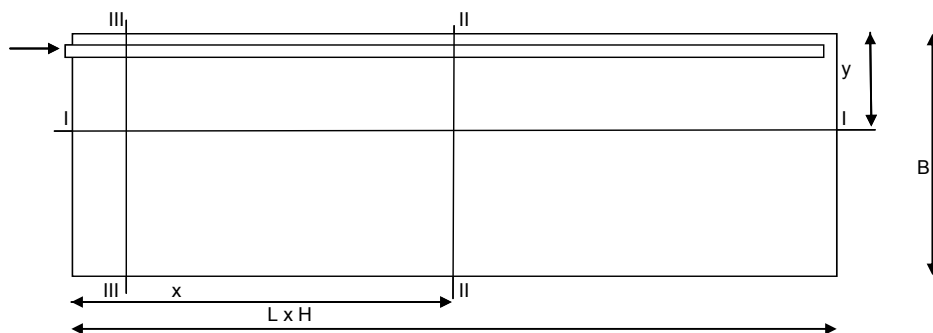
Průtoky jsou také ovlivněny stupněm zanesení filtrů prachem. Provozní zkušenost ukazuje na podstatně rychlejší zanesení filtru odváděného vzduchu než filtru venkovního. Je neuvěřitelné jak velký je úlet jemných vláken z oděvů. Odpor čistých filtrů (F5) 167 Pa se na konci použitelnosti zvyšuje na 300 Pa. Díky této skutečnosti je použití stejných výkonů obou ventilátorů opodstatněné.

Měření teplot uvnitř jednotky je problematické. Zejména za rotorem je teplotní pole nevyrovnané. Dobře je možné stanovit tepelnou účinnost celé jednotky z hodnot teplot na vstupu a na výstupu. Protože $C_i > C_e$, je menší z tepelných kapacit průtoků $C_{min} = C_e$ a účinnost jednotky je dána poměrem rozdílů teplot (obr. 1)

$$\eta = \frac{Q_e}{Q_{max}} = \frac{Q_R + Q_v}{Q_{max}} = \frac{C_e (t_e'' - t_e')}{C_{min} (t_i' - t_e')} = \frac{\Delta t_e}{\Delta t'} = 0,96 \quad (3)$$

V této účinnosti je zahrnuto ohřátí v rotoru a vyvolané příkonem motoru přívaděcího ventilátoru podle rov. (2) o $\Delta t_v = 1,2$ K.

Mikroklimatické podmínky pro cvičící byly ověřeny měřením teploty, rychlosti a stupně turbulence v podélné a příčné ose tělocvičny podle obr. 5. Výsledky jsou v obr 6 a 7.



Obr. 5 Půdorys tělocvičny s rovinami, ve kterých bylo zjišťováno mikroklima

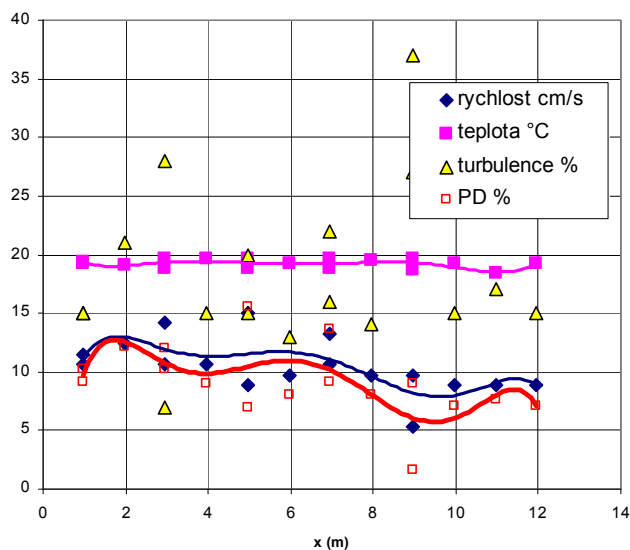
Průběh rychlostí v řezu III-III ukazuje na dominantní účinek přirozené konvekce na šíření proudu vzduchu v prostoru (max. rychlost ve vzdálenosti $y = 2,5$ m od oken). Teploty jsou

téměř vyrovnané. Distribuce se blíží zaplavování, nedochází k míšení přiváděného vzduchu v celém prostoru.

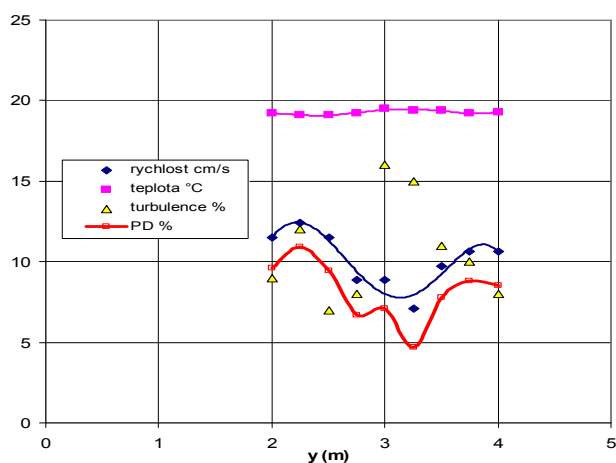
Zobrazeny jsou také hodnoty PD stanovené podle modelu Fanger, rov. (4). Průběhy křivek ukazují na vyrovnané teploty, poměrně malé ale pociťované rychlosti a zanedbatelné nebezpečí průvanu. Příjemný vjem větrání je pociťován subjektivně čichem.

$$PD = DR = (34 - t) \cdot (v - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot Tu + 3,14) \quad [\%] \quad (4)$$

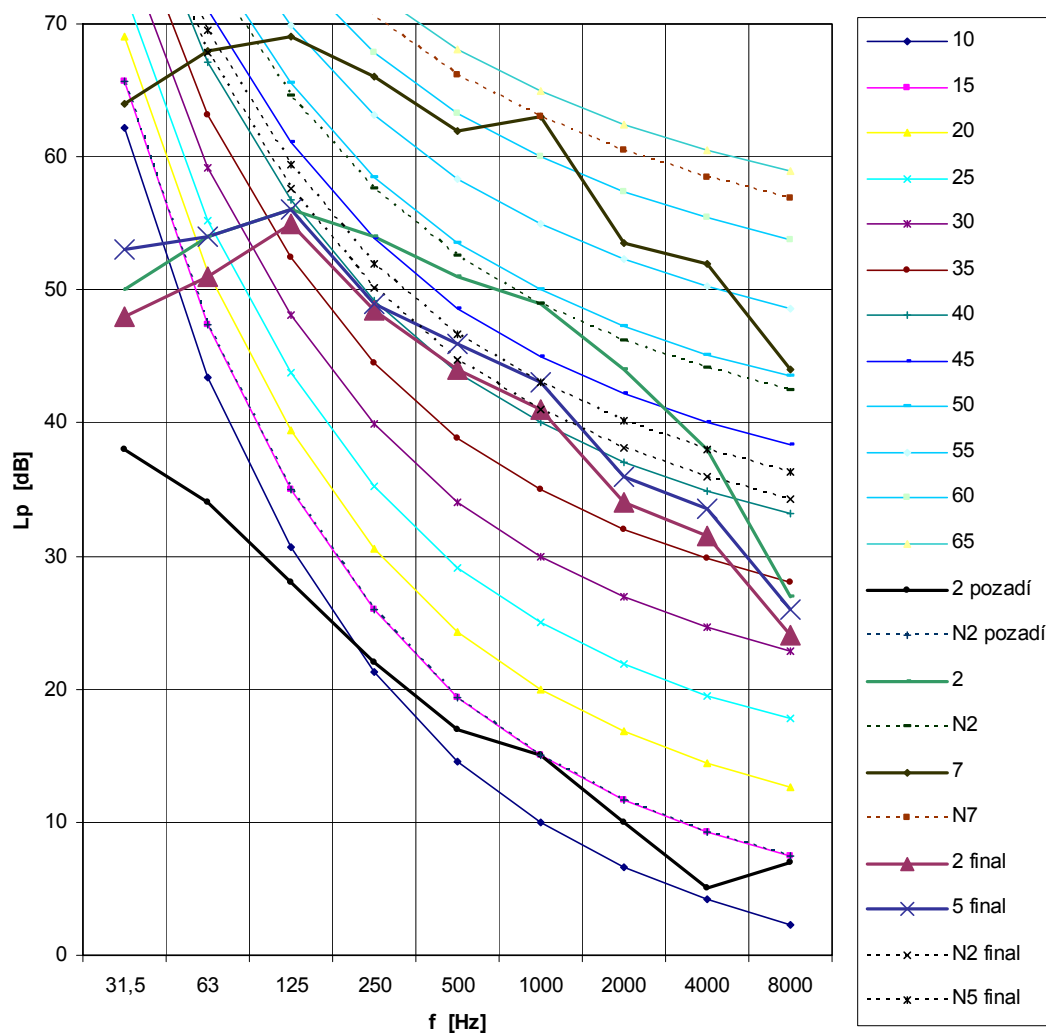
Dávka větracího vzduchu $2290/50 = 46 \text{ m}^3/(\text{h.os})$ je dostatečná, vzhledem k tomu, že početné cvičení trvá jen jednu hodinu.



Obr. 6 Měření podél tělocvičny v rovině I-I, od oken $y=4 \text{ m}$, 1 m nad podlahou, $t_e = 7,7 \text{ }^\circ\text{C}$



Obr. 7 Měření pod vyústkou, rovina III-III, kolmo k oknům, $x=3 \text{ m}$ od balkónu, 1 m nad podlahou, $t_e = 7,7 \text{ }^\circ\text{C}$



Obr. 8 Hladiny akustického tlaku v oktávných pásmech, naměřené v místě 2 (1 m nad podlahou v sále ve vzdálenostech $x = 10$ m a $y = 9$ m), $N = 49$ dB, hladina akustického tlaku A $L_{pA} = 54$ dB při pozadí $N = 15$, $L_{pA} = 24$ dB. Vyneseno je také měření 1 m před středem jednotky – v místě 7 - s hodnotami $N = 63$, $L_{pA} = 68$ dB. Příznivý účinek přičky na balkoně, která uzavřela jednotku do komory, ukazuje měření v místě 2 final ($N = 41$ dB, $L_{pA} = 48$ dB). Největší hluk je uprostřed sálu 5 m od oken, v místě 5 final ($N = 43$ dB, $L_{pA} = 49$ dB)

Hlučnost instalovaného zařízení byla kontrolována zvukoměrem s oktávným filtrem A. Po vyždění čelní stěny na balkoně byla v sále naměřena nejvyšší hodnota hladiny akustického tlaku A $L_{pA} = 54$ dB. Přípustná maximální hodnota je $L_{pA \max} = 60$ dB (základní hodnota $40 +$ korekce 20 dB). Zařízení tedy vyhovovalo předpisům. Přesto však po zabudování jednotky do prostoru balkonu byla hlučnost hodnocena nepříznivě, zejména při cvičení žen, které končí relaxační částí, za doprovodu uklidňující hudby. Proto byla jednotka obestavěna také přičkou na balkoně a odváděný vzduch je k ní přiváděn přes tlumiče hluku. Finální naměřená hladina akustického tlaku A $L_{pA} = 49$ dB je vyhovující. Tlumiče hluku byly navrženy tak, aby příliš nezatěžovaly tlakovou ztrátou ventilátor pro odvod vzduchu (vstup, tření, výstup – celkem 25 Pa). Tlumiče byly sestaveny ze čtyř paralelních hadic Sonodec 180 mm o délce $0,75$ m.

Ovládání chodu jednotky je svedeno do prostoru tělocvičny a tlačítka jsou přístupná vedoucím cvičebních hodin. Přepínání větrání s rotorem v chodu a s vypnutým motorem je umožněno správci objektu spínačem na rámu jednotky pod uzamčením na balkoně podle klimatických poměrů.

ZÁVĚR

Záměr instalovat nucené větrání, které je investičně únosné i pro méně movitého investora, a které bude provozně úsporné se podařilo realizovat. Zkušenosti z tříletého provozu tyto závěry potvrzují. Výkonnost je při plném obsazení plochy tělocvičny na mezi přípustné hodnoty dávky větracího vzduchu na osobu. Díky využití přirozené konvekce bez směšování v celém objemu prostoru se dostává čistý venkovní vzduch, přiváděný textilní výústkou, do dýchací zóny cvičenců.

LITERATURA

- [1] HEMZAL, K., MAREŠ, J.: Zkušenosti z plynofikace kotelny. In: Vytápění, větrání, instalace. 2001, roč. 10, č. 1, s. 2-5. ISSN 1210-1389.
- [2] HEMZAL, K.: Účinnost rotačních výměníků tepla ovlivněná netěsnostmi. In: Vytápění, větrání, instalace. 2006, roč. 15, č. 5, s. 228-232. ISSN 1210-1389.

SEZNAM OZNAČENÍ

c_p	měrná tepelná kapacita	[J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
t	teplota	[°C]
ρ	hustota	[kg.m ⁻³]
V	objemový průtok	[m ³ .h ⁻¹ ; m ³ .s ⁻¹]
v	rychlost	[m.s ⁻¹]
C	tepelná kapacita průtoku (= $\rho.V. c_p$)	[W.K ⁻¹]
Q	tepelný tok	[W]
B, H, L	rozměry tělocvičny (výška, šířka, délka)	[m]
ϑ	účinnost (regenerace tepla, jednotky)	[-]
η	účinnost mechanická	[-]
PD = DR	procento nespokojeným v důsledky průvanu	[%]
Tu	stupeň turbulence	[%]
P	příkon motoru ventilátoru	[W]
L_{pA}	hladina akustického tlaku A	[dB]
$x, y,$	souřadnice měřicích míst v tělocvičně	[m]

Indexy

e, i	vzduch venkovní (větrací), vnitřní (odváděný)
r	rotor
$', ''$	vstupní, výstupní stav (na rotoru, na jednotce)
j	jednotku
v	ventilátor
m	motor
p	převod (zde klínovým řemenem)

REKONSTRUKCE ZÁKLADNÍ ŠKOLY NA PASIVNÍ BYTY - DUBŇANY

Zdeněk Kaňa, David Vašíček, Martin Jindrák

Úsporné bydlení s.r.o., Atrea s.r.o.
uspornabydleni@email.cz, jindrak@atrea.cz

ÚVOD

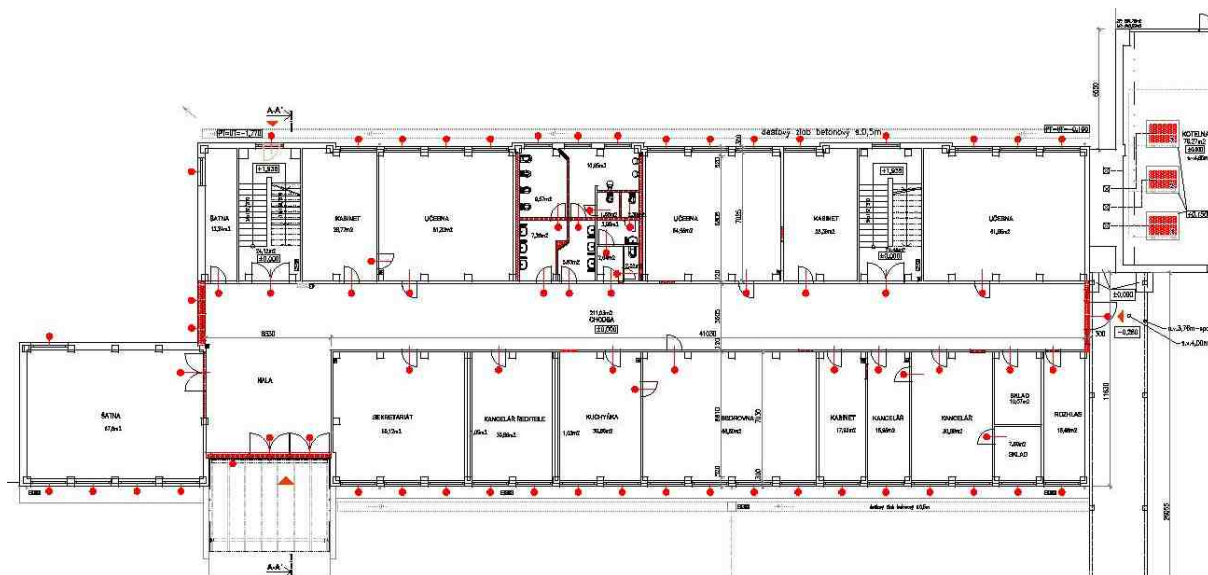
Základní filozofie přestavby je vybudování nového bydlení v moderním bytovém domě ve standardu odpovídajícím evropským parametrům. Jde hlavně důraz na zdravé bydlení 21. století a to využitím nejmodernějších technických poznatků a technologií tak, aby byla zajištěna co nejlepší hygiena bydlení.

Jde o ukázkovou realizaci brownfieldu vzniklého z opuštěného areálu bývalého hornického učiliště a základní školy. Jedná se o první rekonstrukci v rámci celého areálu. Celková koncepce je postupná přestavba všech budov, které byly stavěny ve třech etapách od r. 1960 do 1990. Budovy budou rekonstruovány s důrazem na energetickou náročnost jak přestavby, tak užívání. Kromě základních parametrů pro pasivní domy zde bude, využit i systém, který klade důraz na kvalitu budov z environmentálních hledisek - z hlediska spotřeby energie, materiálů, vody a zaboru půdy při současném snížení dopadů provozu budov na životní prostředí a lidské zdraví.

STAVEBNĚ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Vychází z původního stavu budovy, která je v poměrně dobrém technickém stavu. Nemá žádné statické poruchy, ani není podmáčená, nebo zatečená. Velkou výhodou jsou slunolamy, které už v 1989 roce projektant velmi dobře konstruoval. Tento stav je velmi vhodný pro rekonstrukci.

Další výhodou pro rekonstrukci je vnitřní členění na původní třídy a kabinety, tím pádem nevzniká potřeba žádných radikálních demoličních zásahů.



Obr. 1 Půdorys původního stavu

Byly vybourány jen stěny ve WC. Velkým plus je konstrukce stropu, která je tvořena ŽB skořepinami o konstrukční výšce 400 mm ve spodní části doplněnou o minerální zvukovou izolaci tl. 100 mm položenou na ocelový trapézový plech, který je připevněn ke spodní části

ŽB skořepin. Plech tvoří nosnou konstrukci pro sádkartonový podhled. Doplněním podlahových konstrukcí a dalšího zavěšeného sádkartonového podhledu vznikne jak tepelně, ale hlavně zvukově velmi kvalitní konstrukce. Kvalita zvuku byla prověřena měřeními na stavbě zkušebnou CSI Zlín.



Obr. 2 Rozvody vzduchotechniky v prostoru mezistropu.

Původní obálková konstrukce je tvořena ŽB panely s doplněním sendvičových panelů (Boletické) ve spojovacích místech. Rekonstrukcí vznikly dva typy konstrukcí viz tab. 1.

Tab. 1 Vzniklé typy konstrukcí

štítové stěny z 300 na 500 mm skladba z interiéru směrem k exteriéru		podélné fasády z 250 na 450mm skladba z interiéru směrem k exteriéru	
Beton (stávající)	140 mm	Beton (stávající)	100 mm
EPS (stávající)	100 mm	EPS (stávající)	100 mm
Beton (stávající)	60 mm	Beton (stávající)	50 mm
ETICS (nový)	200 mm	ETICS (nový)	200 mm

Suterén je ke stávající tepelné izolaci 100 mm doplněn a zateplen „vyfoukáním“ celulórou do skořepin tl. 400 mm. Střešní prostor, který je tvořen dřevěnými vazníky s tepelnou izolací ve stropě cca 100 mm je doplněn „dofoukán“ celulórou tl. 200 mm. Boletické panely jsou vyměněny za obvodovou konstrukci pro dřevostavby tl. 360 mm.

Prováděná rekonstrukce jednoznačně ukazuje výhody náhrad a výměn stávajících přebytečných, nebo nefunkčních konstrukcí klasických – zděných, za suché technologické procesy. U klasických konstrukcí je zvýšené riziko místního zvýšení zabudovávané vlhkosti v budově, která je suchá. Tím může lokálně vznikat nebezpečí vzniku plísní, nebo drobným prasklinám, hlavně ve styku s původní konstrukcí.

Ve většině stavební veřejnosti u nás neustále převládá názor škatulkování na betonáře, cihláře, dřevostavbaře apod. S tímto přístupem ale nelze souhlasit. Je nutné maximálně využívat výhod jednotlivých vlastností materiálů tak, abychom tvořili bezvadné a levné konstrukce a tím zvyšovali užitné vlastnosti budov za výhodné ceny. Proto jsme doplňovali stávající železobetonové a zděné konstrukce o suché procesy užívané v dřevostavbách, ať už se jedná o stěny, nebo podlahy. Snahou bylo využití kvalitních levných systémů.

SPLNĚNÍ HYGIENICKÝCH POŽADAVKŮ

Pro 23 bytů bylo navrženo centrální rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla s individuálním nastavením výkonu větrání samostatně pro každou bytovou jednotku. Pro porovnání provozu s centrální variantou byly 4 bytové jednotky vybaveny decentrální m rovnotlakým větráním se ZZT.

Tepelně technické parametry konstrukcí

- Obvodové stěny $U = 0,12 (0,13) \text{ W/m}^2\text{K}$
- Strop nad 3.np $U = 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Podlaha 1.NP $U = 0,15(0,19) \text{ W/m}^2\text{K}$
- Okna $U_w = 0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Střední hodnota $U_{em} = 0,182 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Vzduchová neprůvzdušnost $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$



Obr. 5 Dispozice přízemí

Vzduchotěsná rovina je tvořena zatěsněnou stávající konstrukcí. Tím vzniká minimální možnost jejího porušení, neboť nové dělicí konstrukce včetně rozvodů budou realizovány uvnitř vzduchotěsného prostoru.

VNITŘNÍ TECHNOLOGIE

- **Vytápění:** zdroj tepla centrální – 2 ks plynových kondenzačních kotlů, zapojených v kaskádě
Rozvod tepla – teplovodní se základním spádem cca 48/40 °C a ekvitermní regulací, stávající litinové článkové radiátory byly nahrazeny novými deskovými tělesy v cca polovičním počtu, osazené termostatickými hlavicemi.
- **Teplá voda:** centrální ohřev solárním systémem s dohřevem plynovým kotlem
- **Větrání:** řízené, centrální rovnotlaké s rekuperací tepla pro 23 bytů a decentrální větrání s rekuperací tepla pro 4 byty v III.NP.

SYSTÉM CENTRÁLNÍHO VĚTRÁNÍ PRO BYTOVÝ DŮM

- Filtrace vzduchu v rámci společné VZT jednotky, obsluhuje správce domu, který zajišťuje i pravidelnou údržbu a revizi zařízení.

- Rekuperace tepla probíhá v centrální jednotce = přívodní a odvodní centrální stoupačky k bytům a vzduchovody v bytech stačí minimálně tepelně izolovat pouze dle provozních požadavků (obvykle cca 20 mm izolace).
- Pro každou skupinu bytů (1x 12 bytů a 1x 11 bytů) společná centrální větrací VZT jednotka s EC ventilátory typu volného oběžného kola.
- Díky umístění ventilátorů mimo byty klesá hluk VZT systému, příkon 2 ks větších ventilátorů centrální jednotky při rozpočítání na byty je nižší než u varianty decentrální, kdy má každá bytová jednotka vlastní malou VZT jednotku s rekuperací s dvojicí malých ventilátorů.
- Dokonalé řízení centrální jednotky na konstantní tlak v systému.
- Díky regulačnímu boxu s lineární charakteristikou možnost řízení výkonu větrání pro každý byt nezávisle v rozsahu 5 – 180 m³/hod v několika stupních vč. možnosti plynulého řízení výkonu na základě čidla CO₂.

SYSTÉM DECENTRÁLNÍHO VĚTRÁNÍ PRO BYTOVÝ DŮM

- V každém bytě je osazena malá větrací jednotka s rekuperací tepla a možností dohřevu vzduchu po rekuperaci.
- Filtrace vzduchu je společná díky centrálnímu filtru pod kontrolou správce budovy ve společném přívodu a také filtrům v každé jednotce.
- Rekuperace tepla probíhá v decentrálních jednotkách = přívodní centrální a odvodní samostatné trasy nutno tepelně izolovat.
- Uživatel má k dispozici větší větrací výkon než při variantě centrálního větrání s možností napojení i odtahu digestoře na VZT jednotku.

Pro porovnání měrná potřeba energie na vytápění při větrání s různým i parametry účinnosti rekuperace a při větrání bez rekuperace pro BD Dubňany:

- | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| • měrná potřeba energie na vytápění | - s rekuperací (80 %) | 11,1 kWh/m ² a |
| • pro srovnání alternativa | - s rekuperací (50 %) | 15,79 kWh/m ² a |
| | - bez rekuperace | 21,11 kWh/m ² a |

POROVNÁNÍ NÁKLADŮ

- | | |
|--|---|
| ⊙ Prodejní cena včetně pozemku | od 19 tis. Kč/m² podl. plochy |
| ⊙ Prodejní cena bez pozemku | od 17 tis. Kč/m² podl. plochy |
| › Běžné náklady na rekonstrukci | cca. 16,5 tis. Kč/m ² |
| › Zlepšení tepelně technických vlastností: | |
| • Fasáda 2000 m ² x 250 Kč | 500 tis. Kč |
| • Střecha + suterén 840 m ² x 2 x 320Kč | 537 tis. Kč |
| • Rekuperace 27 bytů x 50 tis. Kč | 1.350 tis. Kč |

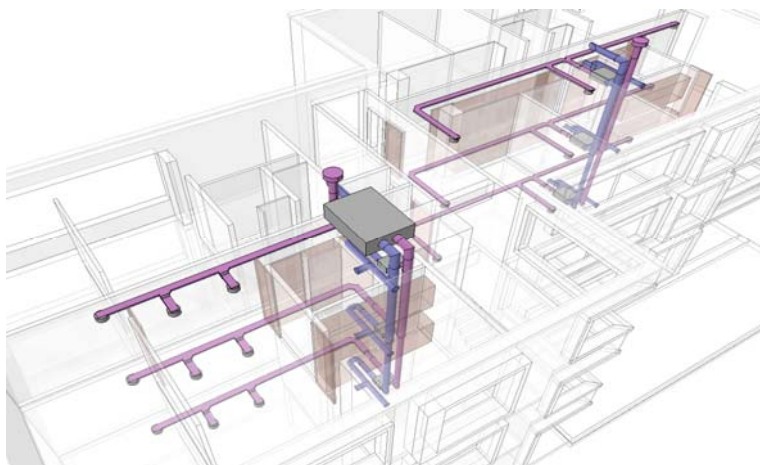
CELKEM ZVÝŠENÍ NÁKLADŮ

- | | |
|--|---------------------------------|
| ⊙ Zvýšení ceny na jeden byt = | 88.400,-Kč |
| ⊙ provozní náklady na vytápění | 1.200 Kč/rok. byt |
| ⊙ provozní náklady na vytápění . . | 11.600 Kč/rok. běžný byt |
| ⊙ úspora za 1 rok | 10.400 Kč/rok. |
| ⊙ <u>Návratnost zvýšené investice za</u> | <u>8,5 roku</u> |

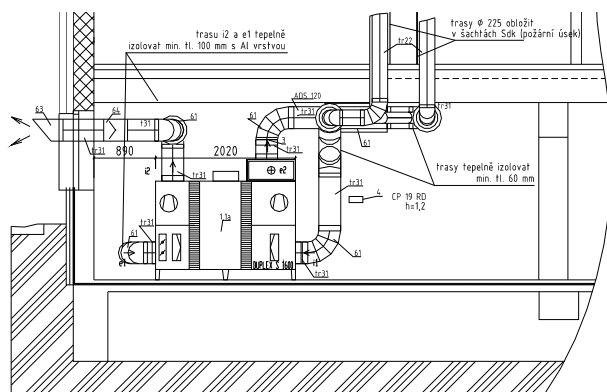
2.387 tis. Kč

ZÁVĚR

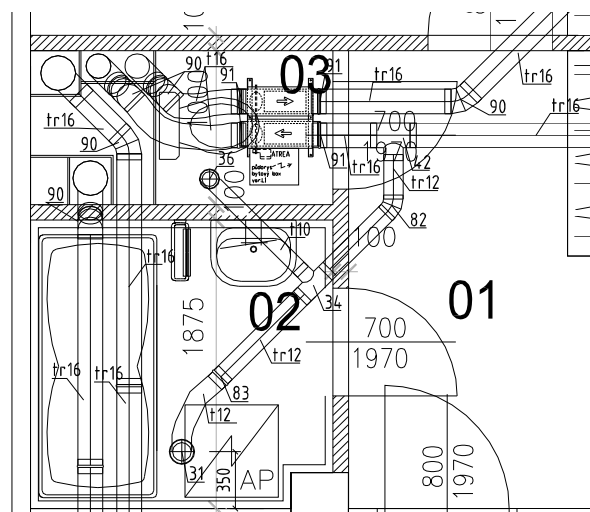
V dnešní době probíhá rekonstrukce a je možné dům po telefonické dohodě navštívit a případně si dohodnout na tel. +420 608 380 100 zkušební přenocování ve vzorovém bytě, který je v provozu.



Obr. 6 V levé části objektu je centrální systém větrání se společnou VZT jednotkou a s regulačním boxem v každém bytě, v pravé části je decentrální větrání s malou větrací jednotkou v každém bytě (zdroj: ATREA)



*Pohled na centrální větrací jednotku v BD
Dubňanech v suterénu*



*Část rozvodu v bytě vč. regulačního boxu a
centrálních stoupaček centrálního větrání*

Obr. 7 Detaily VZT (zdroj: ATREA)



TECHNIKY A ZPŮSOBY MĚŘENÍ PARAMETRŮ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

Tomáš Kmoch,

Blue-panther s.r.o.

tomas.kmoch@blue-panther.cz,

ANOTACE

Ve svém příspěvku seznamuji čtenáře s parametry, které jsou potřebné pro posouzení mikroklimatických podmínek vnitřního prostředí a dále popisují metodiku, techniky a způsoby měření parametrů vnitřního prostředí s důrazem na stanovení tepelné pohody organismu. Ve druhé části představuji měřicí přístroje, které jsou pro tato měření vhodná. V České republice platí několik zákonů a vyhlášek, které upravují a stanovují kvalitu vnitřního prostředí. Tyto platné předpisy jsou též v tomto příspěvku uvedeny a to včetně tabulek s požadovanými číselnými údaji sledovaných (měřených) parametrů.

ÚVOD

O parametrech vnitřního prostředí, tzv. mikroklimatu pojednávají v České republice tři zákony a několik vyhlášek. Nicméně na mnoha pracovištích se tyto zákony nedodržují a to vede ke snížení tepelné pohody a tudíž i výkonnosti osob, které v tomto prostředí pracují.

Požadavky na parametry vnitřního prostředí vycházejí ze tří zákonů a to:

- Zákon č. 183/2006 Sb. - Stavební zákon a související předpisy
- Zákon č. 258/2000 Sb. - O ochraně veřejného zdraví a související předpisy
- Zákon č. 262/2006 Sb. - Zákoník práce a související předpisy

Parametry mikroklimatu jsou stanoveny na základě typu vnitřních prostor, které se odvíjejí od činnosti, kterou člověk v tomto vnitřním prostoru vykonává. Samostatnou kapitolou jsou byty a bytové domy a především tzv. čisté prostory ve zdravotnických pracovištích a ve výrobním prostředí. Požadavky na tyto prostory jsou stanoveny především ve státních normách (ČSN).

TEPELNÁ POHODA

S pojmem kvalita vnitřního prostředí velice úzce souvisí pojem tepelná pohoda. Definice tepelné pohody může znít takto: „Tepelná pohoda je pocit, který člověk vnímá při pobytu v daném prostředí. Jelikož člověk při různých činnostech produkuje teplo, tak musí být zajištěn odvod člověkem produkovaného tepla do prostoru tak, aby nedošlo k výraznému zvýšení teploty těla. Na druhé straně odvod tepla nesmí být tak intenzivní, aby nedošlo k výraznému snížení teploty těla. Člověk by tedy neměl cítit v daném prostředí ani pocit nepříjemného chladu, ani nepříjemného tepla“ [6].

Pokud budete dodržovat parametry vnitřního prostředí, které jsou v předpisech definovány, tak by měla být tepelná pohoda osob, které se v tomto prostředí pohybují optimální. Toto je velice důležité, protože tepelná pohoda člověka má podstatný vliv na produktivitu jeho práce. Tepelná pohoda člověka je dána teplotními a vlhkostními podmínkami prostředí a také jeho oblečením. Na pocit pohody mají samozřejmě vliv i další aspekty, jako například osvětlení na pracovišti, hluk, rychlost proudění vzduchu atd.

Pokud toto shrneme tak na tepelnou pohodu člověka mají vliv následující faktory, které si můžeme rozdělit na subjektivní a objektivní:

Subjektivní faktory (metody)

Metody subjektivní jsou založeny na zjišťování subjektivních názorů uživatelů na stav prostředí, ve kterém pobývají. Jsou závislé na osobnosti člověka = jeho věk, psychický a fyzický stav atd. Pomocí těchto faktorů lze rozhodnout, zda je nutno provádět další šetření (objektivní) [7].

Objektivní faktory (metody)

Hodnocení mikroklimatických podmínek spočívají v měření fyzikálních veličin určujících mikroklima. Naměřené hodnoty se porovnávají s kritérii buď na základě více či méně zjednodušeného šetření rovnice tepelné bilance nebo s kritérii získanými z řady subjektivních vyšetření, popřípadě kombinací obou způsobů. Jedná se o čtyři veličiny, které jsou objektivně měřitelné pomocí vhodné techniky (teplota, vlhkost, rychlost proudění vzduchu a výsledná nebo radiační teplota) [7].

PARAMETRY MIKROKLIMATU V PRACOVNÍM PROSTŘEDÍ

Parametry mikroklimatu v pracovním prostředí jsou dány nařízením vlády č. 361/2007 Sb. V tomto nařízení je pracovní prostředí rozděleno do 5 tříd a to dle pracovních činností. Jednotlivé třídy pracovních činností jsou rozděleny dle energetického výdeje zaměstnance. Základním kritériem je operativní teplota t_o [°C], které je vypočtena z výsledné teploty, teploty vzduchu a rychlosti proudění vzduchu.

Tab.1 Parametry mikroklimatu v pracovním prostředí [2]

Tab. 1 Parametry mikroklimatu v pracovním prostředí					
Třída práce	Energetický výdej (W/m ²)	Operativní teplota t_o (°C)			Rychlost proudění (m/s)
		$t_{o \text{ min.}}$	$t_{o \text{ opt.}}$	$t_{o \text{ max.}}$	
I	< 80	20	22 ±2	28	0,1–0,2
II a	81 – 105	18	20 ±2	27	0,1–0,2
II b	106 – 130	14	16 ±2	26	0,2–0,3
III a	131 – 160	10	12 ±2	26	0,2–0,3
III b	161 – 200	10	12 ±2	26	0,2–0,3

$$t_o = t_r + A(t_a - t_r) \text{ [°C]} \quad (1)$$

Střední teplota sálání se vypočte z naměřené výsledné teploty kulového teploměru t_g a teploty okolního vzduchu t_a .

PARAMETRY MIKROKLIMATU V MIMOPRACOVNÍM PROSTŘEDÍ

U mimopracovních prostředí již není základním kritériem operativní teplota t_o , ale výsledná teplota kulového teploměru t_g . Jedná se o teplotu v okolí lidského těla měřenou kulovým teploměrem (viz. Měřicí přístroje), která zahrnuje vliv současného působení teploty vzduchu, teploty okolních ploch a rychlosti proudění vzduchu.

Mimopracovní prostředí se dále dělí na školské prostředí a pobytové prostředí. Parametry školského prostředí jsou upraveny vyhláškou č. 410/2005 Sb. (viz. Tab.2). Ve školských prostředích musí být dodržena relativní vlhkost vzduchu 40 až 60 %.

Tab.2 Parametry mikroklimatu ve školských prostředích [3]

Typ prostoru	Výsledná teplota			Rychlost proudění v_s (m/s)	Relativní vlhkost RH (%)
	$t_{g \text{ min.}}$ (°C)	$t_{g \text{ opt.}}$ (°C)	$t_{g \text{ max.}}$ (°C)		
učebny, pracovní, místnosti k dlouhodobému pobytu	20	22 ± 2	28	0,1–0,2	30–65
tělocvičny	18	20 ± 2	28	0,1–0,2	30–65
šatny	20	22 ± 2	28	0,1–0,2	30–65
sprchy	24	–	–	–	–
záchody	18	–	–	0,1–0,2	30–65
chodby	18	–	–	0,1–0,2	30–65

Parametry pobytových prostor jsou definovány vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb. (viz. Tab. 3). Ve vyhlášce je rok rozdělen na tzv. Teplé a chladné období, což je poměrně problematické, protože již není vyspecifikováno, kdy ony období začínají a končí. Relativní vlhkost vzduchu by měla být držena v rozsahu 30 až 65 % a rychlost proudění vzduchu v rozsahu 0,13 až 0,25 m/s.

Tab.3 Parametry mikroklimatu v pobytových prostorách [4]

Typ pobytové místnosti	Výsledná teplota t_g (°C) v ročním období	
	teplé	chladné
ubytovací zařízení	24,0 ± 2,0	22,0 ± 2,0
zasedací místnost staveb pro shromažďování většího počtu osob	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0
haly kulturních a sportovních zařízení	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0
učebny	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0
ústavy sociální péče	24,0 ± 2,0	22,0 ± 2,0
zdravotnická zařízení	24,0 ± 2,0	22,0 ± 2,0
výstaviště	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0
stavby pro obchod	23,0 ± 2,0	19,0 ± 3,0

MNOŽSTVÍ PŘIVÁDĚNÉHO VZDUCHU (VĚTRÁNÍ)

Požadované množství dodávaného vzduchu na pracoviště se opět liší dle charakteru činnosti (rozdělení pracovních tříd dle energetického výdeje viz. Tab. 1) a je dáno nařízením vlády č.361/2007 Sb. [2]

- Třída práce I a IIa (práce v sedě v kanceláři) $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na zaměstnance,
- Třída práce IIb a IIIa (práce ve stoje) $70 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na zaměstnance,
- Třída práce IIIb a IV (těžká fyzická práce) $90 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na zaměstnance.

Pokud by se jednalo o pracoviště, kde je povoleno kouření (což už je v dnešní době prakticky nemyslitelné), tak se dodávka vzduchu zvyšuje o $10 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Jinak se stanovuje dodávka vzduchu do prostředí, kde je výrobní technologie zdrojem nečistot, které se uvolňují do ovzduší pracoviště. Tam je nutné množství dodávaného vzduchu

zvýšit o takové množství, které zajistí dostatečné odvádění škodlivin a to do takové míry, aby byly dodrženy předepsané limity (tzv. *PEL*). V tomto nařízení vlády není rozlišeno větrání přirozené a větrání nucené a proto výměna vzduchu může být provedena libovolným způsobem.

ČISTÉ PROSTORY

Kapitolou samou pro sebe jsou speciální průmyslové či zdravotnické prostory, které se nazývají čisté prostory. Jedná se o takové prostory, ve kterých je řízena koncentrace částic ve vznosu a který je konstruován a využíván takovým způsobem, aby to minimalizovalo zanesení, generování a zadržování částic uvnitř prostoru, v němž jsou řízeny ostatní relevantní parametry, např. teplota, vlhkost a tlak.

Tyto speciální prostory jsou v dnešní době již zcela běžné využívány v elektronické výrobě, ve výrobě přesné mechaniky a optiky, potravinářské výrobě, farmaceutické výrobě a v neposlední řadě v nemocnicích (operační sály, příprava farmak atd.). Nejdůležitější parametrem čistého prostoru je maximální přípustný počet částic /m³. Dle požadavku na stupeň čistoty prostoru jsou čisté prostory rozděleny (klasifikovány) do 4 tříd dle ČSN EN ISO 14 644-1 (viz. Tab. 4)

Tab.4 Klasifikace čistých prostor dle ČSN EN ISO 14 644-1 [5]

Klasifikační číslo ISO (N)	Maximální limity koncentrace [počet částic/m ³] pro částice s velikostí rovnající se a větší než uvedené velikosti					
	0,1 μm	0,2 μm	0,3 μm	0,5 μm	1 μm	5 μm
ISO třída 1	10	2				
ISO třída 2	100	24	10	4		
ISO třída 3	1 000	237	102	35	8	
ISO třída 4	10 000	2 370	1 020	352	83	
ISO třída 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
ISO třída 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
ISO třída 7				352 000	83 200	2 930
ISO třída 8				3 520 000	832 000	29 300
ISO třída 9				35 200 000	8 320 000	293 000

MĚŘENÍ PARAMETRŮ MIKROKLIMATU

Teplota

Pro posouzení tepelné pohody osob se nepoužívá klasická hodnota pokojové teploty, ale tzv. výsledná teplota t_g [°C] (teplota kulového teploměru). Tato teplota se měří pomocí teploměru se sondou, která je vložena do kulové baňky z polyuretanu o průměru 100 či 150 mm (teploměr dle Vernona-Jokla). Teplota, která je naměřena teploměrem uvnitř této baňky po ustálení (asi 15 až 20 minut) je právě ona výsledná teplota. Tato teplota vyjadřuje současné působení teploty vzduchu, teploty okolních ploch a rychlosti proudění vzduchu. Z výsledných teplot, které jsou naměřeny v úrovni hlavy, břicha a kotníků je stanovena střední hodnota (střední radiační teplota).



Obr. 1. Kulový teploměr

Měření rychlosti proudění vzduchu v prostředí

Tepelná pohoda je samozřejmě ovlivněna také rychlostí proudění vzduchu. Při vyšší rychlosti proudění je zvyšována pohoda při vyšších okolních teplotách, ale pokud je rychlost příliš vysoká, tak může vést až ke zdravotním potížím. K měření rychlosti proudění vzduchu v prostředí je potřeba použít přístrojů, které jsou schopny měřit malé rychlosti proudění ($0,05$ až $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Lze použít lopatkové anemometry (využití mechanických účinků proudícího vzduchu) či žárové anemometry, které měří rychlost proudění na základě ochlazování elektricky žhaveného elementu. Tyto anemometry měří rychlost proudění vzduchu až od cca $0,2 \text{ m/s}$ a proto nejsou pro měření rychlosti proudění vzduchu v prostředí úplně nejvhodnějším řešením. Ideálním řešením je měření pomocí všesměrové sondy, kde naměřená rychlost proudění není závislá na směru proudění a hlavně tato sonda měří již od rychlosti $0,05 \text{ m/s}$.



Obr. 2. Anemometr s všesměrovou sondou

Měření vlhkosti vzduchu

Pro účely posouzení vlhkosti vnitřního prostředí se používá měření relativní vlhkosti. Jedná se o poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu ku množství par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení. Je udávána v procentech. V praxi se asi nejčastěji používají kapacitní vlhkoměry, kdy se na hodnotu vlhkosti převádí kolísání elektrické kapacity čidla.



Obr. 3. Kapacitní vlhkoměr

Měření v čistých prostorách

Měření tlakového spádu

Tlakový rozdíl se měří mezi čistými prostory jiných tříd a také mezi čistým prostorem a okolním prostředím. Vzduch proudí ve směru tlakového spádu (z oblasti s vyšším tlakem do oblasti s nižším tlakem) a proto by měl být tlak ve vyšší třídě čistého prostředí vyšší než v okolním čistém prostoru nižší třídy, respektive vyšší než v okolním „běžném“ prostoru. Toto zabezpečuje, že čistý prostor nemůže být kontaminován okolím. Tlakový rozdíl mezi čistým prostorem a běžným prostorem by měl být 15 Pa a mezi různými třídami čistých prostor 10 Pa. [5]

Přístroj, který je vhodný pro takovéto měření je např. Mikromanometr KIMO MP 100 (viz. Obr. 4). Přístroj má dva vstupy, do kterých se přivede vzduch o vyšším a o nižším tlaku a pomocí membrány je změřen tlakový rozdíl.

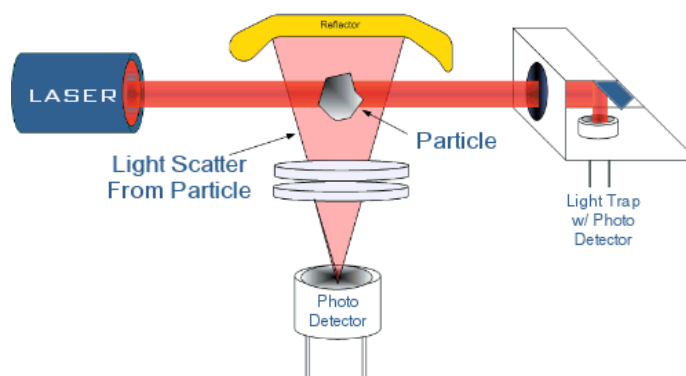


Obr. 4. Mikromanometr

Měření částic nečistot ve vzduchu

Toto je nejdůležitější část kontroly čistých prostor. Při tomto měření je ověřeno, že koncentrace částic nepřekračuje limity, které jsou stanoveny v normě ČSN EN ISO 14 644.

Pro tato měření se nejčastěji používají laserové čítače, které dokáží stanovit počet a velikost jednotlivých částeček. Tyto přístroje měří počet a velikost částic na základě odraženého záření od částic. Rozptýlené světlo je fokusováno do objektivu a převedeno na el. impuls (viz. obrázek 5). Amplituda impulsů udává velikost částic a počet impulsů počet částic. Pro posouzení čistého prostoru je potřeba měření provést na několika místech prostoru (v závislosti na velikosti a třídě čistoty prostoru).



Obr. 5. Princip laserového čítače částic

ZÁVĚR

Orientovat se v předpisech a nařízeních, týkajících se parametrů vnitřního prostředí není vůbec jednoduchou záležitostí. Chybí v nich řada definic a co více, chybí v nich i parametry vnitřních prostředí pro některé typy prostor. Toto způsobuje projektantům, stavařům a také uživatelům budov nemalé problémy. Nicméně pro pracovní prostředí jsou tyto parametry zpracovány poměrně přehledně. Dodržování parametrů na pracovních prostředích není důležité pouze z hlediska legislativy, ale hlavně z důvodu zdraví a produktivity zaměstnanců. Jediným způsobem, jak zjistit a ověřit tyto parametry je měření.

LITERATURA

- [1] MATHAUSEROVÁ, Z. *Novelizace hygienické legislativy*. Nařízení vlády č.361/2007 Sb., Vytápění, větrání, instalace 2008, roč. 17 číslo 2 stránky 87 až 89.
- [2] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.
- [3] Vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělání dětí a mladistvých.
- [4] Vyhláška č. 46/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb.
- [5] VYR-36 ČISTÉ PROSTORY, Publikace SÚKL (2009).
- [6] Tepelná pohoda, aktualizováno 19. 2. 2012. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepelna_pohoda.
- [7] Mikroklimatické podmínky vnitřního prostředí pracovišť, Státní zdravotní ústav, aktualizováno 1. 4. 2012. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/mikroklimaticke-podminky-vnitriho-prostredi-pracovist>.

SEZNAM OZNAČENÍ

t_o	operativní teplota	[°C]
t_r	střední radiační teplota	[°C]
t_a	teplota vzduchu	[°C]
t_g	výsledná teplota kulového teploměru	[°C]
A	koefficient pro výpočet operativní teploty	[-]
RH	relativní vlhkost vzduchu	[%]
v_a	rychlost proudění vzduchu	[m/s]



NOVÝ EXPERIMENTÁLNÍ ZEMNÍ VÝMĚNÍK TEPLA FSI VUT

Antonín Kolbábek, Michal Jaroš

Energetický ústav, Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně
ykolba00@stud.fme.vutbr.cz, jaros@fme.vutbr.cz

ANOTACE

Príspevek popisuje stavbu a provedení nově realizovaného zemního výměníku tepla, který byl s podporou projektu FRVŠ 3206/2011/G1 „Zemní výměník tepla jako nový prvek v technice prostředí“ vybudován jako doplněk experimentálního nízkoenergetického domu FSI VUT v Brně. Instalovaná měřicí aparatura monitoruje parametry potřebné pro vyhodnocení jeho provozu (včetně teplotního rozvrstvení okolní zeminy). Zařízení bude využito při výuce studentů Energetického ústavu FSI VUT v oblasti alternativních systémů větrání a vytápění, zejména u budov s nízkou spotřebou energie (pasivní a nízkoenergetické domy). Naměřená data umožní upřesnit poznatky získané předchozími numerickými simulacemi a poskytnout relevantní podklady pro navrhování ZVT i hodnocení jejich přínosu ke snížení energetické spotřeby obytných budov.

ÚVOD

Zemní výměníky tepla (ZVT) jsou založeny na myšlence využití zemského polomasivu k předehřevu nebo ochlazení větracího vzduchu. Tepelnou setrvačností zeminy dochází k tomu, že v některých fázích roku (během zimy) je její teplota v dostatečné hloubce pod povrchem vyšší než obvyklá teplota vzduchu. Vzduch procházející potrubím uloženým v této hloubce (zpravidla postačuje 2–2,5 m) se tedy ohřívá. To jednak přináší energetické úspory, ale zejména může být použito jako protimrazová ochrana následného zařízení pro zpětné získávání tepla (např. rekuperačního výměníku). V létě je situace opačná – zemina se dosud nestačila prohřát a procházející vzduch ochlazuje.

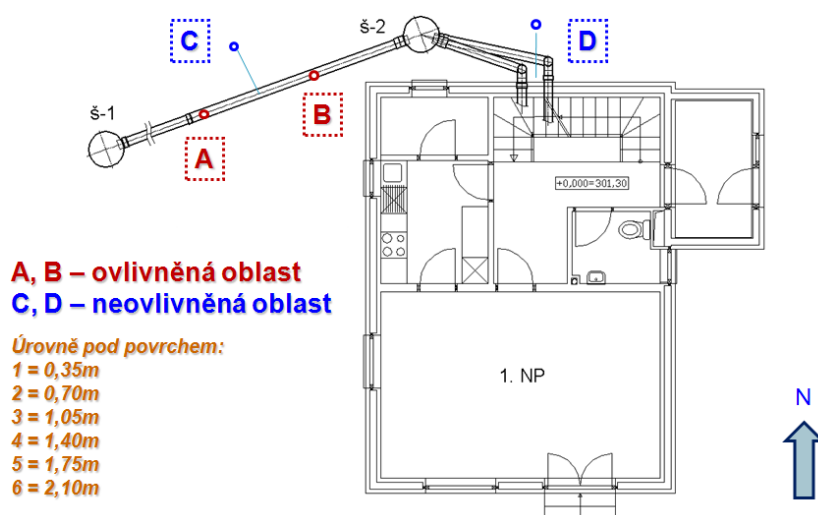
Vedle *vzduchových* ZVT, u nichž mohou vznikat problémy s hygienou (např. tvorbou plísní v důsledku kondenzace vzdušné vlhkosti na stěnách potrubí), existuje i typ *kapalinový* (*solankový*) [1]. Zemním trubkovým registrem zde protéká nemrzoucí směs (solanka, propylenglykol apod.) a přes výměník tepla umístěný uvnitř budovy, zpravidla na počátku vzduchotechnického řetězce, předává teplo (popř. chlad) nasávanému vzduchu. Nevýhodou tohoto typu ZVT je vyšší investiční náročnost, o něco nižší energetická účinnost [2] i vyšší provozní náklady.

Zemní výměníky tepla se začaly v západní Evropě objevovat – v souvislosti s rostoucími cenami energie – již před 20–30 lety [3]. U nás se více uplatňují až v posledních 10 letech, zejména jako doplněk teplovzdušných vytápěcích systémů rodinných domů (viz např. [4]). Existují však i aplikace ve velkých objektech občanské výstavby, např. v nové budově Moravské zemské knihovny v Brně [5].

Dosavadní práce autorů se zabývaly teoretickým rozбором provozu ZVT, zejména s využitím simulačních metod (např. [2], [6], [7]). Navázaly tak na předchozí práce Kopeckého ([8–10], souhrnně [11]). Nový vzduchový zemní výměník tepla v cirkulačním provedení, vybudovaný během loňského roku s podporou projektu FRVŠ 3206/2011/G1 jako doplněk experimentálního nízkoenergetického domku FSI VUT v Brně, umožní jak získání praktických zkušeností, tak i seznámení studentů s tímto relativně novým prvkem techniky prostředí.

POPIS ZAŘÍZENÍ

Realizovaný vzduchový zemní výměník tepla je tvořen dvěma větvemi potrubí DN 200 KG-Systém PVC® (výrobce WAVIN Osmo, Kostelec nad Labem), které jsou v zemním výkopu uloženy nad sebou v hloubkách cca 1,4 m a 2,0 m (osově). Horním potrubím proudí vzduch směrem od domu, spodním se vrací zpátky. Motoricky ovládanou klapkou typu TKR 200/200/200 Pr LM230 (ATREA, Jablonec nad Nisou) lze sání vzduchu přepínat buď z prostoru 2.NP (cirkulační režim pro ochlazení vnitřního vzduchu v letním období) nebo přes nasávací žaluzii zvenčí (přímý režim pro předehřev větracího vzduchu v zimním období, případně jeho ochlazení v létě). Vzhledem k dispozici volného venkovního prostoru (uložení sítí) bylo nutno zvolit lomený půdorys výměníku (obr. 1). Zalomení je realizováno kontrolní šachtou, do níž jsou zaústěny obě větve výměníku (obr. 2a). Dolní větev je propojena přímo šachtou, zatímco vstupy horní (dopředné) větve jsou propojeny flexibilním potrubím s připojeným sifonem pro odvod kondenzátu. Přímá část obou větví v délce cca 15 m je na opačném konci zapojena do další šachty (obr. 2b). Zde se proud vzduchu v obou výše uvedených režimech obrací a vrací zpátky. Další možností je nasávání venkovního vzduchu přes tuto šachtu a jedno nebo obě potrubí dovnitř domu. Vzhledem k tomu, že výměník je umístěn v mírném svahu, jsou všechna potrubí vyspádována směrem k mezilehlé šachtě. Případný kondenzát vzdušné vlhkosti (při ochlazování vzduchu v letním období) zde bude shromažďován a jeho množství měřeno.



Obr. 1 Půdorys realizovaného ZVT s vyznačením polohy zemních teplotních sond A–D

Obě větve výměníku jsou do experimentálního domu zaústěny vstupy umístěnými vedle sebe (na obr. 3a zobrazeny ještě bez tepelné izolace a vnějšího krytu). Uvnitř budovy (obr. 3b) jsou umístěny čisticí tvarovky (s odnímatelným víkem pro možnost čištění vnitřku potrubí), přepínací klapka s rozvětvením (na vstupní větvi) a filtr s ventilátorem (na výstupní větvi). Radiální ventilátor typu RM 200L se jmenovitým průtokem 1000 m³/h je ovládán 5stupňovým regulátorem otáček REV 1.5 A IP54 (obojí ELEKTRODESIGN ventilátory, Praha).

Součástí ZVT je regulační a měřicí aparatura. S ohledem na předpokládané využití ve výuce (mj. v předmětech *Technika prostředí, Experimentální metody I., II. a Seminář aplikované termomechaniky*) není dosud uvedena do konečné podoby; její postupné dobudování bude vycházet z potřeb jednotlivých laboratorních úloh. Doposud jsou instalována následující měřicí zařízení:

- Čtyři zemní teplotní sondy (na obr. 1 označeny A až D), každá s 6 termočlánky typu T, umístěnými v hloubkách 0,35 m, 0,7 m, 1,05 m, 1,4 m, 1,75 m a 2,1 m. Sondy byly



Obr. 2 Výstavba ZVT: a) usazování kontrolní šachty, b) zasypávání výkopu

během stavby zabudovány do výkopu (sondy A, B ve svislé ose výměníku, sondy C a D ve vzdálenosti cca 2 m od potrubí), aby bylo možno měřit teplotní rozvrstvení jak v zemině ovlivněné, tak i neovlivněné provozem výměníku. Termočlánky byly v potřebných délkách svařovány z termočlánekového drátu typu TT-T-24-SLE (ROHS) (Omega Eng., USA), izolovány proti vniknutí vlhkosti a poté ve vodní lázni třibodově kalibrovány (při teplotách 5 °C, 25 °C a 40 °C) přesným odporovým teploměrem Testo 735 se sondou Pt100. Jednotlivé svazky byly na ochranu proti mechanickému poškození vloženy do flexibilní chráničky („husího krku“) a uloženy v hloubce cca 50 cm pod povrchem zásypu.

- Šest integrovaných snímačů teploty a vlhkosti typu HIH4000-003 (Honeywell) v uzlových bodech ZVT (na obou koncích přímých větví ZVT, tzn. na vstupech obou potrubí do kontrolní a nasávací šachty; dále na vstupu a výstupu ZVT z/do objektu).
- Žárový anemometr typu ALMEMO FV A935-TH5 (Ahlborn) v přívodním potrubí ZVT pro měření rychlosti, resp. průtoku vzduchu.
- Dvě teplotní čidla (termočlánky typu T) měřící vnější a vnitřní teplotu vzduchu.
- Výstupy všech čidel jsou snímány měřicím a přídavným modulem typu Omega OMB-DAQ-56 (Omega Eng., USA), z něhož jsou naměřená data přes USB port stahována do řídicího počítače a zde archivována.

Po ověření funkčnosti všech uzlů bude finalizován měřicí program v jazyce *LabView*, který umožní naměřené parametry přenášet na počítačovou síť FSI VUT. Pro vyhodnocení provozu ZVT mohou být rovněž využita data vnitřního a venkovního prostředí, měřená v rámci jiných projektů (mj. intenzita slunečního záření, směr a síla větru, relativní vlhkost vzduchu apod.). Výhledově se předpokládá automatické řízení provozu ZVT s využitím výstupních modulů řady ADAM 4000 včetně průběžného měření spotřeby el. energie.

PŘEDPOKLÁDANÉ VYUŽITÍ ZVT

Popisovaný zemní výměník tepla byl budován s primárním cílem podpořit výuku v oblasti alternativních systémů TZB pro větrání a vytápění, zejména u budov s nízkou spotřebou energie (pasivní a nízkoenergetické domy). Měření vertikálního teplotního profilu zeminy



Obr. 3 Výstavba ZVT: a) průchod potrubí stěnou objektu, b) uspořádání vnitřního zařízení

umožní studentům učinit si názornou představu o energetickém potenciálu zemského polomasisivu. Na základě naměřených provozních dat bude rovněž možno posoudit vhodnost zemního výměníku jako protimrazové ochrany dalších vzduchotechnických zařízení. Studenti se tak prakticky seznámí s tímto v ČR relativně novým prvkem techniky prostředí i možnými problémy, které s sebou jeho provoz přináší (dosahované hodnoty výstupní teploty vzduchu, kondenzace vody během letního provozu, hygienická hlediska apod.). Zařízení bude sloužit studentům bakalářských, magisterských i doktorských studijních programů.

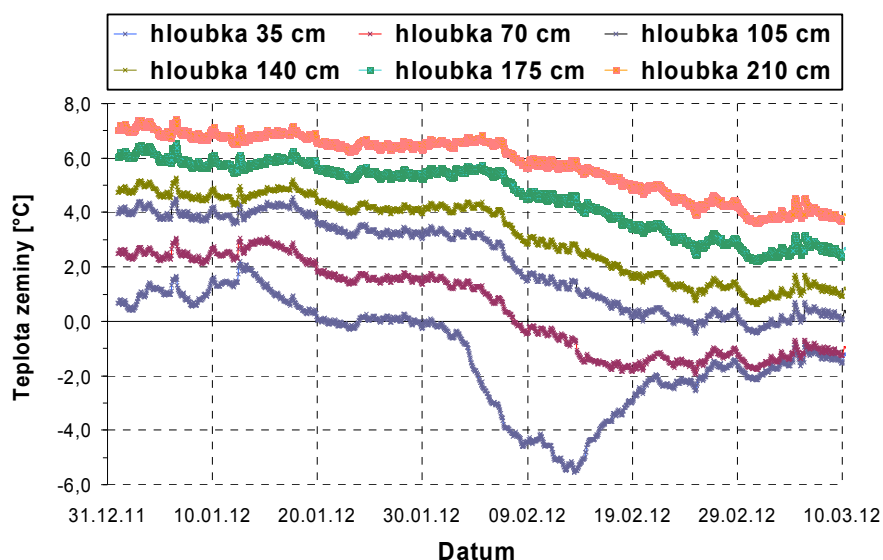
Realizovaný zemní výměník může (s malými úpravami) pracovat v následujících režimech:

- 1a) *přímý větrací režim v plné délce* – nasávání vzduchu z fasády a jeho průchod celou délkou potrubí (horní tam, dolní zpět);
- 1b) totéž s přehozením obou větví (dolní tam, horní zpět);
- 2a) *přímý větrací režim v poloviční délce* – sání vzduchu nasávací šachtou a jeho paralelní průchod oběma větvemi ZVT (jejich výstupy budou propojeny kontrolní šachtou);
- 2b, c) totéž pouze horní/dolní větví;
- 3a, b) *cirkulační režim chlazení* – nasávání vzduchu v 2.NP objektu a jeho průchod celou délkou potrubí (horní tam, dolní zpět nebo naopak).

Naměřené provozní parametry budou dlouhodobě ukládány do databáze a vyhodnocovány (obr. 4 zobrazuje hodinové průměry teplot zeminy v období od 31. 12. 2011 do 10. 3. 2012). Vzniknou tak relevantní podklady pro navrhování ZVT a hodnocení jejich energetického přínosu. Výhledově – po opětovném připojení experimentálního domu na počítačovou síť FSI VUT – budou aktuální provozní hodnoty zobrazovány na příslušných webových stránkách.

ZÁVĚR

Výše popsany zemní výměník tepla je v mnohém netypický, což vyplývá ze skutečnosti, že byl vybudován dodatečně, jako doplněk již existujícího objektu. Z téhož důvodu byly i jeho investiční náklady (bez systému měření a regulace cca 118.700,- Kč, viz tab. 1) vyšší než u zařízení postaveného „na zelené louce“ (což někdy platí i doslova). Ani typ zeminy, v níž je umístěn (prachovitě písčité jílovitá hlína sprašového typu s pórovitou strukturou) není pro jeho funkci ideální [8] – vhodnější jsou půdy s vyšší tepelnou vodivostí (tab. 2).



Obr. 4 Teploty zeminy naměřené teplotní sondou C v období leden–březen 2012

Přesto věříme, že nově vybudovaný zemní výměník tepla přispěje nejen k bližšímu seznámení studentů i širší odborné veřejnosti s tímto stále ještě poměrně ojedinělým zařízením, ale i k získání nových provozních údajů o jeho energetickém a ekonomickém přínosu.

Tab. 1 Rozpis investičních nákladů realizovaného zemního výměníku tepla

Položka	Cena [Kč]
zemní práce (vč. bednění výkopu)	24.631,–
potrubí a tvarovky	13.274,–
kontrolní šachta + nasávací šachta s filtrem	32.248,–
vzduchotechnické komponenty	29.241,–
elektromateriál	5.986,–
drobný materiál	7.601,–
doprava šachet	5.760,–
CELKEM	118.741,–

Tab. 2 Typické parametry některých druhů zeminy (podle [11])

Typ zeminy	hustota [kg/m ³]	tepelná kapacita		vodivost	
		měrná [J/kg·K]	objemová [kJ/m ³ ·K]	tepelná [W/m·K]	teplotní [m ² /s]
Hlinitá	1650	2 850	4 703	2,30	4,89·10 ⁻⁷
Jílovitá	1500	880	1 320	1,28	9,70·10 ⁻⁷
Písčitá	1780	1 390	2 474	0,93	3,76·10 ⁻⁷
Spraš ^{*)}	620–1360	–	–	0,07–0,8	–

^{*)} hodnoty naměřené v okolí města Fairbanks, Aljaška (USA) [12]

LITERATURA

- [1] MICHAEL, K. Zemní výměník tepla k předehřívání vzduchu v zimě a předchlazení vzduchu v létě (český překlad). In: *Pasivní domy 2007*. 1. vyd. Brno: Centrum pasivního domu, 2007, s. 291–295.

- [2] KOLBÁBEK, A., JAROŠ, M., SOKOLA, R. Energetická simulace zemních výměníků tepla. In: *Sborník 6. konf. IBPSA-CZ „Simulace budov a techniky prostředí 2010“*. Praha: IBPSA-CZ, 2010, s. 61–66.
- [3] PAUL, E. *Využití zemních výměníků tepla ve spojení se zařízením pro bytové větrání a rekuperaci tepla* [online], 10. 10. 2005 [cit. 2012-03-22]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2772>>.
- [4] MORÁVEK, P. Nový systém teplovzdušného vytápění s řízeným větráním obytných budov a jeho výpočtový model. In: *Sborník konf. „Klimatizace a větrání 2004“*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2004, s. 245–259.
- [5] *Moravská zemská knihovna. Příležitostná publikace*. Brno: Unistav, 2001.
- [6] JAROŠ, M., KOLBÁBEK, A. Vliv zemního výměníku tepla na provoz rekuperační jednotky teplovzdušného vytápění. In: *Sborník konf. „Klimatizace a větrání 2010“*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2010, s. 55–62.
- [7] JAROŠ, M., KOLBÁBEK, A. Energetický a ekonomický přínos zemního výměníku tepla v teplovzdušném vytápěcím systému s rekuperací. *Vytápění, větrání, instalace*, 19 (5): 222–228, 2010.
- [8] KOPECKÝ P. Chlazení a předeřhřev vzduchu v zemním výměníku. *Sborník konf. „Simulace budov a techniky prostředí 2004“*. Praha: IBPSA-CZ, 2004, s. 71–76.
- [9] KOPECKÝ P. Zemní výměník tepla: model a validace. *Vytápění, větrání, instalace*, 15 (4): 198–202, 2006.
- [10] KOPECKÝ P. Návrh dimenzí zemních výměníků tepla. *Vytápění, větrání, instalace*, 17 (3): 124–128, 2008.
- [11] KOPECKÝ P. *Hygro-thermal performance of earth-to-air heat exchangers: numerical model, analytical and experimental validation, measurements in-situ, design*. Disertační práce. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2008.
Dostupné z: <http://kopeckyp.wz.cz/files/pdf/PK_DIZ08.pdf>.
- [12] JOHNSON, J. B., LORENZ, R. B. Thermophysical Properties of Alaskan Loess: An Analog Material for the Martian Polar Layered Terrain? *Geoph. Res. Lett.*, 27 (17): 2769–2772, 2000.
Dostupné z: <<http://www.lpl.arizona.edu/~rlorenz/loess.pdf>>.

Autoři děkují Fondu rozvoje vysokých škol za podporu poskytnutou projektem 3206/2011/G1 „Zemní výměník tepla jako nový prvek v technice prostředí“ při budování popsaneho ZVT a grantům GAČR 101/09/H050 „Výzkum energeticky úsporných zařízení pro dosažení pohody vnitřního prostředí“ a FSI-S-11-6 „Komplexní modelování interakce člověka a prostředí v kabinách dopravních prostředků a obytných prostorách a návrhové nástroje“ za podporu při zpracování a prezentaci tohoto příspěvku. Zvláštní poděkování náleží doc. Ing. Lumíru Mičovi, Ph.D. z Ústavu geotechniky Fakulty stavební VUT za odborné posouzení typu zeminy.



KONTROLY KLIMATIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ

Miloš Lain

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí
milos.lain@fs.cvut.cz

ANOTACE

V tomto příspěvku je podána základní informace o kontrolách klimatizačních systémů dle stávající platné české legislativy. Dále je v článku nastíněn správný postup při kontrolách a diskutován přístup některých investorů. V závěru příspěvku se dotýká některých připravovaných změn legislativy v této oblasti.

ÚVOD

Kontroly klimatizačních systémů vycházejí z požadavku směrnice evropského parlamentu a rady 2002/91/ES. Její implementace se projevila v zákoně č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií konkrétně v jeho novele č. 177/2006 Sb. Tento zákon je základním legislativním podkladem, ze kterého vychází povinnost provádět kontroly klimatizačních systémů. Na něj navazuje vyhláška č. 277/2007 Sb. ze dne 19. října 2007 o kontrole klimatizačních systémů. Tyto dva dokumenty představují v současné době základní podklady pro provádění kontrol klimatizačních systémů, i když se oba mají ještě v letošním roce dočkat zásadních úprav vycházejících z nové směrnice evropského parlamentu a rady 2010/30/EU.

ZÁKON Č. 406/2000 SB.

Jak již bylo zmíněno, jedná se o základní zákon stanovující povinnosti provádění kontrol klimatizačních systémů (zařízení). Zákon obsahuje definici klimatizačního systému, určuje pro jaké systémy je třeba kontroly provádět. Zákon udává četnost kontrol i formu postihů za jejich nedodržení. Platnost paragrafů zákona týkajících se kontrol klimatizací je od 1.1. 2009 a vzhledem k tomu, že četnost kontrol klimatizačních systémů je stanovena na 4 roky, měly by mít všechny klimatizační systémy realizované do roku 2009 provedenou první kontrolu již do konce letošního roku.

V zákoně je definován „klimatizačním systémem soubor všech zařízení a prvků na úpravu parametrů vnitřního prostředí spojené s ohřevem, chlazením, zvlhčováním a filtrací vzduchu, které jsou součástí stavby“. Tato definice není úplně jednoznačná, ale dle obvyklého výkladu pojmu se za klimatizační systém považuje takový systém, který má funkci chlazení. Mezi takové systémy patří chladivové systémy (split, multisplit, VRV systémy s proměnným průtokem chladiva, zdroje chladu pro přímé výparníky centrálních klimatizačních jednotek), vodní systémy konvektivní (systémy s ventilátorovými konvektory „fan-coil“), sálavé chladicí systémy (chladicí stropy, stěny, podlahy) a kombinované systémy vzduch-voda (indukční jednotky, chladicí trámce). Definice nespecifikuje typ budovy ani vnitřního prostředí, proto se podle tohoto zákona musí kontroly provádět pro všechny klimatizační systémy ať již v obytných, shromažďovacích, administrativních či průmyslových budovách.

V zákoně je dále stanoveno, že „u klimatizačních systémů je vlastník nebo provozovatel zařízení se jmenovitým chladicím výkonem vyšším než 12 kW povinen zajistit pravidelnou kontrolu každé 4 roky“. Zároveň je však definován „jmenovitým chladicím výkonem klimatizačního systému jmenovitý příkon pohonu zdroje chladu udaný výrobcem“. Tím je vlastně výkon převeden na elektrický příkon. Tudíž se dle tohoto zákona musí kontroly provádět pro klimatizační systémy s el. příkonem zdroje chladu větším než 12 kW. Přičemž se dle výkladu státní Energetické Inspekce posuzují jednotlivé zdroje chladu v budově

samostatně. Proto v případě, že všechny zdroje chladu mají příkon nižší než 12 kW není třeba kontrolu klimatizačního systému dané budovy provádět.

Zákon též stanovuje, že „Kontrolu klimatizačních systémů mohou provádět pouze osoby podle § 10 přezkoušené ministerstvem z problematiky užití účinnosti energie a návrhů opatření nebo osoby autorizované podle zvláštního právního předpisu 4d) Rozsah přezkoušení stanoví prováděcí právní předpis“. Pro možnost provádět kontroly je třeba se přihlásit na MPO a získat oprávnění.

Zákon stanovuje i pokuty za nedodržení jeho nařízení až 200 000 Kč.

VYHLÁŠKA Č. 277/2007 SB.

Tato vyhláška je základním podkladem pro vypracovávání kontrol klimatizačních systémů a jako taková je v následujících odstavcích uvedena téměř v plném znění bez příloh.

Pravidelná kontrola klimatizačních systémů

Pravidelná kontrola klimatizačního systému zahrnuje posouzení účinnosti klimatizace a jejího výkonu v porovnání s požadavky na chlazení budovy. Výsledkem pravidelné kontroly klimatizačního systému je zpráva obsahující zjištění s návrhy na opatření, doporučení a poradenství o možném zlepšení nebo výměně klimatizačního systému a o alternativních řešeních.

Kontrola klimatizačních systémů zahrnuje

- a)** identifikaci klimatizačního systému v rozsahu podle přílohy č. 1 k této vyhlášce,
- b)** posouzení dokumentace, z hlediska úplnosti, aktuálnosti a dodržování, a kterou je
 1. projektová dokumentace klimatizačního systému, zahrnující výchozí energetické bilance, návrh a dimenzování jednotlivých částí systému, seznam komponent systému a návrh měření a regulace jednotlivých zón a celého systému,
 2. dokumentace uvedení systému do provozu, to je výsledky měření průtoků vzduchu v jednotlivých zónách systému,
 3. dokumentace změn systému od jeho uvedení do provozu,
 4. provozní předpisy výrobců komponent klimatizačního systému,
 5. místní provozní řád, je-li příslušnými předpisy vyžadován,
 6. provozní deník klimatizačního systému, je-li příslušnými předpisy vyžadován, a ostatní provozní dokumentace jako záznamy o údržbě chladicích zařízení včetně čištění vnitřních i venkovních tepelných výměníků a doplňování chladiva, záznamy o údržbě vzduchotechnických zařízení včetně čištění a výměn filtrů, čištění výměníků tepla a výdechových i nasávacích otvorů vzduchu,
 7. zprávy z dřívějších kontrol,
- c)** vizuální prohlídku klimatizačního systému na přístupných místech, obsahující
 1. identifikaci komponent klimatizačního systému včetně ověření shody instalovaných komponent s projektovou dokumentací,
 2. kontrolu teplotního rozdílu mezi vstupem a výstupem chladicích agregátů s tím, že rozdíl teplot musí být zřejmý zjištěním dotykem ruky na výstupní a vratné trubce,
 3. kontrolu hluku a vibrací při běhu chladicích agregátů,
 4. kontrolu tepelné izolace na potrubí chladiva, kontrolu úplnosti a neporušenosti izolace,
 5. kontrolu správné funkce přívodu venkovního a odvodu otepleného vzduchu, zahrnující kontrolu volnosti otvorů pro přívod a odvod vzduchu, čistotu povrchu tepelných výměníků a nepoškození chladicích žeborů, stav filtrů nasávaného vzduchu,
 6. kontrolu vzduchovodů včetně uzavíracích, regulačních a požárních klapek, kontrolu neporušenosti vzduchovodů a funkčnosti klapek,

7. kontrolu regulace systému klimatizace včetně identifikace komponent regulace, to je teplotních čidel, servopohonů ovládání armatur a vzduchových klapek a časovacích zařízení, ověření správnosti umístění teplotních čidel, funkce servopohonů a mechanismů ovládání armatur a klapek, správnosti a vhodnosti nastavení časovacích zařízení, ověření vzájemného blokování regulace vytápění a chlazení, aby nemohlo docházet k současnému vytápění a chlazení,

d) ověření stavu údržby klimatizačního systému zahrnující

1. zjišťování zjevných stop provádění údržbových prací při vizuální kontrole klimatizačního systému,
2. záznamy o údržbě a opravách s kontrolou záznamů o čištění filtrů a tepelných výměníků, výměnách agregátů, změnách zařízení, generálních opravách a rekonstrukcích,
3. kontrolu dokladů o údržbě a opravách včetně technické dokumentace,

e) ověření funkce klimatizačního systému zahrnující

1. vyzkoušení, zda klimatizační zařízení v provozu plní všechny funkce podle návodu dodavatele,
2. vyzkoušení funkce regulace klimatizačního zařízení, které se provádí za provozu po nezbytně nutnou dobu - kontrola ovládání a regulace, to je vyzkoušení funkcí ovládání a regulace, ověření pohody prostředí v klimatizovaných prostorech jak podle údajů teploměrů, tak podle subjektivního hodnocení uživatelů budovy,
3. ověření (identifikace) instalovaných měřidel spotřeby elektřiny pro pohony ventilátorů, chladicích kompresorů a ostatních komponent klimatizačního systému,
4. kontrolu spotřeby energie pro klimatizaci objektu (podle záznamů měřidel nebo podle provozní evidence provozovatele); v případě, že spotřeba energie pro klimatizaci není vyhodnocována, je nutno provést odborné ocenění s pomocí zjištěných údajů o příkonech hlavních spotřebičů a jejich provozní doby.

Zpráva o kontrole klimatizačního systému obsahuje

a) identifikační údaje klimatizačního systému budovy,

b) zhodnocení výsledku vizuální kontroly klimatizačního systému,

c) zhodnocení stavu veškeré dokumentace, které může být provedeno s využitím a odvoláním se na předložené servisní a revizní zprávy,

d) zhodnocení úrovně údržby klimatizačního systému,

e) zhodnocení regulace klimatizačního systému,

f) návrhy na opatření k odstranění případných nedostatků, návrhy možných zlepšení nebo výměny klimatizačního systému a návrhy alternativních řešení, která respektují nákladovou efektivnost a proveditelnost.

Jak je patrné z obsahu této vyhlášky, jedná se o poměrně stručnou a jednoznačnou vyhlášku, která však neobsahuje detailní popisy jednotlivých činností. Tím dává poměrně dost prostoru pro konkrétní podobu realizace kontrol a je na každé osobě tuto činnost vykonávající jak detailně bud kontrola provedena. Vzhledem k tlaku majitelů na co nejnížší náklady kontrol a přístupu řady podnikatelů jsou pak některé kontroly velmi povrchní s minimálním přínosem. Taková kontrola pak nesplňuje vlastní účel vyhlášky, který je specifikován v prvním poměrně všeobecném odstavci.

NORMA ČSN EN 15240

Tato norma je překladem Evropské normy pro kontrolu klimatizačních systémů. Je detailnější než vyhláška č. 277/2007 Sb. Její nevýhodou však je, že nevychází z české legislativy. Tato norma může být základním materiálem pro kontroly klimatizačních systémů a metodika v ní prezentovaná může být použita i v našich podmínkách. Avšak vzhledem k některým jejím nesrovnalostem s českou legislativou je třeba upřednostnit dokumenty uvedené výše.

„SPRÁVNÁ“ KONTROLA KLIMATIZAČNÍHO SYSTÉMU

Klimatizační systém je složen z řady zařízení a prvků a jednotliví specialisté zastupující dotčené profese, mají zcela rozdílné představy o tom, jak by měla kvalitní a detailní kontrola probíhat. Specialista na chlazení dokáže identifikovat špatný chod zařízení či výrazně snížit spotřebu energie v případě podrobného monitorování parametrů v oběhu chladiva. Specialista v oboru měření a regulace považuje za základní diagnostiku a ověření čidel, akčních členů a programů MAR systémů. Pro hygienika je pak rozhodující dlouhodobé ověřování parametrů vnitřního prostředí a kvality vzduchu. Pro ověření správného dimenzování je zase třeba ověřit energetické bilance klimatizovaných prostor a monitorovat provoz klimatizace. V případě takto detailního přístupu ke všem zastoupeným profesím by byl ale rozsah kontroly klimatizace značný a pro řadu majitelů naprosto nepřijatelný. Při správně provedené kontrole by si měla být osoba tuto kontrolu provádějící vědoma všech výše zmíněných aspektů a v případě, že je z dostupných dat, dokumentace a skutečností zjištěných během vizuální prohlídky patrná špatná funkce některých zařízení, měla by detailní monitorování a analýzy tohoto zařízení provést či alespoň investorovi doporučit.

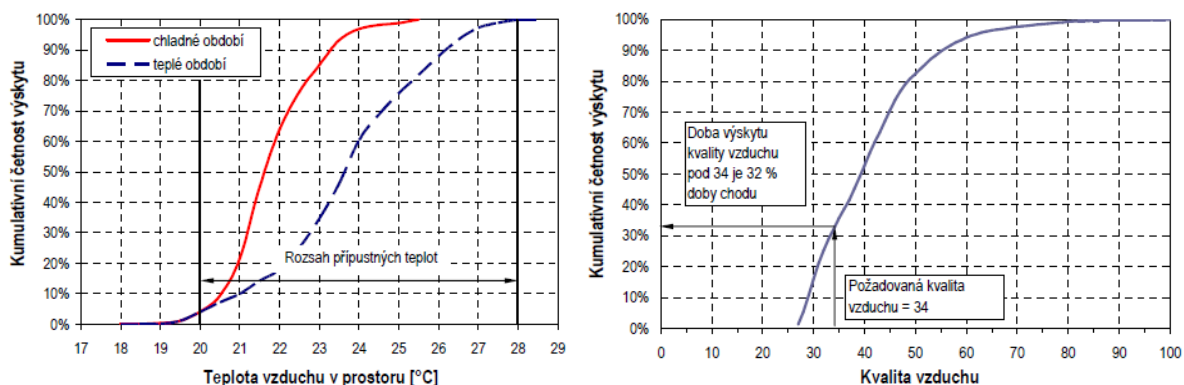
Jak je patrné z výše zmíněné vyhlášky, kontrola klimatizací má za úkol nejen vizuálně kontrolovat, případně monitorovat klimatizační zařízení, ale i shromáždit dokumentaci a provést její analýzu. Jedním ze základních problémů při špatném provozu klimatizačních systémů je právě absence takového komplexního přístupu.

Pro správnou kontrolu klimatizačního zařízení je velmi důležité ověření jeho správné funkce. Cílem klimatizace je dosažení kvalitního vnitřního prostředí. Proto součástí kontroly by mělo být i monitorování a vyhodnocení vnitřního prostředí v klimatizovaných prostorech, a to jak v podobě objektivních parametrů (teploty, vlhkosti, koncentrace CO₂, koncentrace škodlivin), tak subjektivního hodnocení uživatelů (spokojenost s teplotou, kvalitou vzduchu, obtěžování průvanem). Nejvhodnější je vyhodnocení dlouhodobého monitorování objektivních parametrů doplněného o jednorázová kontrolní měření kalibrovanými čidly během vlastní kontroly. Užitečným nástrojem je i statistické zpracování dotazníků na teplenou pohodu a kvalitu vzduchu předložených všem osobám v prostoru pracujícím. Z takto získaných informací lze pak vyhodnotit nejen, zda jsou vyhovující parametry prostředí ale i to zda je provoz opravdu energeticky úsporný, jestli není zbytečně větráno, vytápěno či chlazeno.

Dalším důležitým parametrem jsou spotřeby energie jednotlivých prvků klimatizačního systému, jako jsou kompresory, ventilátory, čerpadla, zvlhčovače, ale i ohřívače a chladiče. Jsou-li takováto data k dispozici, lze jejich analýzou vyhodnotit, zda je systém provozován správně a z anomálií identifikovat možné poruchy a chyby.

Jak již bylo zmíněno, detailní monitorování teplot, tlaků a provozu kompresoru umožňuje značné úspory energie a zlepšení chladicího faktoru. Proto je takovéto monitorování velmi vhodné, ale asi ho nelze nařídit jako povinné pro všechny systémy. Na druhé straně někteří výrobci chladivových systémů provádějí sledování parametrů oběhu chladiva ať již v rámci autodiagnostiky zdrojů chladu, nebo dálkovým odečtem dat do firemních data center.

Tento komplexní přístup klade však značné nároky jak na sběr a analýzy dat, tak i na osobu provádějící kontrolu. Kontroly klimatizací stejně jako jejich navrhování a provozování se vyznačují vysokou variabilitou. Ta je dána jak širokými možnostmi typů klimatizačních zařízení a zdrojů chladu, tak interakcemi mezi vnějším prostředím, budovou, vnitřním prostředím i vlastním klimatizačním systémem. Proto nelze očekávat podrobné „kuchařky“, které by umožňovaly aby kontroly klimatizací správně prováděli lidé, kteří nemají v tomto oboru patřičné vzdělání a zkušenosti. Osoba provádějící kontroly by měla detailně znát jak funkci a požadavky na údržbu jednotlivých prvků klimatizačních zařízení včetně měření a regulace, tak rozumět chování budovy i požadavkům kladeným na vnitřní prostředí klimatizovaných prostor.



Obr. 1 Ukázka vyhodnocení teploty a kvality vzduchu v rámci kontroly klimatizačního systému.

DALŠÍ VÝVOJ KONTROL KLIMATIZACÍ

Další vývoj kontrol klimatizačních systémů vychází z novelizace české legislativy. Změny výše uvedeného zákona a vyhlášky by měly vycházet jak ze směrnice evropského parlamentu a rady 2010/30/EU, tak z dosavadních zkušeností. Měly by být vyjasněny základní pojmy a upřesněno pro které systémy je povinnost provádět kontroly. Vyhláška bude jistě podrobnější a budou lépe definovány požadované výstupy z každé kontroly.

Pravděpodobně se změní i četnost kontrol tak, aby bylo zohledněno případné trvalé monitorování provozu a výsledky předchozí kontroly.

Tab. 1 Varianta četnosti kontrol klimatizačních systémů.

Jmenovitý příkon zdroje chladu	První kontrola	Výsledky předchozí kontroly		
		1 – vyhovuje a je trvale monitorován	2 – vyhovuje s připomínkami	3 - nevyhovuje
≤50 kW	6	10	8	4
>50 kW a ≤200	4	10	6	2
≥200 kW	4	8	4	2

Monitorování provozu klimatizace je zcela zásadním krokem ve snaze o optimalizaci jejího provozu. Díky stále většímu podílu inteligentních prvků a výpočetní techniky je řada informací již v systémech dostupná a věřím, že se moduly měření a regulace zabývající se sběrem analýzou dat potřebných pro kontroly klimatizací stanou v dohledné době standardem pro systémy měření a regulace rozsáhlejších či tzv. inteligentních budov.

ZÁVĚR

Kontroly klimatizačních systémů by mohly být významným krokem ke zlepšení využití energie a zvýšení kvality prostředí v klimatizovaných prostorách. Je otázkou praktické aplikace těchto kontrol, přístupu majitelů a osob kontroly provádějících, zda se takovým krokem opravdu stanou.

LITERATURA

- [1] Lain, M. - Schwarzer, J. (ed.), Kurz - Kontrola klimatizačních systémů, Praha, České vysoké učení technické v Praze, 2009. 144 s.
- [2] Zmrhal, V., Duška, M., Drkal, F. Kontrola klimatizačního zařízení – příklady. In: Kontrola klimatizačních systémů. Kurz. Společnost pro techniku prostředí. 2011.

Tento příspěvek vznikl za podpory MPO(program Efekt) a vychází z výsledků výzkumu v rámci výzkumného záměru MSM6840770011.



KVALITA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ BUDOV – POŽADAVKY A LIMITY V NAŠICH PŘEDPISECH

Zuzana Mathauserová

Státní zdravotní ústav

zmat@szu.cz

ANOTACE

V příspěvku jsou shrnuty požadavky a limity upravující oblast vnitřního prostředí budov z hlediska hygienických požadavků - zákony, nařízení vlády, vyhlášky, normy. Ne vždy jsou jednotné a jejich dodržení ne vždy zaručí dosažení požadovaného komfortu nebo alespoň únosnosti prostředí.

ÚVOD

Vycházíme-li z hygienických požadavků, je kvalita vnitřního prostředí budov popsána souhrnem fyzikálních, chemických a biologických ukazatelů a měla by být zaručena dodržáním stanovených limitů na jednotlivé faktory tak, aby bylo vyloučeno zdravotní riziko pro člověka, nebo vymezeno alespoň „přijatelné riziko“ tam, kde působení škodlivin je bezprahové a žádné „bezpečné limity“ stanovit nelze.

Opatření, které dodržení těchto limitů zajistí, je dostatečné větrání – vznikající „škodliviny“ jsou z prostředí odvedeny, nebo alespoň je jejich koncentrace snížena na přípustnou hodnotu nepoškozující zdraví člověka.

ZÁKONÉ A NORMATIVNÍ DOKUMENTY

Obecně vychází právně závazné hygienické požadavky na jednotlivé faktory prostředí a větrání ze zákonů, podrobněji jsou pak rozpracovány v prováděcích předpisech k těmto zákonům. Do roku 2000 to byla Sbírka hygienických předpisů, nyní máme k dispozici požadavky jednotlivých nařízení vlády a vyhlášek. V oblastech, které nejsou těmito předpisy pokryté, pomohou požadavky norem, které mohou být právně zezávaceny odkazem na normové hodnoty v příslušném nařízení vlády nebo vyhlášce, jinak jsou pouze doporučením vycházejícím z dosažené úrovně poznání řešené problematiky.

Seznam zákonů a prováděcích předpisů, které se obecně dotýkají problematiky větrání resp. kvality prostorů, v nichž pobývají lidé, je v následujícím odstavci.

Zákony

- **Zákon č. 183/2006 Sb.**, o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) v platném znění.
- **Zákon č. 20/1966 Sb.**, o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů – především **zákona č. 258/2000 Sb.**, o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů.
- **Zákon č. 262/2006 Sb.**, zákoník práce v platném znění.
- **Zákon č. 309/2006 Sb.**, o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.
- **Zákon č. 18/1997 Sb.**, o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření, ve znění zákona č. 13/2002 Sb.

Některé jednotlivé požadavky vyplývají i z „chemického zákona“, „zákona o odpadech“, „zákona o léčivech“ a řady dalších.

Prováděcí právní předpisy k uvedeným zákonům

- **Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.**, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, **nařízení vlády č. 68/2010 Sb.**, kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., (prováděcí předpisy k zákonu č. 262/2006 Sb. a 309/2006 Sb.). V současné době je již podepsána další novelizace, čeká se pouze na uveřejnění pod novým číslem ve Sbírce zákonů.
- **Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.**, o ochraně před nepříznivými účinky hluku a vibrací (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb., zákonu č. 262/2006 Sb. a 309/2006 Sb.).
- **Nařízení vlády č. 1/2008 Sb.**, o ochraně zdraví před neionizujícím zářením (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb., zákonu č. 262/2006 Sb. a 309/2006 Sb.), **nařízení vlády č. 106/2010 Sb.**, kterým se mění nařízení vlády č. 1/2008 Sb.
- **Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 20/2012 Sb.**, o technických požadavcích na stavby, (prováděcí předpis ke stavebnímu zákonu č. 183/2006 Sb.).
- **Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb.**, o radiační ochraně, **vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 499/2005 Sb.**, kterou se mění vyhláška č. 307/2002 Sb. (prováděcí předpisy k zákonu č. 18/1998 Sb. a zákonu č. 13/2002 Sb. v platném znění).
- **Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 410/2005 Sb.**, o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, **vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 343/2009 Sb.**, kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb. (prováděcí předpisy k zákonu č. 258/2000 Sb.).
- **Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 137/2004 Sb.**, o hygienických požadavcích na stravovací služby a o zásadách osobní a provozní hygieny při činnostech epidemiologicky závažných, **vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 602/2006 Sb.**, kterou se mění vyhláška č. 137/2004 Sb. (prováděcí předpisy k zákonu č. 258/2000 Sb.).
- **Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 238/2011 Sb.**, kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb.).
- **Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb.**, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb.).
- **Vyhláška Ministerstva zdravotnictví a Ministerstva zemědělství č. 84/2008 Sb.**, o správné lékařské praxi, bližších podmínkách zacházení s léčivy v lékárnách, zdravotnických zařízeních a u dalších provozovatelů a zařízení vydávajících léčivé přípravky (prováděcí předpis k zákonu č. 378/2007 Sb., zákon o léčivech).

Přestože jsou již ve všech našich předpisech zapracovány předpisy Evropských společenství, nejsou požadavky na jednotlivé faktory vnitřního prostředí staveb vždy jednotné, nebo v posledních novelizacích předpisů zcela chybí – viz Tab. 1. Jak vyplývá z předchozího seznamu, můžeme je hledat podle jednotlivých typů prostředí, ke kterým se vztahují – pracovní prostředí, školská a stravovací zařízení, bazény a sauny, pobytové prostory, příp. podle jednotlivých fyzikálních faktorů – hluk, vibrace, neionizující záření, radiační ochrana apod. Oblast bytů a bytových domů v současné době zcela vypadla z kompetence orgánů ochrany veřejného zdraví (hygieniků) a ve stávajících „hygienických předpisech“ nejsou tedy stanoveny žádné požadavky na kvalitu vnitřního prostředí v bytech. Některé požadavky je ale možné najít ve stavebních předpisech, jsou řešeny odkazem na normové hodnoty.

Tab. 1 Platné předpisy stanovující limity pro jednotlivé faktory vnitřního prostředí

Typ prostředí	Předpis	Existují limity pro:
pracovní	NV č. 361/2007 Sb., NV č. 68/2010 Sb.	MKL, chemické látky a prašnost, osvětlení, větrání
stravovací	vyhláška č. 602/2006 Sb.	žádné limity neexistují
školské	vyhláška č. 343/2009 Sb.	MKL, větrání
pobytové	vyhláška č. 6/2003 Sb.	MKL, chemické látky a prašnost, výskyt mikroorganismů, výskyt rozočů
bazény, sauny	vyhláška č. 238/2011 Sb.	MKL, osvětlení, větrání, mikrobiální kontaminaci vody
vnitřní prostředí staveb	vyhláška č. 20/2012 Sb.	větrání, koncentrace CO ₂

Pozn.: NV = nařízení vlády

MKL = mikroklima (teploty, relativní vlhkost, rychlost proudění vzduchu)

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. v platném znění – pracovní prostředí

Zde jsou uváděny limity z poslední novelizace (podepsané, zatím bez čísla), které se od posledního znění uvedeného v NV č. 68/2010 Sb. trochu liší.

Mikroklimatické podmínky

Základní teplotní veličinou je změřená výsledná teplota kulového teploměru, nebo vypočítaná teplota operativní (v případech, kdy se jedná o vyšší sálavou složku v prostředí nebo vysokou rychlost proudění vzduchu). Citace celoročně přípustných hodnot je uvedena v tab. 2.

Tab. 2 Zátěž teplem při práci na nevenkovním pracovišti s neudržovanou teplotou přirozeně větraném, na pracovišti, na němž je k větrání použito kombinované nebo nucené větrání a na pracovišti s udržovanou teplotou jako technologickým požadavkem

Třída	M	t _{omin} nebo t _{gmin}	t _{omax} nebo t _{g max}	v _a	Rh
práce	[W.m ⁻²]	[°C]	[°C]	[m.s ⁻¹]	[%]
I	≤ 80	20	27	0,01 až 0,2	30 až 70
IIa	81 až 105	18	26		
IIb	106 až 130	14	32		
IIIa	131 až 160	10	30	0,05 až 0,3	
IIIb	161 až 200	10	26		
IVa	201 až 250	10	24	0,1 až 0,5	
IVb	251 až 300	10	20		
V	301 a více	10	20	-	

Zcela samostatně jsou dále řešena klimatizovaná pracoviště, kde klimatizace je použita nikoli z důvodů technologických požadavků na prostředí, ale k zajištění optimální pohody prostředí. Jsou uvažována pracoviště s činností s malým energetickým výdejem (administrativní budovy

apod.), tedy jen třída práce I a IIa a tato pracoviště jsou ještě rozdělena do tří kategorií (A, B, C), podle požadované kvality prostředí a náročnosti vykonávané činnosti:

Kategorie A platí pro klimatizovaná pracoviště s požadovanou vysokou kvalitou prostředí, na nichž je vykonávána práce náročná na pozornost a soustředění.

Kategorie B platí pro klimatizovaná pracoviště s požadovanou střední kvalitou prostředí při práci vyžadující průběžnou pozornost a soustředění.

Kategorie C platí pro ostatní klimatizovaná pracoviště – podrobně tab. 3.

Tab. 3 Přípustné hodnoty nastavení mikroklimatických podmínek pro klimatizované pracoviště třídy I a IIa

Třída práce	M [W.m ⁻²]	Kategorie	Klimatizovaná pracoviště				v _a [m.s ⁻¹]	Rh [%]		
			Nastavení vytápění		Nastavení chlazení					
			Tepelný odpor oděvu 1,0 clo		Tepelný odpor oděvu 0,5 clo					
			t _{omin} (t _{gmin}) [°C]	t _{omin} (t _{gmin}) [°C]	t _{omin} (t _{gmin}) [°C]	t _{omin} (t _{gmin}) [°C]				
I	≤ 80	A		±1,0		±1,0	0,05 až 0,2	30 až 70		
		B	22	±1,5	22	±1,5 -1,0				
		C		+2,5 -2,0		+2,5 -2,0				
IIa	81-105	A		±1,0		±1,0				
		B	20	±1,5	20	±1,5 +1,0				
		C		+2,5 -2,0		+2,5 -2,0				

Obdobným způsobem (pro kategorie A, B, C) jsou v NV stanoveny i limity pro působení rozdílné horizontální tepelné zátěže na úrovni hlavy zaměstnance – působení teplých a chladných povrchů. A jsou uvedeny i limitní rozdíly výsledných teplot mezi hlavou a kotníky při dané teplotě v úrovni hlavy zaměstnance.

Chemické látky a prašnost

V NV jsou uvedeny seznamy většiny v pracovním prostředí se vyskytujících látek a typů prachů a jsou pro ně stanoveny limitní hodnoty:

- Pro chemické látky přípustné expoziční limity (*PEL*), tj. celosměnově vážené průměry a nejvyšší přípustné koncentrace (*NPK-P*), tj. časově vážený průměr po dobu nejvýše 15 min.
- Pro prašnost přípustné expoziční limity (*PEL*).

Osvětlení

Požadavky jsou stanoveny odkazem na normy:

ČSN 73 0580 Denní osvětlení budov, ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení a ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení.

Větrání

Množství vyměňovaného vzduchu se určuje s ohledem na vykonávanou práci a její fyzickou náročnost. Minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště musí být:

- 25 m³.h⁻¹ na zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd práce I nebo IIa na pracovišti bez přítomnosti chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění,
- 50 m³.h⁻¹ na zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd práce I nebo IIa na pracovišti s přítomností chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění,
- 70 m³.h⁻¹ na zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd práce IIb až IIIa,
- 90 m³.h⁻¹ na zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd práce IVa až V.

Pokud je na pracovišti povoleno kouření, zvyšuje se dávka vzduchu o 10 m³.h⁻¹. Je-li na pracoviště přístup veřejnosti (např. supermarkety apod.), zvyšuje se množství přiváděného venkovního vzduchu úměrně předpokládané zátěži 0,2 až 0,3 osoby/m² nezastavěné podlahové plochy.

Vyhláška č. 410/2005 Sb. ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb. – školská zařízení

Jsou uvedeny požadavky na mikroklimatické podmínky i větrání, chemické látky a prašnost se řeší podle vyhlášky č. 6/2003 Sb. pro pobytové prostory. Bohužel chybí limit pro koncentrace CO₂, jehož nárůst v utěsněných a nedostatečně větraných školských budovách je v současnosti vysoký a má za následek nadměrnou únavu, nesoustředěnost i drobné zdravotní obtíže žáků i učitelů.

Uváděné dávky vzduchu jsou označeny jako „intenzita větrání čerstvým vzduchem“ – viz tab. 4. Osvětlení je opět řešeno odkazem na normové hodnoty.

Tab. 4 Intenzita větrání čerstvým vzduchem v zařízení a provozovnách pro výchovu a vzdělávání

Typ prostoru	Výměna vzduchu [m ³ .h ⁻¹]
Učebny	20 až 30 na 1 žáka
Tělocvičny	20 až 90 na 1 žáka *
Šatny	20 na 1 žáka
Umývárny	30 na 1 umyvadlo
Sprchy	150 200 na 1 sprchu
Záchody	50 na 1 kabinu
	25 na 1 pisoár

* s ohledem na využití tělocvičny

Tab. 5 Celoročně přípustné parametry mikroklimatických podmínek

Typ prostoru	Výsledná teplota			Rychlost proudění v _a [m.s ⁻¹]	Relativní vlhkost Rh [%]
	t _{g min} [°C]	t _{g opt} [°C]	t _{g max} [°C]		
Učebny	20	22 ± 2	28	0,1 až 0,2	30 až 65
Tělocvičny	18	20 ± 2	28	0,1 až 0,2	30 až 65
Umývárny	20	22 ± 2	28	-	-
Sprchy	24	-	-	0,1 až 0,2	30 až 65
Záchody	18	-	-	0,1 až 0,2	30 až 65
Chodby	18	-	-	0,1 až 0,2	30 až 65

Přínosem novelizovaného znění vyhlášky je, že bere v úvahu utěsňování prostor novými okny a požaduje: „Přirozené větrání musí být v případě těsných oken zajištěno systémy mikroventilace nebo větracími šterbinami“. A dalším požadavkem, který se v jiných předpisech nevyskytuje je požadavek na čištění VZT, kdy vyhláška říká, že úklid je třeba provádět i „pravidelnou údržbou nuceného větrání nebo klimatizace a čištěním vzduchotechnického zařízení ...“

Vyhláška č. 6/2003 Sb. – pobytové prostory

Tato vyhláška vůbec neřeší větrání, jen mikroklimatické podmínky, ale dost zmatečně – nerozlišuje např. u sportovních hal jejich využití – požaduje stejné teploty pro zimní stadiony i tenisové haly apod. Je zde uvedeno i několik limitů pro chemické látky a prach (chybí limit pro CO₂) a mikrobiologické limity.

Tab. 6 Celoročně přípustné teploty v pobytových prostorách podle vyhlášky č. 6/2003 Sb. při rychlosti proudění vzduchu 0,13 až 0,25 m.s⁻¹ a relativní vlhkosti 30 až 65 %

typ pobytové místnosti	výsledná teplota	
	$t_g [^{\circ}\text{C}]$	
	období roku	
	teplé	chladné
ubytovací zařízení	24,0 ± 2,0	22,0 ± 2,0
zasedací místnost staveb pro shromažďování většího počtu osob	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0
haly kulturních a sportovních zařízení	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0
učebny	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0
ústavy sociální péče	24,0 ± 2,0	22,0 ± 2,0
zdravotnická zařízení	24,0 ± 2,0	22,0 ± 2,0
výstaviště	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0
stavby pro obchod	23,0 ± 2,0	19,0 ± 3,0

Vyhláška č. 238/2001 Sb. – bazény a sauny

Jsou uvedeny požadavky na větrání vyjádřené násobností výměny vzduchu a limity pro teplotu a především relativní vlhkost vzduchu pro haly bazénů, sauny i související prostory.

Vyhláška č. 20/2012 Sb. - stavební vyhláška

Tato novelizovaná vyhláška upřesnila požadavky předchozí vyhlášky č. 268/2009 Sb. a jednoznačně stanovuje požadavky na větrání, rozlišuje pobytové místnosti a obytné místnosti.

Pobytové místnosti

Jsou definované jako prostory, které svou polohou, velikostí a stavebním uspořádáním splňují požadavky, aby se v nich zdržovaly osoby. Je požadováno, aby v době pobytu osob bylo množství vyměňovaného venkovního vzduchu 25 m³ na osobu, nebo minimální výměna vzduchu 0,5 h⁻¹. Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý CO₂, jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1500 ppm.

Obytné místnosti

Musí mít zajištěno dostatečné větrání venkovním vzduchem a vytápění v souladu s normovými hodnotami. Podrobné požadavky na větrání bytů a bytových domů včetně

doporučených systémů větrání, celé koncepce větrání bytů a vzorových výpočtů uvádí ČSN EN 15665/Z1.

Je samozřejmě možné použít požadavky na větrání i z dalších norem, ale nikde nejsou tak komplexně zpracované, jako v ČSN EN 15665/Z1.

ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

Odvolává se a cituje požadavky ČSN EN 15665 a školskou vyhlášku, při celkové intenzitě větrání v budově větší než 1 h^{-1} doporučuje použití ZZT. Je citována samozřejmost, která ale v praxi tak samozřejmá není – „Místnosti s nuceným odtahem vzduchu musí mít zajištěn odpovídající přívod vzduchu“.

Tab. 7 Požadavky na větrání obytných budov podle národní přílohy Z1 k ČSN EN 15665

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h^{-1}]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{os})$]	Kuchyně [m^3/h]	Koupelny [m^3/h]	WC [m^3/h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

V době, kdy obytné budovy nejsou dlouhodobě využívány, je možné snížit intenzitu větrání až na $0,1 \text{ h}^{-1}$. Norma upozorňuje na skutečnost, že větrání infiltrací spárami oken nelze pro budovy s těsnými okny použít, řeší i malou účinnost rotačních větracích hlavic a větrání prostorů s plynovými spotřebiči typu A a B – odkazem na požadavky TPG 70401 Odběrná plynová zařízení a spotřebiče na plynná paliva v budovách.

ZÁVĚR

Každý prostor, kde se zdržují lidé, musí být pro zajištění zdravotně nezávadného prostředí větratelný a dostatečně větraný. Naše předpisy, i když ne vždy hovoří stejně, nám poskytují dostatek podkladů pro řešení. Realita je ale zcela jiná. Dochází masivně k výměně starých oken za okna nová, zcela těsná, která maximálně omezují přirozené větrání prostorů infiltrací, ale jiný systém větrání se při výměně oken již neřeší. Kvalita prostředí v současných utěsněných bytech, učebnách i výrobních prostorách je většinou velmi špatná, ať už se jedná o vysoké koncentrace oxidu uhličitého, řady chemických látek, vysokou vlhkost vzduchu doprovázenou růstem plísní a v neposlední řadě i o spaliny z plynových spotřebičů. Jediným důvodem je nedostatečné větrání utěsněných prostor.



ÚSPORNÉ VĚTRÁNÍ ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY NA ZÁKLADĚ KONCENTRACE CO₂

Jan Neckář

Multi-VAC s.r.o.

jan.neckar@multivac.cz

ÚVOD

Předmětem studie je třípodlažní budova ze 30. let 20. století v ulici Milheimově v Pardubicích, kde byla mimo jiné provedena výstavba vzduchotechniky. V budově byl uplatněn systém DCV řízený dle koncentrace oxidu uhličitého CO₂ v jednotlivých kancelářích. Navržený systém větrání tak přináší zaměstnancům kvalitní prostředí pro práci. Díky tomuto přístupu získal majitel budovy eBRÁNA titul Odpovědná firma roku 2011.

Realizační firmou a dodavatelem VZT byla společnost Multi-VAC s.r.o.. Hlavní části systému jsou jednotky českého výrobce společnosti 2VV.

ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Pro základní výpočet byla uvažována maximální letní výpočtová teplota 29 °C. Minimální zimní výpočtová teplota je -15 °C. Tabulková hodnota je však -12 °C, protože však vzduchotechnika nedokáže využít tepelné akumulace objektu, je dle doporučení brána hodnota o 3 °C nižší. Vnitřní teplota je neupravována, protože vzduchotechnika nezasahuje do tepelné bilance, v zimním období je přívodní vzduch ohříván na 20 °C a v létě není chlazen. Navržené zařízení řeší větrání pracovišť, školící místnosti, malé školící místnosti, sociálních zařízení a kuchynky (Tab.1).

Tab. 1 Přehled půdorysných ploch dotčených vzduchotechnikou

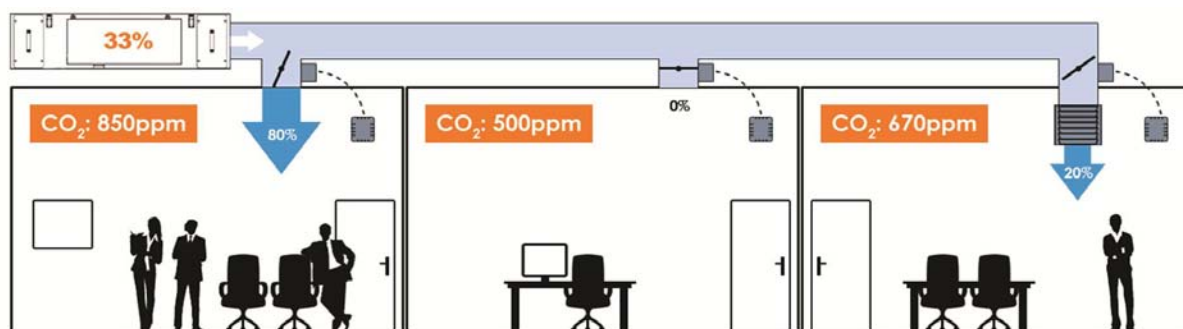
CELKOVÁ TABULKA PLOCH (m ²)					
	1.NP KANCELÁŘE	1.NP ŠKOLÍCÍ CENTRUM	2.NP	3.NP	Celkem
Kancelářské prostory	51,6	150,9	220,4	156,4	579,3
Zázemí a doplňkové prostory	39,6	23,1	33,4	9,5	105,6
Chodby, schodiště	79,5	28,1	101,6	41,3	250,5
Celková užitná plocha	170,7	202,1	355,4	207,2	935,4

DCV (Demand Controlled Ventilation)

Větrání řízené dle požadavku na kvalitu vzduchu. Jedná se o VAV systém doplněný o plynule regulovatelné klapky (VAV klapky) umístěné na přívodním potrubí do větrané místnosti. Na každou VAV klapku je připojen AQS (Air Quality Sensor), který na základě měření kvality vzduchu plynule reguluje otevření VAV klapky. Tato funkce umožňuje plynule reagovat na požadavek udržení kvality vzduchu ve větrané místnosti. V případě, že AQS (senzor CO₂, RH, SMOKE...) naměří v místnosti hodnoty snížené kvality vzduchu, otevírá VAV klapku a zajišťuje dostatečný přívod vzduchu tak, aby se udržela kvalita vzduchu na požadované úrovni. Naopak pokud AQS senzor naměří dobrou kvalitu vzduchu (není potřeba větrat),

VAV klapka se zavírá a místnost je větrána pouze minimálním přívodem vzduchu, což šetří energii vydanou na větrání (Obr.1).

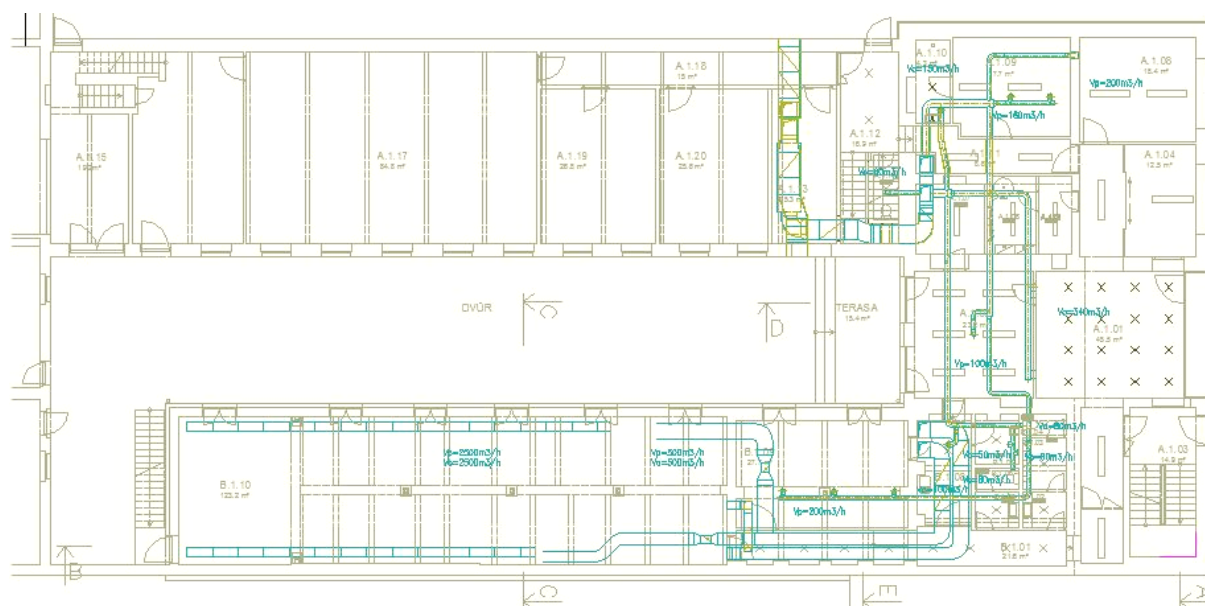
Větrací jednotka u tohoto systému reaguje na změny tlaku ve vzduchotechnickém rozvodu stejně, jako u VAV systému. Vzduchový výkon větrací jednotky, je ale přímo úměrný kvalitě vzduchu ve větraných místnostech. Tento systém je vhodný pro větrání více místnosti, kde je nutné udržovat požadovanou kvalitu vzduchu v jednotlivých místnostech, nezávisle na podmínkách v ostatních větraných místnostech a udržení spotřeby energie na nejnížší možné úrovni, mluvíme o multizónním větrání s hlídáním kvality vzduchu a spotřeby energie.



Obr.1 Schéma systému větrání dle požadavku na kvalitu vnitřního vzduchu DCV

POPIS FUNKCE ZAŘÍZENÍ

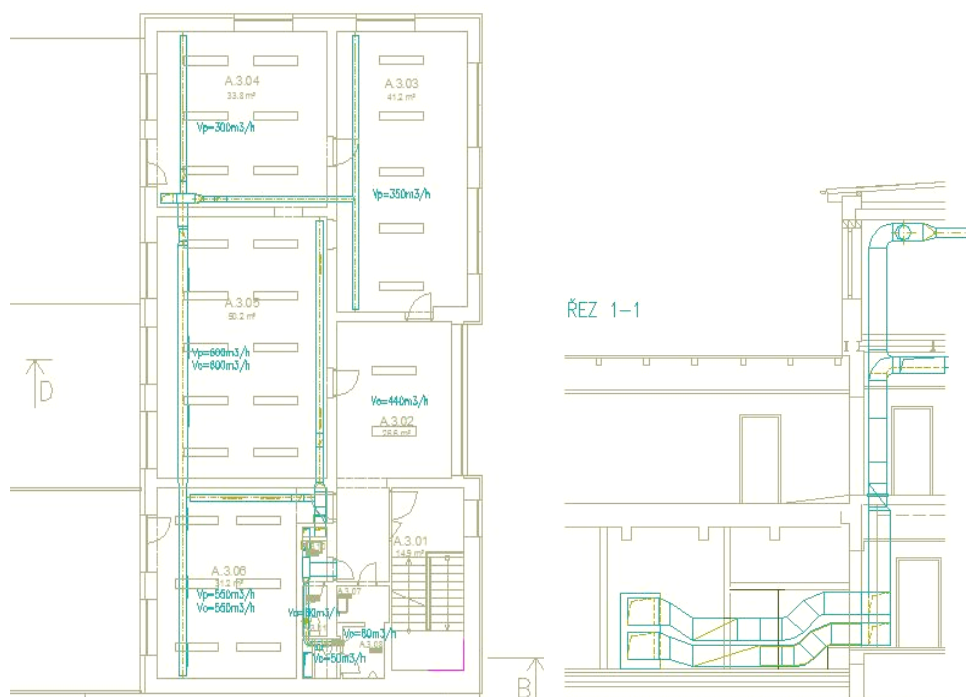
Školící místnosti



Tyto místnosti jsou větrány samostatným zařízením, které počítá s tím, že prostor může být spojen v jednu místnost. Strojovna pro tuto místnost je umístěna ve 2.NP.

Čerstvý vzduch je nasáván na fasádě, je přiveden do strojovny, kde je upraven filtrací a ohřevem. Jednotka pro úpravu vzduchu je vybavena rekuperátorem s vysokou účinností 91,6 % v daném režimu. Upravený vzduch je přiveden do místnosti tak, že jsou větrány obě místnosti současně. Přívod vzduchu je rozdělen na 2 samostatné větve a množství přiváděného vzduchu je regulováno pomocí VAV boxů na základě signálu čidel CO₂

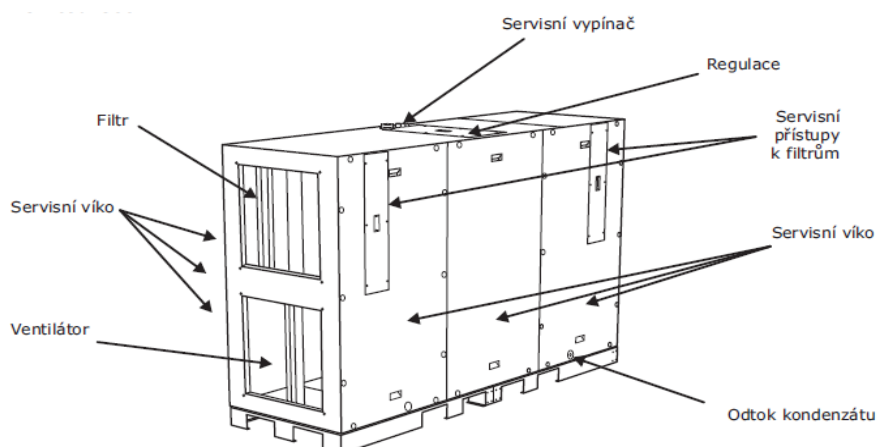
Vývojová aplikační pracoviště a kanceláře (3.NP)



POPIS ŘÍDICÍCH JEDNOTEK

Jednotka XS – FLAT 4500 (Obr. 2)

- hliníkový protiproudý rekuperační výměník
- technologie Swirl chamber systém s účinností až 92 %
- spotřeba ve STAND BY režimu pouze 1 W
- energeticky úsporné EC motory ($SFP 0,19 \text{ W/m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
- automatická regulace Plug & Play
- plynulý plně automatický by-pass
- filtry F5 na vstupu a G4 na výstupu
- ohříváč EOKO-D
- klapky MLKR/S (vždy 2 klapky přívod+odtah)
- základní technické parametry jsou uvedeny v Tab. 2



Obr.2 Schéma instalované rekuperační jednotky firmou Multi-VAC

Tab. 2 Přehled základních technických parametrů jednotky XS FLAT 4500

Základní rozměry	2700 x 1600 x 870 mm
Průtok vzduchu	4500 m ³ .h ⁻¹ (100 Pa)
Napájecí napětí	400 V (3f, 50 Hz)
Příkon jednoho ventilátoru	1000 W
Otáčky ventilátoru	2140 min ⁻¹
Rozsah teplot	-25 až + 50 °C
Příkon elektrického ohříváče	7 kW
Elektrický proud	14,5 A

POPIS VAV BOXŮ A ČIDEL KONTROLY KVALITY OVZDUŠÍ

Centrální jednotka VZT upravuje vzduch celoročně na teplotu vzduchu podle venkovních podmínek v rozmezí od 13 do 15 °C. Tento vzduch je dále přiváděn do **VAV air-boxů**, které jsou vybaveny regulační klapkou, kterou se řídí množství přiváděného vzduchu. Každá jednotka může vzduch poupravit (kvalitativně, kvantitativně) podle místních požadavků. Ocelový pozinkovaný plech průměru od 160 do 315 mm s vestavěným diferenčním senzorem a vybavený elektronickým regulátorem Belimo (LMV-D2 MP).

Čidlo - ASCO₂-GR je prostorové čidlo koncentrace oxidu uhličitého (CO₂) ve vzduchu s analogovým napěťovým výstupem 0-10V, přičemž toto napětí je úměrné koncentraci CO₂. Měření CO₂ pracuje na principu závislosti útlumu infračerveného záření na koncentraci CO₂ ve vzduchu.

AS-10-RH je elektronické čidlo relativní vlhkosti s kapacitním polymerním senzorem. Čidlo má analogový napěťový výstup 0-10V, odpovídající rozsahu relativní vlhkosti vzduchu 0-100%.

Útlum hluku do potrubí je řešen pomocí kulisových a buňkových tlumičů. Protihluková izolace je použita na potrubní trase mezi jednotkami a tlumiči hluku, izolovány jsou i klapky, pružná spojení a podobně.

Čtyřhranný tlumič hluku TH má kulisy vyplněny minerální vatou a zakončený odtokovou plochou. Útlum 24 dB v pásmu 4 kHz.

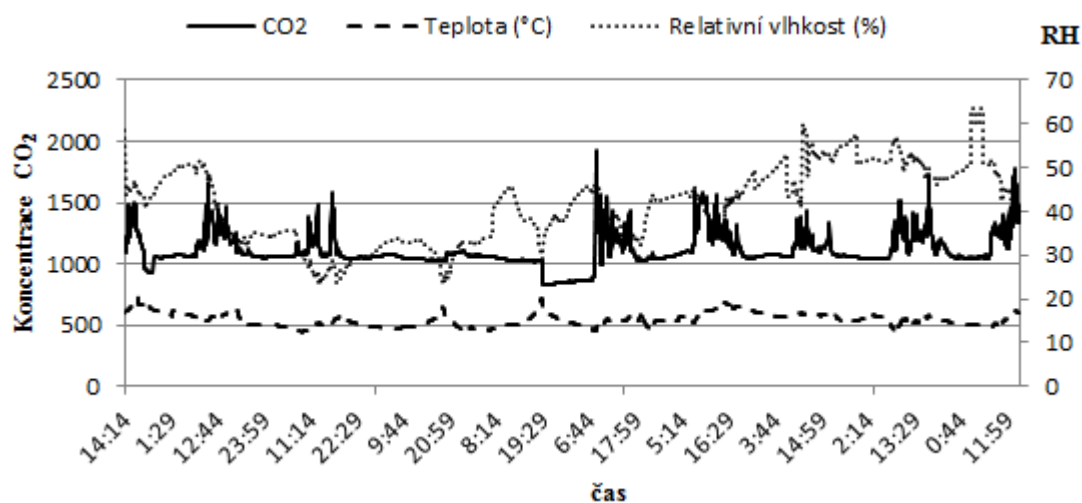
MĚŘENÍ KONCENTRACE CO₂

Popis měřicího přístroje

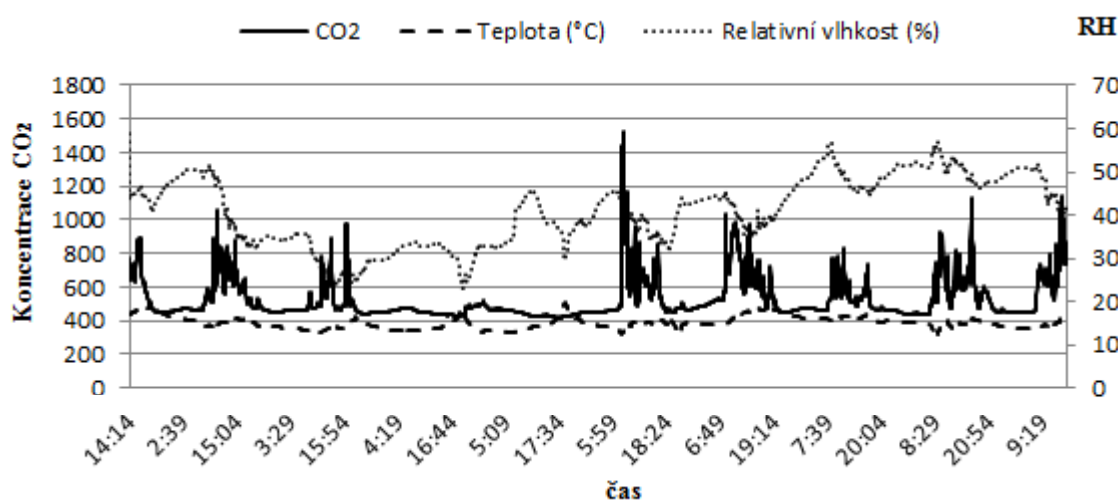
CDL 210 CO₂ dokáže posoudit kvalitu ovzduší v konkrétních prostorách díky kombinaci měření a stanovení obsahu CO₂ v souvislosti s teplotou a vlhkostí vzduchu. Měřicí rozsahy: 0 – 6000 ppm s přesností ± 5 %; -10 až + 60 °C ± 0,1 %; RH 5 až 95 % ± 3 %.

Měření bylo provedeno se vzorkováním po 300 sekundách v počtu 2720 a 2100 měření ve stejném hodinovém intervalu.

Měření koncentrace CO₂ před montáží systému



Měření a opakovaná měření koncentrace CO₂ po montáží systému



ZÁVĚR

Výhody použitého systému větrání s rekuperací tepla instalovaný ve společnosti eBRÁNA s.r.o.:

- a) komfortnost výměny vzduchu na základě požadavků kvality vzduchu v jednotlivých místnostech
- b) snížení energetických ztrát
- c) energetické hledisko – cena energie
- d) nízká hodnota hlukových parametrů
- e) dispoziční flexibilita



ORGANIZACE PROVOZU VZDUCHOTECHNICKÝCH A DALŠÍCH TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ VELKÉ BUDOVY FORMOU INSOURCINGU

Václav Nosek

Kongresové centrum Praha, a.s.

vaclav.nosek@kcp.cz

ANOTACE

Aby technická zařízení budov plnila svůj účel, ke kterému byla vyprojektována a namontována, musí být kvalitně provozována. K tomu je nutné, aby byla technicky dokonale provedená, přiměřená a vhodná a aby se finanční náklady na jejich provoz pohybovaly v rozumných mezích

Další nutnou podmínkou je však vysoká kvalita týmu obsluhovatелů a provozovatelů zařízení. Příspěvek se proto věnuje mimo jiné úvahám o změně postojů provozního personálu ke svým povinnostem v údobí od počátku 90.let minulého století dosud. V článku je pozornost věnována všemu, co podporuje řádnou funkci především vzduchotechnického zařízení, bez kterého je přinejmenším ztížen pobyt lidí, ale eventuálně i průběh technologických procesů v budovách všeho druhu.

BUDOVY A TZB

Budovy se staví, nebo byly postaveny většinou ne z nějakého rozmaru, ale k různým účelům užívání a tedy provozování. Podle účelu využití jsou budovy vybaveny nebo se vybavují technickými zařízeními, která umožňují, případně ulehčují provoz v těchto budovách ať již z pohledu pobytu lidí, nebo různých výrobních technologií.

Aby bylo toto zařízení schopno provozu a provozováno, musí být uvedeno do provozu a určeni lidé, kteří mají toto zařízení na starosti. Důležité je rovněž, aby náklady na provoz takového zařízení nepřesáhly jeho užitek a nebyly důvodem k jeho odstavení.

Co je důležité pro to, aby technické zařízení budov (TZB) bylo funkční, sloužilo svému účelu a bylo tedy provozováno: Již v projektové fázi je zařízení TZB navrhováno pro dané zadání a tedy i využití. Při změnách využití prostor budovy mnohdy nenásledují i změny a úpravy příslušných technických zařízení – to se týká zejména vzduchotechniky. Často jsou pouze kompromisem daným většinou finančními náklady. Dále v ideálním případě proběhnou skutečně všechny zkoušky (zkušební provoz) tohoto zařízení a ne pouze formální za účelem podepsání protokolu. Skutečně bude zaučena obsluha a to ne tak, že se pouze formálně ukáže, co se kde mačká za tlačítko. Fyzického přebírání technologií by se měli zúčastnit přímí pracovníci obsluhovatele (provozovatele). Tím přebírají i morální zodpovědnost, což je důležité pro další jednání v rámci týmu provozovatele. To ale znamená, že musí mít vytvořeny příslušné podmínky – dostatek informací. Musí mít v odpovídajícím rozsahu k dispozici příslušnou technickou dokumentaci a čas na její prostudování a znát i základní cíl využití TZB. Podíl provozních pracovníků na tomto procesu je velice důležitý, protože na správné funkci zařízení se podepíše přístup všech subjektů, zúčastněných v procesu. Má to několik dopadů. Za prvé je možno hned zpočátku zachytit možné problémy a řešit je, když jsou ještě dosažitelní všichni dodavatelé a znalosti z realizace jsou živé, za druhé se provozní pracovníci podílí na řešení, tím jsou vtaženi do procesu rozhodování, což podporuje jejich vztah k provozování TZB i v budoucnu. Nehledě na to, že pak mohou těžko napadat (jak bývá zvykem), že se něco opomenulo, když toho sami byli účastníky.

PODMÍNKY PROVOZU

Pro vlastní provoz a provozní pracovníky jsou podmínky určovány již dokumentací stavby. Z toho se vychází i při stanovení potřebného počtu pracovníků a jejich kvalifikace. V minulosti byl počet pracovníků navrhován nejen z hlediska potřeby provozu, ale s přihlédnutím k platným mzdovým předpisům, které při určování platových tříd vedoucím pracovníkům vycházely právě z počtu jimi řízených pracovníků. Dnes se bohužel setkáváme se snahou o druhý extrém. Když budeme navrhovat optimální počet, je třeba předem provést rozvahu na základě rozsahu instalovaných technologií a jejich potřebném provozu z hlediska využívání příslušného objektu. Při stanovení požadovaného počtu profesních pracovníků vycházíme v případě údržby z potřebného času na vykonání činností, které při provozování technických zařízení jsou nutné provádět podle zákona, ČSN, jsou požadovány projektem (dokumentací stavby), nebo na doporučení výrobce a vlastních zkušeností a jsou tedy podkladem pro vytvoření plánu preventivní údržby a vypracování provozních řádů. Splnění doporučení výrobce je mnohdy podmínkou pro uznání případné reklamace. Je třeba uvážit, kolik pracovníků je třeba na příslušnou činnost i z hlediska její fyzické proveditelnosti, nebo z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (BOZP). V případě nepřetržitého provozu se zároveň musí vycházet z možného počtu odpracovaných hodin a doby odpočinku mezi směny daným příslušným zákonem. Nemůžeme opomenout ani dovolené. Při tomto počtu je snaha o co možná největší profesní univerzálnost pracovníků. Není to ale možné vždy, a proto je nutné počítat zejména u velkých objektů s dělením profesí nejspíše podle strojní, nebo elektro kvalifikace. Co je ale vždy důležité, je dodržení zásady, aby počet pracovníků odpovídal potřebnému množství nutné práce a naopak. To je stav, který zaručuje jejich plynulé zatížení a tedy i správné pracovní návyky. Pro nastolení takovýchto podmínek je rozhodující role vedení organizace a firemní kultura. Pokud se hned zpočátku stanoví příslušná pravidla je to mnohem lehčí, než později lámat přes koleno zažitě zlozvyky. Důležité je, aby lidé neměli pocit, že dělají zbytečnosti, nebo, že jejich připomínky nejsou brány v úvahu. Pokud by takový pocit měli, nemůže být jejich odvedený výkon přínosný. Proto je nutné s příslušnými pracovníky, zejména zpočátku, konzultovat činnosti i z hlediska jejich významu. To se týká i forem, obsahu a přehlednosti zápisů v provozních knihách ať jsou vedeny ze zákona, nebo z místní provozní potřeby.

Po stanovení plánu činností a údržby podle požadavků, jak bylo výše uvedeno, by mělo následovat vypracování pracovních postupů. Týká se to nejen BOZP, což by mělo být samozřejmě součástí úvodního poučení pracovníků, ale vždy při nutném dodržení těchto postupů pro správné provedení potřebného úkonu, případně postupů pro případ odstranění větší poruchy nebo havárie. Pracovní postupy je dobré vytvářet jako výstupní materiál i na základě analýzy příčin při řešení provozních problémů a poruch. Samozřejmě by to tak mělo být zejména u rozsáhlejších činností a tam, kde je nutná nejenom souhra více profesí, ale i tam, kde je potřebná součinnost i s konkrétními uživateli dotčených prostor objektu. Postupy jsou zárukou neopakování chyb a podkladem pro časový harmonogram. Na jejich základě můžeme postupovat kupředu, hledat případné zlepšení a „netočít se v kruhu“, což je někdy oblíbená činnost, která má dopad na produktivitu práce nejenom při řešení technických problémů. Již jsem se zmínil o roli vedení a firemní kultuře. Tak jako v každé skupině (smečce), tak i v té lidské hrají rozhodující roli pro její život, případně přežití, podmínky, ve kterých se pohybuje. Jednou z podmínek jsou i budovy, které jsou za tím účelem stavěny. Tyto podmínky jsou dané vlastní budovou včetně jejího interiérového vybavení a technického zázemí – TZB. Tyto podmínky člověk ovlivňuje svým zadáním a poté kvalitou provedení. V této fázi se rozhoduje rovněž o provozní náročnosti takové budovy. Vlastním užíváním a provozem lze ovlivnit cca 20% takto nastavených nákladů životního cyklu budovy (LCC zdroj: FMI).

PROVOZNÍ PERSONÁL A JEHO ŘÍZENÍ

Pokud chceme budovu užívat, neobejdeme se bez pracovníků, kteří tento provoz zajišťují. Málokdy se jedná o jediného člověka – všeměla, ale i ten musí spolupracovat přinejmenším s dodavatelem materiálu, případně specializovaných služeb. Když uvažujeme o větším, nebo velkém provozu, tam je spolupráce nezbytná. Jedná se již o skupinu lidí, kterou musí někdo koordinovat, pokud se má být dosaženo požadovaného výsledku a provoz budovy nemá být v kratší nebo pozdější době ohrožen. Pokud má tato koordinace fungovat, musí mít příslušný řídicí pracovník odpovídající odborné znalosti, lidské vlastnosti a také potřebné kompetence. To platí všeobecně a platilo tedy i minulosti. Protože se ale jedná o skupinu, záleží zároveň na schopnostech, lidských vlastnostech a kompetencích ostatních jejích členů.

Od počátku 90 let minulého století se zintenzivnil tlak na snižování provozních nákladů na provoz budov. To se začalo řešit zejména omezováním počtu pracovníků zajišťujících jejich provoz. Tento postup měl své oprávnění a byl i podpořen změnou mzdových předpisů. Přesto se návyky pracovníků měnily pomalu. Jejich výměna byla pořád ještě prakticky nemožná. Pomalé snižování bylo ovlivněno obavou o ohrožení provozu budovy, nejasnou koncepcí jejího dalšího využití a tím i chybějící analýzou skutečné potřeby pracovníků a v neposlední řadě odporem vedoucích pracovníků, kteří tomu většinou nebyli nakloněni. Tato situace se začala řešit slučováním provozních oddělení.

Radikální změnu umožnilo až odstavení provozu budovy, které se týkají poznatky, uvedené v tomto příspěvku, za účelem její rekonstrukce včetně TZB v jejímž důsledku došlo k masivnímu propouštění provozních pracovníků. Při novém náboru se již postupovalo mnohem uvážlivěji – počty lidí byly stanovovány podle množství potřebné práce i s přihlédnutím k předchozím zkušenostem. Redukci potřebného počtu pracovníků umožnila rovněž instalace nového automatického systému řízení (ASŘ). Přesto docházelo k problémům, které spočívaly v podstatě v povaze některých lidí. To spolu s neustálými pochybnostmi vedení organizace o potřebných počtech provozně technických pracovníků vedlo k zadání vnějšího auditu dosavadních vykonávaných činností ve vztahu ke skladbě technologických zařízení TZB. Výsledkem byl materiál, který obsahoval shodné kategorie informativních, metodických, organizačních a technických dokumentů. Ty byly podkladem pro reorganizaci části technickoprovozního úseku, týkající se provozu a údržby technických zařízení budovy. V oddělení klimatizace to vedlo k dalšímu a většímu zpřehlednění vykonávané činnosti. Výsledkem auditu bylo zároveň získání certifikace systému managementu kvality podle ČSN EN ISO 9001:2008 pro tyto technické služby. Opět ale došlo k tomu, že někteří pracovníci nebyli ochotni se ztotožnit se zaváděným režimem a nejjednodušší cestou byla opět změna systemizace, protože to nová organizace práce přece jen umožnila. Dokazování výpovědních důvodů dle zákoníku práce pro méně závažné porušování povinností podle právních předpisů, nebo neuspokojivé pracovní výsledky je totiž poněkud zdlouhavé. To sice tvoří určitou záruku proti zneužití, čehož ale zároveň jsou na druhé straně schopni zneužít lidé, které autor mnoha publikací z oblasti lidské psychiky MUDr. František Koukolík, DrSc, označuje termínem deprivant. Pokud je ale organizační struktura dobře nastavena, nelze při řešení těchto problémů jít jinou cestou, než je oproštění se od lidí, kteří prostě spolupracovat nechťejí.

O úrovni provozu a údržby a tedy i o stavu budovy rozhoduje chování vedoucího skupiny a to na všech úrovních. Od toho se odvíjí přístupy pracovníků k řešení nejen provozních problémů. Je pravdou, že dnes přece jen působí i tlak vnějšího prostředí a obava o práci. Na druhé straně se dostáváme do situace, kdy na trhu není dostatek pracovníků potřebných profesí a kdy i práce mnohých dodavatelských firem není z různých příčin nejkvalitnější.

Bez lidí se provoz a údržba neobejde. Tak jako v každé skupině lidí dochází i zde k rozdílným názorům nebo i rozporům. Tyto rozdíly je možné využít k lepšímu řešení nastolených problémů. Bez zmíněných rozdílů dochází ke stagnaci, která může vést k tak zvané „provozní slepotě“. Tyto rozdíly nebo rozpory ale nesmějí přejít do konfliktů, které spolupráci skupiny ničí. Rozhodující je proto osobnost vedoucího takovéto skupiny. Bez zavedení přehledného systému řízení a dělby práce je zároveň nemožné prosazovat jeho další rozvoj a hledání lepších, formálních i neformálních řešení pro stabilní a ekonomický provoz budov. A to by mělo být cílem každého provozovatele.

LITERATURA

[1] KUCHYŇKA Z.: Vedení lidí a konfliktní situace. ÚVPS,1985



KLIMATIZACE MAJAKOVSKÉHO SÁLU V NÁRODNÍM DOMĚ NA VINOHRADECH - MINULOST, PŘÍTOMNOST, BUDOUCNOST

Jiří Petlach, Jiří Hubka

Petlach TZB s.r.o.

jiri.petlach@petlach.cz, jiri.hubka@petlach.cz

ANOTACE

Článek pojednává o historii Národního domu, jeho systému klimatizace v době po výstavbě, současném stavu a jeho provozování a věnuje se další rekonstrukcí celého systému.

ÚVOD

Na konci 19. století dochází v Praze k výstavbě řady budov, které se v průběhu času staly, z dnešního hlediska, významnými historickými objekty. Tyto budovy sloužily pro veřejnost a to jak pro kulturní požitek, tak i pro společenské akce. Mezi tyto stavby patřila i budova Národního domu na Vinohradech situovaná na dnešním Náměstí Míru.

Z HISTORIE NÁRODNÍHO DOMU NA VINOHRADECH

Královské Vinohrady byly až do poloviny 19. století obcí s bohatou zelení, vinicemi a zahradami. Ještě kolem 19. století bylo na dnešním náměstí Míru tzv. Seydlovo pole a rostlo zde obilí. Rozhodnutí vinohradských představitelů postavit na dosud nezastavěných parcelách mezi dnešním náměstím Míru a ulicemi Korunní, Blanickou a Slezskou velkolepý kulturní stánek pro své a pražské občany konkurující pražskému Žofínu padlo již v roce 1875. Projekt byl svěřen domácímu architektovi – městskému inženýrovi Antonínu Turkovi, který na Vinohradech je i tvůrcem novorenesanční vodárny a tržnice.

Nicméně vlastní projekt stavby s ohledem na velkolepost a pochybnosti nad jeho využitím se uskutečnil později. Impulsem pro jeho realizaci se staly následující události:

- v roce 1879 byla obec Královské Vinohrady dekretem císaře Františka Josefa I. povýšena na město
- značná hospodářská konjunktura koncem 19. století
- zbourání městských hradeb mezi Královskými Vinohrady a Novým městem Pražským.

Proto na přelomu 80. a 90. let na území Královských Vinohrad nastal čilý stavební ruch, který se například projevil v roce 1888 zahájením novogotického kostela sv. Ludmily přímo proti uvažovanému Vinohradskému kulturnímu stánku. Architekt Turek se při svém posledním návrhu Národní domu nechal inspirovat dalšími pražskými stavbami, které vznikaly v téže době v novorenesančním stylu např. budovu Rudolfinu, Národního muzea či Národního divadla.

Roku 1893 byl dokončen chrám svaté Ludmily a následujícího roku, 10.11.1894 byla v závětrí katedrály na tehdejší Purkyňově náměstí otevřena po 15 měsících stavebních prací novorenesanční trojkřídla stavba Národního domu. Na obrázku č. 1 je vyobrazena dobová fotografie Národního domu z roku 1898. Jak uvádějí historické prameny, souhrnný účet přesáhl tehdy úctyhodnou částku půl milionu zlatých rakouské měny.

Brzy se stal Národní dům centrem kulturního života tehdejších Královských Vinohrad, a proto byl také nazýván „vinohradským městským salonem“. Působila zde Měšťanská beseda,

Vinohradský Sokol, pěvecký spolek Hlahol, Matice školská, v přízemí byla restaurace a kavárna. Tehdy byl Národní dům, kromě Žofina, jediným střediskem pro všechna velká politická a společenská shromáždění vč. honosných plesů.



Obr. 1 Dobová fotografie z roku 1898 (zdroj: www.fotohistorie.cz)

V divadelním sále (dnešním Raisově) působilo vedle Národního divadla i druhé české operní divadlo. Tato stálá divadelní scéna však počátkem 20. století dostala vedlejší samostatnou budovu v podobě Vinohradského divadla. V prostorách Národního domu byla provozována i první kina v Praze, od roku 1923 zde měl sídlo i Československý rozhlas.

Hlavní a nejhonosnější sál ve 2. patře dostal jméno po sovětském básníku Vladimíru Majakovském, který zde v roce 1927 přednášel své verše. Po 2. světové válce zde měl sídlo Státní soubor písní a tanců. Nicméně zub času si pomalu vybíral svoji daň a budova začala postupně chátrat. V roce 1955 kdy získaly Národní dům na Vinohradech Československé dráhy, byla zahájena 4 roky trvající a zatím jediná významná rekonstrukce objektu. Při znovu otevření dostal jméno Ústřední kulturní dům dopravy a spojů a v roce 1971 byl přejmenován na Ústřední kulturní dům železničářů (ÚKDŽ). Po roce 1990 se název opět změnil na Národní dům na Vinohradech.

RANNÁ HISTORIE VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ MAJAKOVSKÉHO SÁLU

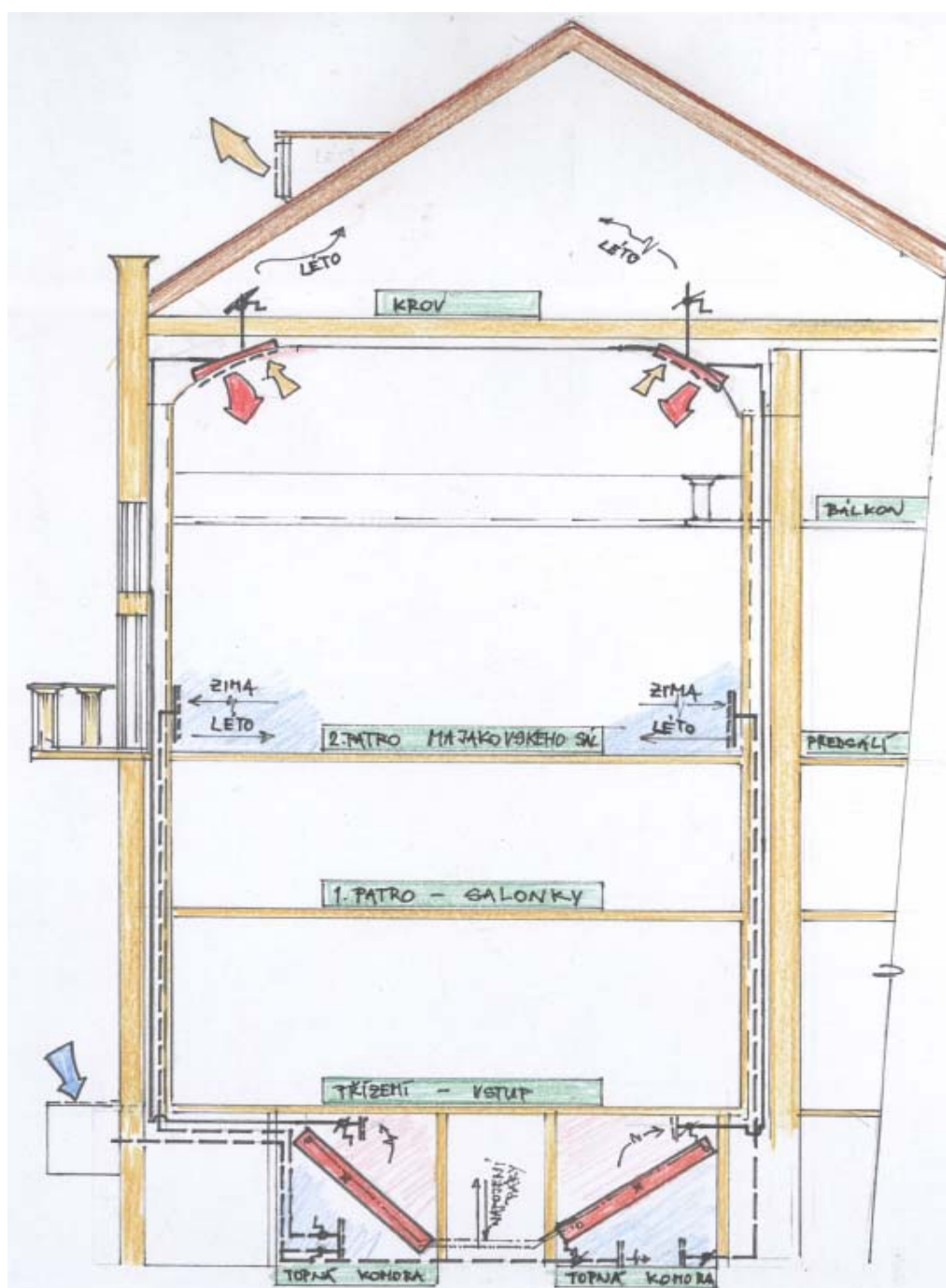
Bohužel původní systém větrání a vytápění Majakovského sálu je zahalen tajemstvím, protože se nepodařilo dohledat původní výkresy navrženého systému ani jeho autora. Proto můžeme o tomto řešení pouze spekulovat na základě obvyklých dobových systémů pro větrání a vytápění obdobných staveb, které vznikaly koncem 19. století.

Ne nadarmo se 19. století říkalo „století páry“ tak, jak zaznělo v jednom populárním českém filmu. Ačkoli většina lidí má páru spojenou s železniční dopravou, parní systémy znamenaly i velký technický skok v centrálním vytápění budov. Není zcela jasné, zda centrální vytápění parou (buď přímo otopnými tělesy nebo teplovzdušně) bylo již instalováno při zrodu objektu nebo byla obdobně, jako v případě Národního muzea, provedena kombinace centrálního

parního vytápění a lokální topidla na uhlí pro malé a podružné místnosti. Je ale jasné, že v objektu byla již od počátku instalována centrální uhelná kotelna s možností zásobování uhlím a vývozu popela ze dvora objektu. U hlavního Majakovského sálu lze předpokládat, i s ohledem na stávající řešení, že byl vytápěn teplovzdušně samotížně pomocí topných komor s parními registry v suterénu budovy, kde se nacházela zmiňovaná uhelná kotelna.

Poznámka: Srovnání systémů vytápění s historickou budovou Národního muzea má své dobové opodstatnění, protože obě budovy vznikaly ve stejném období (jak projektově tak i realizačně), za stejných podmínek tehdejšího řešení obdobných staveb. Pro upřesnění projektu vytápění Národního muzea vznikl v letech 1885–1887, realizace pak následně do roku 1891.

Předpokládaný systém vytápění Majakovského sálu je znázorněn na obrázku č. 2.



Obr. 2 Schéma předpokládaného vytápění Majakovského sálu

Základem tohoto systému bývala topná komora s parními výměníky v suterénu. V tomto případě je s ohledem na plošnou rozlehlost Majakovského sálu a možnosti vedení vertikálních stavebních kanálů pravděpodobné, že topné komory byly minimálně 2 až 3.

Do topné komory, ve které byl umístěn parní ohříváč tak, aby byl vzduch z komory odváděn v prostoru nad ohříváčem, byl pravděpodobně zajištěn přímo volný přívod venkovního vzduchu nasávaný z fasády objektu či z anglického dvorku. Tento vzduch byl přiváděn pod ohříváč a jeho množství bylo možno regulovat přes ručně nastavitelnou klapku. Vzduch z topných komor byl přiváděn do prostoru pod stropem Majakovského sálu. Ačkoli ze současného pohledu toto řešení nemá pro moderní stavby logické vysvětlení, domnívám se, že v podmínkách staveb a stupně techniky koncem 19. století tento systém měl šanci fungovat. Relativně velmi teplý vzduch přiváděný pod strop sálu, který byl velmi členitý, předával snadno svoji tepelnou energii stavební konstrukci. Umožňovala se tak akumulace tepla, což bylo s ohledem na omezené možnosti regulace výkonu uhelného kotle a parní soustavy velmi žádoucí. Tím, že se zvyšovala povrchová teplota stropu zvyšovala se i jeho schopnost sálání tepla na podlahu sálu. Teplý vzduch přiváděný patrně ve vnitřním prostoru sálu se dostával až k obvodovým stěnám, které v té době (zvláště prosklené plochy) měly velmi nekvalitní součinitel prostupu tepla. Teplý vzduch u stropu se ochlazoval a podél prosklených ploch proudil k podlaze, kde byly umístěny odváděcí mřížky po obou stranách sálu zaústěné do vertikálních kanálů vedoucí do topných komor. Zde tyto odvodní kanály byly přes ručně ovládanou klapku zaústěny do topné komory pod parní výměník. Poměr nastavení regulačních klapek na čerstvém a na cirkulačním vzduchu do jisté míry v zimním období umožňoval nastavení určitých tlakových poměrů v Majakovského sále, i když s ohledem na jeho umístění v budově tj. ve 2. Patře, by měl být tento sál oproti ostatním místnostem v budově spíše v mírném přetlaku. Míra přetlaku byla pravděpodobně dána jednak těsností klapek ve stropě pro letní odvod vzduchu jednak těsností oken.

Nicméně pravděpodobně odvodní otvory ze sálu pro letní větrání nebyly přímo propojeny s venkovním prostředím, ale přes půdní prostor, kde byla otevíratelná okna ve vikýřích, která se v letních měsících otvírala.

V letním období pak pro přívod vzduchu sloužily původně cirkulační kanály pro vytápění, kdy obě klapky pod parním výměníkem v topné komoře byly otevřeny.

Nicméně toto je pouze hypotéza, jak asi původní větrání a vytápění Majakovského sálu fungovalo, protože dokumentace, která by toto vyvrátila či potvrdila, nebyla při zpracování tohoto příspěvku k dispozici.

REKONSTRUKCE PŮVODNÍHO SYSTÉMU V 50.LETECH MINULÉHO STOLETÍ

Oproti původnímu řešení se v 50.letech hlavní strojovny vzduchotechniky a vytápění, pro hlavní sály Národního domu i tedy pro Majakovského sál, přestěhovaly do půdního prostoru. I nadále však bylo použito teplovzdušné vytápění prostoru s napojením na centrální uhelnou kotelnu v suterénu a parním rozvodem. Vzhledem k tomu, že nasávání čerstvého venkovního vzduchu nebylo již možné zajistit z původních míst, kde se již nacházela rušná a prašná městská komunikace, systém větrání a vytápění se přenesl do půdního prostoru, který zůstal i po rekonstrukci jinak nevyužívaný.

Vzhledem k tomu, že při této konfiguraci umístění vytápěcího zařízení a parního výměníku nebylo možno zajistit samotížné fungování systému, bylo pro dopravu vzduchu použito nízkotlakých ventilátorů.

Přívod vzduchu byl pravděpodobně upraven tak, aby se v maximální míře využilo stávajících zděných kanálů, přičemž kanály byly v prostou půdy propojovány pomocí potrubí. Pro

dopravu a úpravu vzduchu byla vybudována „zděná“ větrací a vytápěcí jednotka, která byla umístěna u fasády objektu k ulici Slezská. Odtud si ventilátory centrální jednotky pomocí žaluzií vzduch nasávaly event. i vyfukovaly.

Systém přívodu a odvodu větracího i topného vzduchu však zůstal zachován, tj. přívod vzduchu byl proveden pod strop pomocí původně odvodních stropních mříží, odvod vzduchu byl proveden po obou stranách sálu.

Z hlediska rozvodu vzduchu (hlavně odvod) bylo patrně dodrženo původní napojení na topné komory a bylo provedeno zónování přívodu vzduchu a tepla samostatně do následujících prostor Majakovského sálu:

- levá strana hlavního sálu (střední zeď s vchodovými dveřmi)
- pravá strana hlavního sálu (prostor u oken)
- prostor balkonu nad hlavním vstupem
- prostor zadního hlediště
- prostor balonu zadního jeviště

Pro přívod i odvod vzduchu bylo patrně využito stávajících ozdobných mřížek, pouze pro přívod vzduchu na balkon nad zadním hledištěm bylo použito difusorových anemostatů.

Vlastní zděná jednotka pro Majakovského sál se skládala z následujících komponentů:

- odvodní radiální pomaloběžný ventilátor s dopředu zahnutými lopatkami umístěný ve spirální skřini s řemenovým převodem a motorem, jehož otáčky bylo možné původně změnit manuálně reostatem,
- odvodní ventilátor přiváděl odváděný vzduch ze sálu do směšovací komory se spřaženými klapkami manuálně ovládanými umožňující buď odváděný vzduch vyfukovat na fasádu přes protidešťovou žaluzii, nebo vyfukovat do nasávací komory,
- v nasávací komoře se cirkulační vzduch směšoval s čerstvým vzduchem nasávaným opět z fasády vyustující do Slezské ulice a dále byl tento vzduch filtrován pomocí deskových filtrů (s textilní vložkou) umístěných v kovové kazetě v dělicí stěně mezi nasávací komorou a ventilátorovou komorou,
- přívodní ventilátorová komora byla provedena a vybavena stejným ventilátorem jako v případě odvodu vzduchu.

Za zděnou jednotkou, pro přívod vzduchu, byl vzduch vyfukován do potrubí, které se podle prostoru, kam byl vzduch vyfukován, větвило, přičemž každá větev byla opatřena samostatně regulovatelným parním ohřívacem.

Systém neměl žádná protipožární opatření ani tlumení hluku – snižování hlučnosti bylo podle potřeby prováděno snižováním otáček ventilátorů na přívodu i odvodu vzduchu.

Vzduchový výkon systému pro Majakovského sál byl při rekonstrukci dimenzován na maximální výkon $16.000 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$, přičemž ohříváče byly dimenzovány pro zimní provoz s cca 70 % cirkulací vzduchu při extrémních venkovních zimních podmínkách.

ÚPRAVY SYSTÉMU VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ Z 50.LET V PRŮBĚHU 90.LET MINULÉHO STOLETÍ A POČÁTKEM 21.STOLETÍ

Rekonstrukce provedená v 50 letech v prostoru Majakovského sálu řešila pouze následující režimy:

- a) vytápění sálu tj. pokrytí tepelných ztrát a infiltrací,
- b) větrání sálu.

Nicméně neřešila problémy s odvodem tepelných zisků, které se začaly projevovat jak s ohledem na zvýšení vnitřních tepelných zisků, tak i s ohledem na maximální snahu o využívání sálu i v letních měsících. Tyto tepelné zisky dosáhly výpočtově v letních a jarních měsících až hodnoty 116 kW, což mělo za následek při plném využívání sálu dosažení teploty na balkonech ke 40 °C.

Při snaze zachovat stávající systém vč. množství přiváděného a odváděného vzduchu bylo koncem 90.let rozhodnuto o následujících úpravách systému pro Majakovského sál:

- Do přívodu vzduchu za přírodní ventilátor byl osazen chladič s přímým odparem chladiva s kondenzační jednotkou umístěnou nad zastřešením Společenského sálu a hlavního vstupního schodiště. Vzhledem k tomu, že chladiče nebyly osazeny do jednotlivých zón, chlazení vzduchu bylo provedeno na jednu výstupní teplotu vzduchu do všech zón.
- Přímou v hlavním Majakovského sále byly přepojeny přívody a odvody tak, že chladný vzduch byl přiváděn při zemi a odvod vzduchu byl proveden pod stropem.
- Toto řešení však v reálném provozu z důvodu, že nebylo možné z památkových důvodů zvětšit plochu přírodních mřížek, které byly původně odvodní, mělo fatální důsledky:
 - při letním režimu tj. intenzivním chlazením docházelo k značnému prochlazení prostoru u přírodních výustek tak, že nebylo možno do jejich blízkosti umisťovat místa na sezení, čímž se kapacita sálu zmenšila,
 - tím, že chlazení vzduchu bylo provedeno centrální bez umístění do zón, docházelo s ohledem na rozdílnost tepelných zisků a ztrát v jednotlivých zónách poměrně k velké nerovnoměrnosti teplot v jednotlivých zónách,
 - tím, že nebyly původní odvodní kanály a mřížky vyčištěny, letitá špína a prach usazená v těchto kanálech byla vyfukována zpět do sálu.

Proto se problémy s chlazením a částečně s vytápěním Majakovského sálu nevyřešily. Nicméně je nutno si uvědomit, že oproti stanoveným maximálním tepelným ziskům bylo do prostoru i při zchlazování přiváděného vzduchu na 16 °C přiváděno méně než 50 % chladu, než by bylo nutné pro odvod veškeré tepelné zátěže v letním extrému při maximálním využívání sálu.

NAVRHOVANÁ VÝMĚNA KLIMATIZAČNÍHO ZAŘÍZENÍ PRO MAJAKOVSKÉHO SÁL

Obecně

V současné době, v návaznosti na výměnu topného zdroje, kdy stávající plynové kotle pro výrobu topné páry budou vyměněny za teplovodní, a tím i veškeré koncové prvky budou vyměněny z parních na teplovodní, se předpokládá výměna i centrálního klimatizačního zařízení pro Majakovského sál. Dále je nutno zohlednit veškeré požadavky stávajících právních předpisů, norem, požadavků státních orgánů a rovněž tak i požadavků na provoz a využívání sálu, které je velmi proměnné.

Dimenzování nového zařízení

Podle zkušeností provozovatele se může při různých akcích v sále vyskytovat až 700 osob nejen sedících, ale i tančících. Proto ačkoli stávající platné předpisy umožňují uvažovat přívod čerstvého venkovního vzduchu na 1 osobu 25 m³h⁻¹, bylo by vhodné z hlediska vnitřního komfortu dimenzovat zařízení na množství přiváděného venkovního vzduchu při extrémním vytížení sálu až na 50 m³h⁻¹/osobu, což představuje celkový vzduchový výkon cca 35.000 m³h⁻¹. Této hodnotě však odpovídá i dimenzování pro odvod předpokládaných tepelných zisků při extrémním využívání sálu při pracovním rozdílu teplot $\Delta t=10$ K mezi přiváděným a odváděným vzduchem.

$$Q_{VCH} = \frac{Q_z}{\zeta \cdot c \cdot \Delta t} = \frac{116}{1,17 \cdot 1,01 \cdot 10} = 9,81 m^3 h^{-1} \rightarrow 35.316 m^3 h^{-1}$$

Proto nový návrh centrálního klimatizačního zařízení pro Majakovského sál předpokládá maximální vzduchový výkon cca $10 m^3 s^{-1}$.

Dále se tento nový návrh musel vypořádat i s navazujícími problémy, mezi něž především patří:

- splnění požadavků protipožární ochrany a zařízení klimatizace umístit do odděleného prostoru, který tvoří samostatný požární úsek,
- požární oddělení vlastního Majakovského sálu a půdního prostoru,
- využití stávajících distribučních prvků v prostoru Majakovského sálu s minimální nutností úprav nebo provedení úprav takových, aby neměly dopad na současný vzhled
- objekt má omezenou kapacitu elektrického příkonu ze sítě.

Konkrétní provedení je navrženo následovně:

- Centrální jednotka pro úpravu a dopravu vzduchu bude umístěna ve stávajícím prostoru, kde je v současné době umístěna jednotka pro vytápění a větrání sálu. Jednotka bude umístěna v samostatné strojovně klimatizace, která bude od ostatního půdního prostoru požárně oddělena.
- Jednotka bude vybavena rekuperací tepla, aby bylo možno zvýšit tepelný výkon nového zdroje tepla.
- Jednotka bude přiváděný vzduch adiabaticky zvlhčovat.
- Každá zóna bude mít možnost samostatné teplotní úpravy vzduchu.
- Oproti původnímu řešení, s ohledem na zvýšený průtok vzduchu a umístění kompresorů pro chlazení do strojovny klimatizace, je řešena také otázka hluku.

Pokud si nyní rozebereme trochu více navržené zařízení, je možno jej v současné době rozdělit na část, která se nachází ve strojovně, a část rozvodů a distribuce vzduchu.

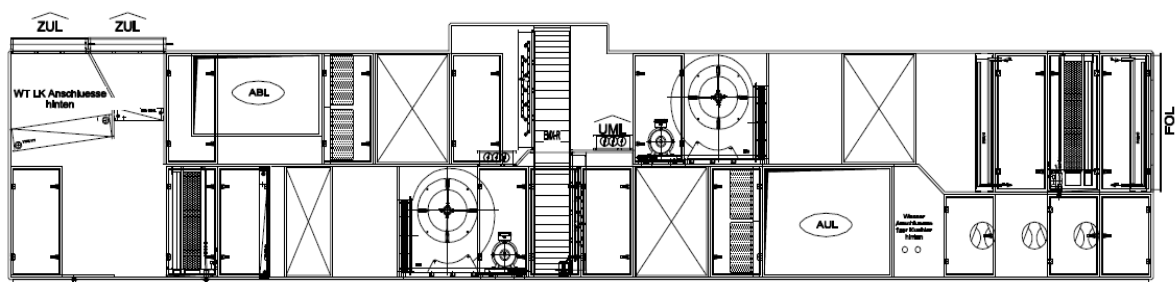
Navržená úprava a doprava vzduchu

Jak bylo dříve uvedeno, nová centrální klimatizační jednotka je umístěna v prostoru někdejší zděné komorové jednotky, která však původní přiváděný vzduch filtrovala a ohřívala s možností cirkulace vzduchu. Podle nového návrhu se vychází z maximálních potřeb větracího vzduchu a chladu v extrémním provozu sálu. Proto nebylo možno, s ohledem na daný prostor, navrhnout standardní výrobovou řadu, ale výrobek, který by byl schopen respektovat konstrukci krovu objektu a omezené možnosti prostoru.

Kromě tohoto, že byl podstatně zvýšen průtok větracího vzduchu, je klimatizační jednotka složena tak, aby zajišťovala následující funkce:

- Zpětné získávání tepla, což je zajišťováno rotačním regeneračním výměníkem s entalpickým převodem.
- Zvýšenou filtraci přiváděného vzduchu, což je řešeno zařazením kapsového filtru o počáteční odlučivosti F7.
- Adiabatické zvlhčování tak, aby relativní vlhkost při standardních podmínkách nepoklesla pod 30% RH.
- Úplná teplotní úprava přiváděného vzduchu do jednotlivých zón, což umožňuje nastavení požadované teploty v těchto zónách bez energetických ztrát; dále každá zóna má možnost dálkové odstavení.

- Jednotka bude pracovat s proměnným průtokem vzduchu podle otevření jednotlivých zón i regulátorů průtoku vzduchu s variabilním průtokem vzduchu podle provozu jednotlivých zón.
- V jednotce je zakomponováno chlazení přiváděného vzduchu, aby nebylo nutno systém pro odvod kondenzačního tepla (oddělené kondenzační jednotky, suché chladiče či věže) umísťovat v exteriéru budovy. Proto odváděný vzduch je využíván pro odvod kondenzačního tepla. Aby bylo odvedeno potřebné množství kondenzačního tepla, jsou do odvodní části jednotky integrovány 2 kondenzátory sériově řazené, mezi kterými je provedeno adiabatické zchlazování. Vlastní kompresory jsou umístěné v samostatné komoře klimatizační jednotky.
- V jednotce je i umístěno základní tlumení hluku. Schéma sestavy klimatizační jednotky je uvedeno na obrázku č.3.



Obr. 3 Schéma sestavy klimatizační jednotky pro Majakovského sál

Pro nasávání vzduchu je použito stávajících nasávacích a výdechových žaluzií. Odvod vzduchu je nyní nově proveden do prostoru středního traktu budovy nad prosklení Společenského sálu.

Rozvody a distribuce vzduchu

Rozvody vzduchu pro Majakovského sál budou vedeny z prostoru strojovny klimatizace do prostoru krovu, kde bude, obdobně jako v současné době, přivedeno potrubí (přívodní i odtažové) do míst, kde je možno se napojit na stávající zděné kanály vedoucí do jednotlivých zón. Každá zóna (vstup dozděných vertikálních kanálů) je opatřena:

- sekundárním tlumením hluku,
- protipožárními klapkami,
- regulátory proměnného průtoku; tyto regulátory průtoku jsou buď řízeny na základě určité fyzikální veličiny (tepla či obsahu oxidu uhličitýho) nebo pomocí obsluhy dálkově z velína.

Distribuce vzduchu do jednotlivých zón je prováděna následovně:

A) Přívod a odvod vzduchu do hlavního prostoru Majakovského sálu – část u oken
Přívod a odvod vzduchu do tohoto prostoru bude podřízen s ohledem na nutnost určité flexibility provozu s ohledem na využívání sálu. Je rámcově předpokládáno následné využívání, i když systém umožňuje i další možnosti provozu.

a) Období, kdy bude nutno po odstavení (nevyužívání) sálu rychle zajistit optimální teplotní podmínky

V tomto režimu bude přívod vzduchu zajištěn ke stropu a odvod vzduchu bude u země.

- b) Období, kdy sál bude využíván tak, že nebude nutno intenzivně chladit nebo v zimním období vytápět

V tomto případě přívod vzduchu bude proveden k podlaze mřížkami ze země, odvod vzduchu bude stropními vyústkami. Tento režim bude limitován:

- teplotou přiváděného vzduchu nad 20 °C,
- průtokem vzduchu, který přibližně odpovídá stávajícímu stavu tj. cca 5.000 m³h⁻¹.

V případě překročení těchto hodnot bude použit režim c) pro intenzivní chlazení sálu.

c) Režim chlazení

V tomto případě dojde ke změně směru proudění vzduchu v Majakovského sále tak, že přívod chlazeného (chladicího) vzduchu bude proveden stropními mřížemi a odvod bude proveden u země. Pro lepší proudění přiváděného vzduchu a potlačení prochlazení prostoru pod přívodními stropními mřížemi se předpokládá, že nad mříží budou umístěny do potrubí naváděcí lopatky, které směr proudění vzduchu vychýlí z vertikálního směru a část vzduchu bude přiváděna pod stropem. Lopatky dále zajistí i vír vzduchu v blízkosti přiváděcí mříže, která si zachová, z památkového hlediska, stejný vzhled. Tento vír způsobí svým rotačním pohybem indukční přísávání okolního teplého vzduchu a zároveň i částečné vyrovnání teplot přiváděného vzduchu do pobytové oblasti. Stropní vyústě mají dostatečnou plochu pro zvýšení přívodu vzduchu, proto patrně nebude nutno provést žádné další úpravy, mřížky u podlahy mají však plochu menší, a proto je uvažováno se dvěma scénáři řešení:

- při konzultaci s pracovníky památkové péče bude možno stávající vyústky upravit (tj. zvětšení volné výtokové plochy ve stávajícím rozměru mřížek)
- část přiváděného vzduchu bude odváděna přetlakem do vstupní haly

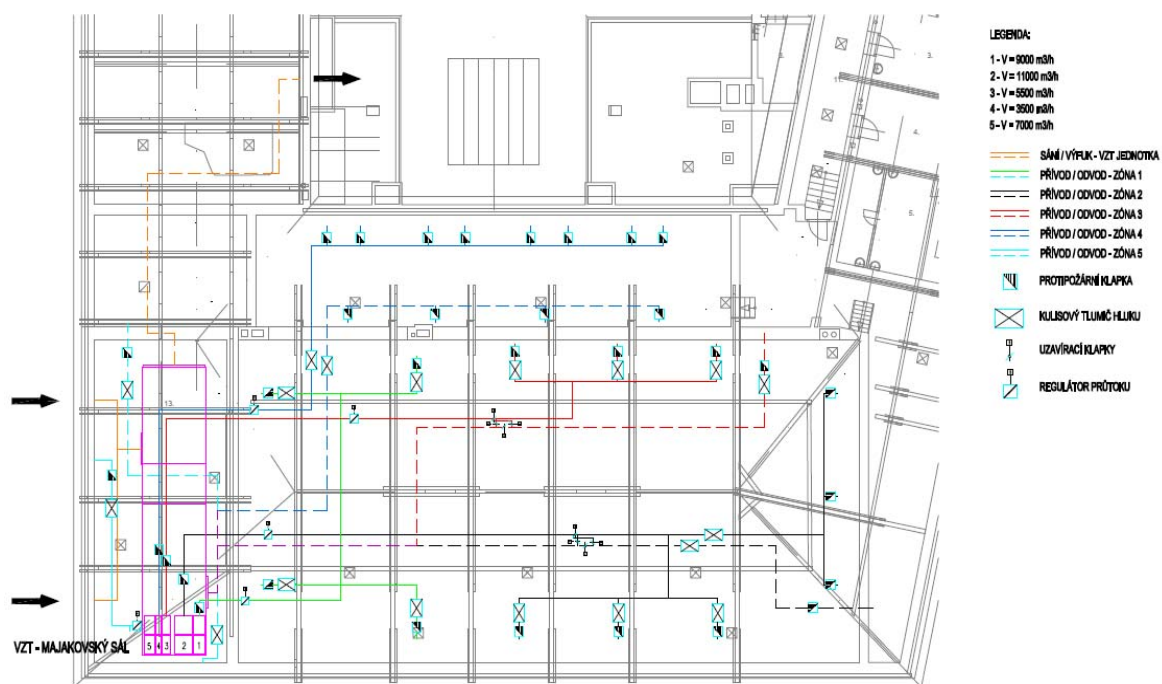
B) Přívod a odvod vzduchu do vnitřního prostoru Majakovského sálu

V tomto případě bude režim provozování obdobný jako v případě odstavce A).

C) Přívod a odvod vzduchu do ostatních zón Majakovského sálu

V tomto případě přívod a odvod vzduchu je proveden vyústkami ve stěnách zapuštěných do zděných kanálů. Zde není řešena změna proudění přiváděného a odváděného vzduchu. Předpokládám však, po dohodě s pracovníky památkové péče, že bude možno za předpokladu stávajících rozměrů přívodních a odvodních mřížek provést jejich úpravu tak, aby bylo možno navýšit množství přiváděného a odváděného vzduchu. Obdobným způsobem je postupováno i u ostatních zón, které přivádějí a odvádějí vzduch do zázemí Majakovského sálu, kromě balkonu, kde bude provedena výměna stávajících stropních anemostatů pro přívod vzduchu.

Provozní schéma distribuce vzduchu včetně umístění regulačních prvků a uzavíracích klapek přepínajících jednotlivé režimy provozu je ukázáno na obrázku 4.



Obr. 4 Schéma potrubních rozvodů pro Majakovského sál



VZDUCHOTECHNIKA V OBČANSKÝCH STAVBÁCH - REALIZACE, ÚSPORNÝ PROVOZ

Vladimír Poledna

vladimir.poledna@volny.cz

ANOTACE

První část příspěvku je moje vzpomínka na přípravu a průběh výstavby centra Československé televize v Praze na Kavčích horách v letech 1966 až 1984 a její specifika. Současně je uvedena základní koncepce vzduchotechniky, tehdejší organizace a řízení provozu. V další části je srovnáván průběh stavby TV centra a staveb nových, hodnocena kvalita montážních a přípravných prací včetně zkoušek před uvedením VZT zařízení do trvalého provozu. Dále připomínám potřebu zvýšit efektivitu provozu vzduchotechniky se záměrem snížení současné vysoké energetické náročnosti našich zařízení při dodržení vhodného vnitřního prostředí a její možnosti.

ČESKOSLOVENSKÁ TELEVIZE PRAHA

Moje první a současně největší stavba bylo televizní centrum v Praze na Kavčích horách. Jako zaměstnanec Československé televize Praha jsem byl od začátku členem technické skupiny pro její přípravu. V době výstavby jsem vykonával na KH technický dozor investora v profesích techniky prostředí a po dokončení 1. etapy stavby v roce 1970 jsem přešel do provozu jako vedoucí techniky prostředí (původně tepelné techniky), kde jsem působil do roku 1990.

V 1. etapě výstavby byla uvedena do trvalého provozu dvě TV studia, technická výšková budova pro odbavení výstupního signálu a příslušné zázemí (scénická technika, dílny, aj.). V dalších 5-ti etapách byla dokončena další tři studia se zázemím, zkušebny a naposled zpravodajský objekt.

Základní koncepce vzduchotechniky

V akusticky náročných prostorech se značnými tepelnými zisky zejména od osvětlení (studia a hlasatelný běžně $600-800\text{W/m}^2$) byla instalována klimatizace nízkotlaká, jednonálová značných vzduchových výkonů (největší $60000\text{ m}^3/\text{h}$) se samostatnými strojovny. Rychlosti v potrubí VZT pro studia byly maximálně 4 m/s , rychlost v průřezu VZT jednotek $2-2,5\text{ m/s}$. Složitou distribuci vzduchu ve studiích zajišťovaly speciální anemostaty, které umožňovaly pracovat s vysokým teplotním spádem $10\text{ až }12\text{ }^\circ\text{C}$. Nízkotlaké a vysokotlaké ventilátory byly použity dvouotáčkové, s kluznými ložisky zahraniční výroby. Pro klimatizaci výškové budovy byla navržena a instalována jako jedna z prvních klimatizace vysokotlaká, čtyřtrubková s indukčními parapetními jednotkami. Menší technologické prostory ve výškové budově měly samostatná nízkotlaká zařízení. Vlhčení vzduchu bylo řešeno v adiabatických pračkách s cirkulační vodou. Regulační systémy byly v prvních etapách pneumatické, později elektropneumatické. Provoz techniky prostředí byl monitorován a řízen z centrálního velínu TZB.

Charakteristika výstavby

- důkladná a časově náročná příprava výstavby s ohledem na nedostatek zkušeností s podobnou stavbou u nás
- studie byly zadány v několika variantách pro výběr nejvýhodnějšího řešení, odpovídajícímu současným trendům moderních televizních středisek v Evropě

- projektovou dokumentaci vzduchotechniky jednotlivých etap výstavby zpracovali kvalitní specialisté v projekcích ZVVZ, Janka Radotín i Spojprojektu
- technický dozor investora i autorský dozor projektantů byl na potřebné úrovni, změny i profesní kolize se řešili okamžitým jednáním na stavbě
- složitá křížení prostorově náročných profesí byla řešena v koordinačních výkresech
- část televizní technologie byla vyvíjena ve Výzkumném ústavu pro rozhlas a televizi, kde pracovali i specialisté, kteří řešili při vývoji technologie i konstrukční úpravy pro co nejlepší chlazení teplotně citlivých dílů
- výrobní a vysílací technologie vč. důležitých návazných profesí byla před uvedením do trvalého provozu prověřena v několika týdenním zkušebním provozu
- značně pomalé a neefektivní tempo výstavby v socialistickém systému plánovaného hospodářství, vysoké investiční náklady
- výstavba TV centra byla a je na srovnatelné technické úrovni s vyspělými státy Evropy

Provoz

Provoz v televizním středisku byla od počátku celotýdenní, dvousměnný, někdy při vysílání důležitých politických událostí, nebo sportovních přenosů i v nočních hodinách. Nasazování jednotlivých VZT zařízení se programovalo podle časových údajů výrobních a vysílacích plánů předávaných pravidelně z koordinačního provozního centra.

Pravidelnou údržbu, opravy i řízení směnného provozu zařízení techniky prostředí zajišťovali jen vlastní zaměstnanci ČST. Servis externích organizací byl výjimkou. Větší počet provozního personálu byl zdůvodněn zejména politickou důležitostí vysílání a z toho plynoucí požadavek na maximální spolehlivost zařízení TZB, které v některých případech mohly ovlivnit při delším výpadku kvalitu vysílaného pořadu.

Trvalé problémy se zajištěním tuzemských i zahraničních náhradních dílů a potřebná výměna zkušeností s provozem v dalších nových objektech byly jedním z podnětů pro vznik při ČSVTS samostatné odborné skupiny provozu klimatizačních zařízení v roce 1972.

Po změně režimu v roce 1989 nově příchozí manažeři chtěli pro omezení provozních nákladů TV centra podstatně snížit počet všech možných pracovníků a prodat co nejvíce služeb externím firmám. V provozu techniky prostředí k tomu nedošlo, přesto se počet pracovníků postupně snížil o 30 %. Provozní podmínky nových zařízení TZB, které jsou v rámci modernizace objektů průběžně instalovány, nevyžadují tak častý dozor, a porucha zařízení není v dnešní situaci při vysílání značného počtu nových televizních stanic tak dramatická jako dříve.

NOVÉ STAVBY

Dnes jako dříve je zřejmé, že základem úspěšného díla je kvalitní technický návrh, odborná realizace, zodpovědná kontrola a zkoušky zařízení v potřebném rozsahu. Nedílnou součástí těchto priorit je i odborný způsob provozování.

Technologické vybavení našich profesí v novějších i současných objektech je daleko pestřejší. V koncových prvcích k indukčním jednotkám přibýly ventilátorové konvektory 2-4trubkové, přímé chladivové systémy, regulátory průtoku vzduchu, speciální distribuční prvky aj. Otáčky ventilátorů jsou běžně řízeny motory s frekvenčními měniči. Identifikace závad a poruch je na vyšší technické úrovni než dříve. Systémy zpětného získávání tepla (ZZT) pracují s vyšší účinností.

Rozsáhlý výběr nových technologií TZB nezbavuje investory při výstavbě nových objektů povinnosti zajistit kvalitní zadání stavby vč. potřebných přípravných prací. Jsem si vědom, že

tempo výstavby je značně vyšší, ale nemělo by to být na úkor kvality díla, jak se někdy děje. Přípravná fáze výstavby pro výběr nejvýhodnějšího řešení není často dokončena, většinou vítězí investičně nejlevnější varianty, bez ohledu na budoucí provozní náklady a energetickou náročnost budovy.

Realizace a zkoušky vzduchotechniky

Často jsem pracoval pro investory nových občanských staveb jako poradce, nebo technický dozor a dovolím si upozornit na některé stále se opakující nedostatky při instalaci vzduchotechniky, individuálních a zejména komplexních zkouškách před předáním zařízení do trvalého provozu.

Těsnost potrubí vzduchotechniky i VZT jednotek se proti starším výrobkům prakticky nezlepšila, stále není na potřebné úrovni, i když je to známý nedostatek řadu let. Potrubí VZT převážně z pozinkovaného plechu třídy 1a se stále projektují, vyrábí a montují. Je všeobecně známo, že úniky vzduchu zvyšují energetickou náročnost našich zařízení. Zlepšení je pouze v kvalitě pozinkovaných plechů a jejich výrobní toleranci. Stále má velký význam pravidelná vizuální kontrola investora během montáže potrubí, která může odhalit lajdáckou montáž, která netěsnost spojovaného potrubí ještě zvyšuje.

Problémy s odvodem kondenzátu od indukčních jednotek, ventilátorových konvektorů i vnitřních chladících jednotek přímého chlazení způsobené u dlouhých horizontálních rozvodů nerovnoměrným spádem kondenzačního potrubí jsou také trvalé, stále záleží na preciznosti montážních prací a jejich průběžné kontrole během realizace.

Zkoušky dokončených zařízení vzduchotechniky i TZB se od roku 1990, kdy dodavatelé podle hesla „už měsíc to běží tak jaké zkoušky“ mírně zkvalitnily, ale obecně stále nejsou prováděny v potřebném rozsahu. Největším důvodem je zejména časová tíseň a organizační chaos před kolaudací. Nepřetržité komplexní zkoušky v délce 72 hodin jsou jen teorie. Kontrola úplnosti smontovaných zařízení dle platných norem ČSN i ČSN EN není dokonalá, formální zápisy o průběhu kontrol a zkoušek slouží jen jako podklad pro dokončení kolaudačního řízení. Často požadovaná měření mikroklimatických parametrů úřady při vydání stavebního povolení jsou prováděna většinou pracovníky dodavatele, výsledky nemají potřebnou hodnotu, vybavení měřících skupin kalibrovanými přístroji je nedostatečné. V častých případech administrativních budov je měření teplot a relativních vlhkostí vzduchu při mírných klimatických podmínkách bez kancelářské technologie a obsazení personálem jen orientační. U budov starších i nových je ověřená zkušenost, že první nedostatky se projeví při vysokých, nebo velmi nízkých venkovních teplotách v plně obsazené budově.

Stále platí, že účast kvalifikovaného budoucího provozovatele při závěrečných zkouškách zařízení a jeho uvádění do provozu je velkým přínosem.

ÚSPORNÝ PROVOZ

Velký důraz je v dnešní době oprávněně kladen na snížení značné energetické náročnosti větracích a klimatizačních zařízení a tím obecně na úsporu provozních nákladů.

Pro hospodárné provozování vzduchotechnických zařízení je potřebné využití všech technických možností instalovaného zařízení v budově a řízení celoročního provozu podle specifické potřeby jednotlivých objektů, při zachování rozumného komfortu. Současně je třeba efektivnost zařízení pravidelně kontrolovat, jejich provoz trvale vyhodnocovat a optimalizovat.

Povinné kontroly klimatizačních systémů každé 4 roky se záměrem snížení spotřeby energií budov jsou již zahrnuty i v české legislativě (Zákon č.406/2000Sb., Vyhláška č.277/2007 Sb.).

K základním technickým prvkům pro snižování energií patří frekvenční měniče regulující otáčky ventilátorů a tím změnu množství přiváděného i odváděného vzduchu při hledání optimálního řízení dodávky větracího vzduchu dle potřeby. Snížení množství vzduchu v odůvodněných případech zvýší energetické úspory tepla, chladu a elektrické energie pro pohon ventilátorů.

Snižování množství venkovního vzduchu při teplotách vyšších než 26°C a nižších než 0°C až na 50% umožňovaly již dřívější nařízení vlády, kterými se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci a to NV č.178/2001 a 361/2007. V dalším nařízení vlády č.68/2010 tato úprava již není obsažena. V posledním úplně novém NV č. 93/2012 s účinností od 1.4.2012, se stejným názvem jako předpisy předchozí, se konečně sjednotila naše legislativa s příslušnými předpisy Evropské unie. V citovaném nařízení vlády je stanoveno, že minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště má být 25 m³/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do třídy I, nebo II a bez přítomnosti chemických látek, pachů, nebo jiných zdrojů znečištění. Omezení dávek větracího vzduchu na jednoho zaměstnance z původních 50 m³/h na 25 m³/h není již podmíněno venkovními teplotami vzduchu.

K úsporám energií přispívá také racionální nastavení žádaných hodnot teploty vnitřního vzduchu a využívání kompenzace prostorové teploty v závislosti na venkovní teplotě vzduchu. Při vysokých teplotách venkovního vzduchu je účelné u vybraných zařízení zvýšit nastavení žádané vnitřní teploty o 2-3 °C, např. z 23 °C na 25-26 °C. Přejít z venkovních teplot nad 30 °C do prostoru o teplotě 22-23 °C znamenal dříve a musí to platit i dnes teplotní šok. Naproti tomu někteří zahraniční investoři požadovali při stavbě posledních nových objektů v Praze (do roku 2009) vnitřní teploty vzduchu v administrativních objektech celoročně např. 22 ± 1 °C. Dnes při hledání všech možných energetických úspor je to snad už minulost.

Nové NV 93/2012 vyžaduje na klimatizovaných pracovištích nastavení prostorových teplot vzduchu pro třídu práce I a II, a zvlášť pro zimní a letní období (nastavení vytápění, nastavení chlazení). Předpis jenom potvrzuje v praxi ověřenou myšlenku na nastavení vyšších žádaných prostorových teplot v letním období. Konkrétní hodnoty teplot vzduchu pro klimatizovaná pracoviště jsou uvedeny v příloze č.1, tabulka č.3.

Kromě těchto zásadních možností úspor energií je možné již dlouhou používat pragmatická opatření, mezi které zejména patří:

- pravidelná kontrola funkce a efektivní údržba VZT zařízení
- větrací a klimatizační zařízení provozovat jen v době potřeby
- důsledně používat v letním období stínící prvky osluněných fasád.
- vytvořené softwarové programy pro regulaci a řízení provozu po delší době provozu vyhodnotit i z pohledu energetické náročnosti a navrhnout případné změny
- udržovat tepelné izolace vzduchovodů v dobrém stavu a nezvyšovat dnešní netěsnost VZT jednotek a potrubí neodbornými zásahy.
- v odůvodněných případech předchladit objekt v letním období venkovním vzduchem nočním provozem VZT bez zdroje chladu.

Nejlepší podmínky pro efektivní provozování našich zařízení a tím snižování celkových provozních nákladů jsou tam, kde provoz řídí dlouhodobě pracovníci s kvalifikací v oboru techniky prostředí, kteří „svůj“ objekt dokonale znají a zlepšování funkce zařízení TZB je zajímá a motivuje. Několik takových v dnešní terminologii provozních managerů znám, mají konkrétní výsledky i prokázané energetické úspory. Nečekají na žádné kontroly klimatizačních zařízení a protokoly.

Samotný komplikovaný a technicky náročný regulační systém včetně snímání velkého počtu provozních hodnot ještě spolehlivý a úsporný provoz vzduchotechnických zařízení nezaručuje.

ZARUČÍ ROVNOMĚRNÝ VÝSTUP VZDUCHU Z PERFOROVANÉHO POTRUBÍ BEZPRŮVANOVÉ VĚTRÁNÍ?

Zdeněk Příhoda, Michal Bureš

PŘÍHODA s.r.o.

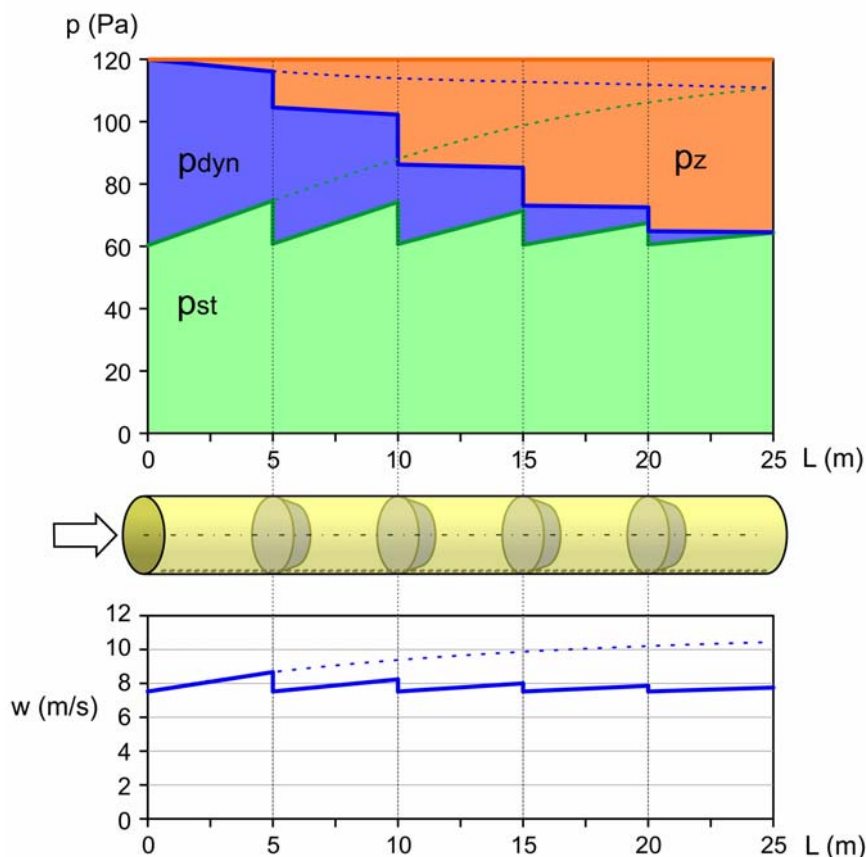
director@prihoda.com, development@prihoda.com

ANOTACE

Existují různé metody optimalizace proudění z perforovaných vzduchovodů. Náš příspěvek je porovnává a posuzuje z hlediska funkce a finanční náročnosti. Vše je založeno na měření, testech a praktických zkušenostech z reálných instalací.

ÚVOD

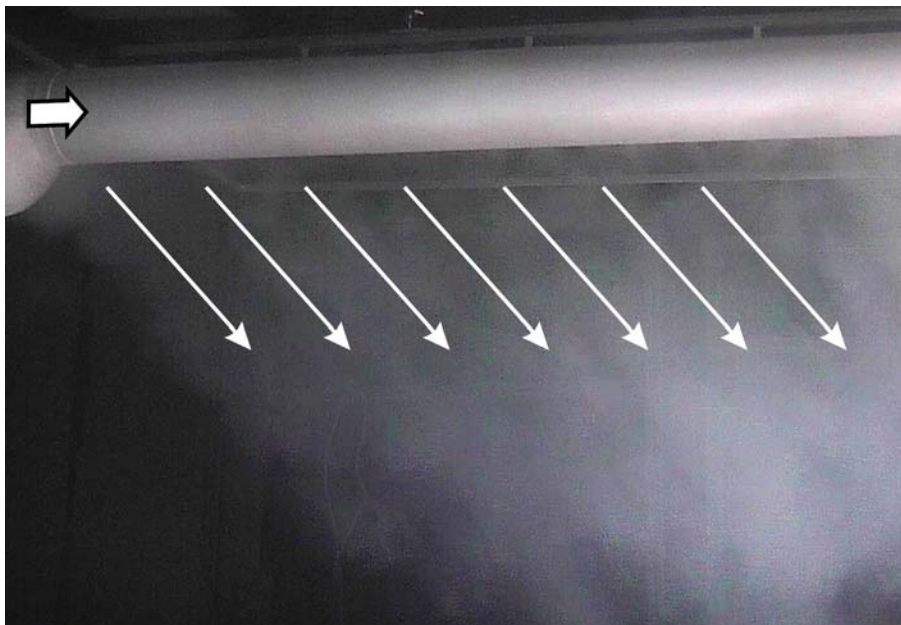
U perforovaných vzduchovodů je obvykle malý rozdíl v hodnotě statického tlaku na začátku a na konci potrubí. Pokud navíc na vhodné místo přidáme místní tlakovou ztrátu například pomocí clonky (nebo více clonek u delších úseků), získáme velmi plochou křivku průběhu statického tlaku. Rychlost vzduchu v otvoru závisí na odmocnině statického tlaku. Graf na obr. 1 ukazuje, že výstup vzduchu je velmi rovnoměrný.



Obr. 1 Typický graf průběhu statického tlaku a výstupní rychlosti z otvoru podél perforovaného potrubí s clonkami.

Kromě hodnoty výstupní rychlosti je důležitý směr výstupu. Vnitřní proud v potrubí ovlivní do určité míry vzduch vystupující otvorem a odkloní ho od kolmice. Pro neupravený otvor

o průměru větším než je tloušťka stěny platí, že čím vyšší je podélná rychlost, tím více se proud odklání. Na konci potrubí je podélná rychlost nulová a výstup je tedy kolmý. To ale mluvíme pouze o bezprostředním okolí potrubí. Pro praktické použití je důležité, jakým způsobem se vzduch šíří dále do prostoru. Jednotlivé proudy z otvorů se navzájem ovlivňují, spojují. Vnější proudění se proto mění i ve větší vzdálenosti od potrubí. Interakcí proudů dojde bohužel k zvětšení odklonu. Jak velké bude odklonění, to závisí na řadě faktorů. V nejhorším případě proud postupuje podél potrubí a oddělí se teprve až na konci, případně postupuje i dále za potrubí, ve směru jeho osy.



Obr. 2 Příklad proudění odkloněného od kolmice.

METODY

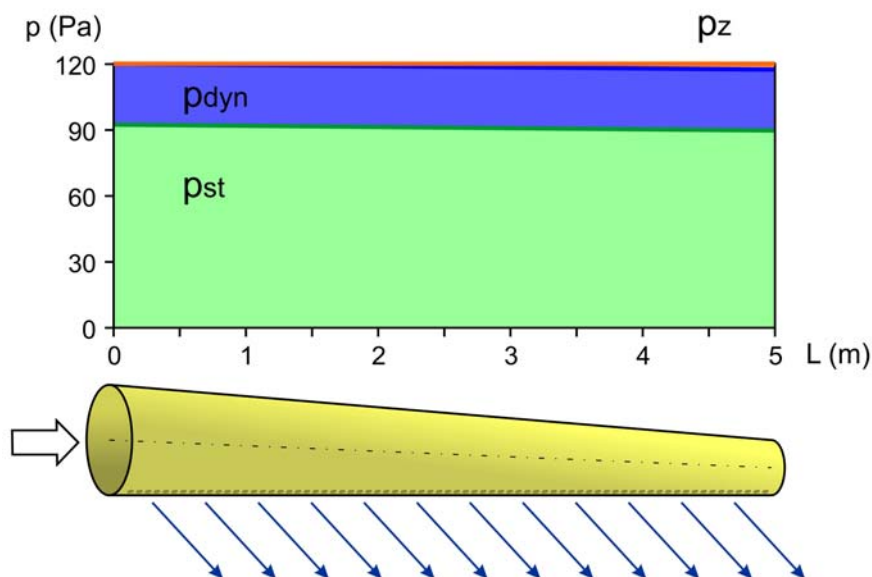
Existuje několik způsobů, jak zabránit nežádoucímu odklonu proudění. Zabýváme se ovšem pouze úpravami potrubí a izotermickým prouděním. Vliv teplot vzduchu, cizí proudění nebo překážky v prostoru tato přednáška nezohledňuje. Vždy platí, že nižší rychlost v potrubí znamená menší odklon, to je ovšem v praxi těžko použitelné vzhledem k rozměrům potrubí a jeho zvýšené ceně.

Známé způsoby ovlivnění šíření vzduchu z perforovaného potrubí:

1. Kónické potrubí
2. Vnitřní usměrňovače pro řady otvorů
3. Seskupování otvorů
4. Otvory s vnější nebo vnitřní bariérou
5. Skupiny otvorů s vnější nebo vnitřní bariérou
6. Dvojitá stěna potrubí
7. Úpravy otvorů, např. osazení tryskami
8. Zešíkmení stěn otvorů

1. Kónické potrubí

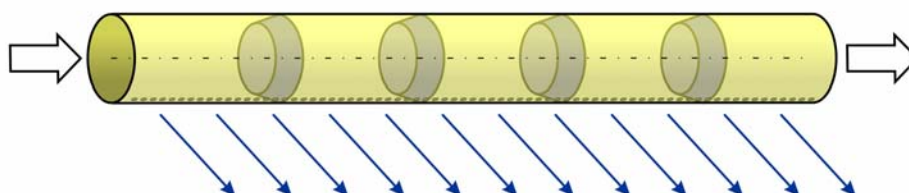
Plynule se zmenšující průřez kónického potrubí zaručí stálý statický tlak po jeho celé délce a tím i stálou výstupní rychlost vzduchu. Pro tento účel jde o velmi dobré řešení, které ale nemá žádný vliv na další šíření vzduchu. Proud vzduchu se odklání od kolmice stejně jako u běžného potrubí stálého průřezu.



Obr. 3 Kónické potrubí znamená stálý statický tlak, ale proudění se odklání.

2. Vnitřní usměrňovače pro řady otvorů

Zkusili jsme do potrubí periodicky po délce nad řady otvorů instalovat usměrňovače podobné naváděcím listům v tradičních vyústkách. Chtěli jsme ověřit, zda takto zbrzděný a oddělený průtok odstraní šikmý výtok. Výsledek testů byl negativní. K odklonu dochází i přes popsanou úpravu, efekt je minimální.



Obr. 4 Příklad vnitřních usměrňovačů.

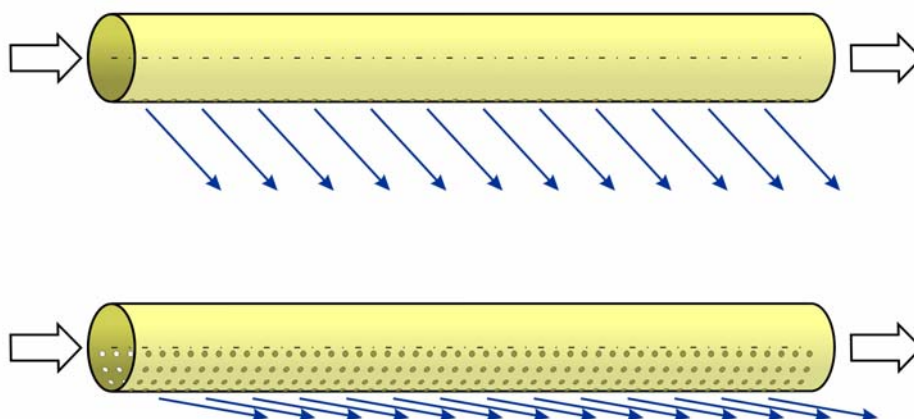
3. Seskupování otvorů

V zásadě existují tři možnosti seskupování:

- Podélné, do řad
- Příčné, do oblastí
- Kombinace podélného a příčného

Podélné seskupování se ukazuje jako funkční. Naše testy prokázaly, že odklon je nejmenší pro osamocenou řadu otvorů. Zobecněním tohoto zjištění je rozdělení příslušného počtu otvorů (potřebného pro distribuci daného průtoku) do řad, které budou co nejdále od sebe.

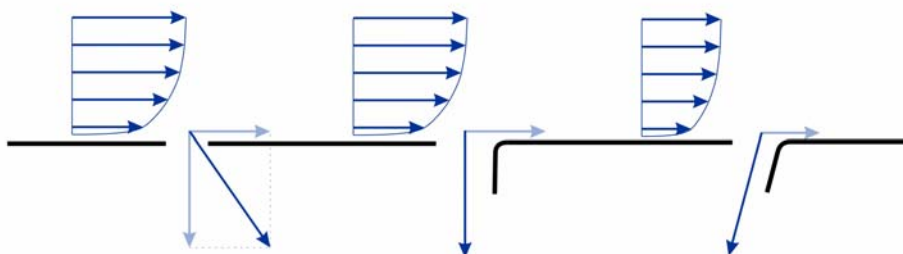
Příčné seskupování pomáhá, podobně jako podélné, narušit negativní vliv skládání jednotlivých proudů. Tím se zamezí dalšímu odklánění a proud zachovává zhruba původní směr. Kombinace příčného a podélného seskupení je obvykle nejlepším řešením. Podstatnou výhodou je jeho cenová dostupnost, protože potrubí nevyžaduje žádné další úpravy. Metodu lze ovšem aplikovat pouze do určitého průtoku. Vyšší průtoky vyžadují tolik otvorů, že jejich seskupování již není technicky možné.



Obr. 5 Proud z jedné osamocené řady otvorů se odklání výrazně méně než z více řad.

4. Otvory s vnější nebo vnitřní bariérou

Pokud otvor osadíme bariérou délky podobné jeho průměru, pak docílíme kolmého výstupu. To platí ať už je bariéra uvnitř nebo vně potrubí. Záleží pouze na technologickém vybavení, která varianta je pro výrobu přijatelná. Kolmý výstup nezabrání dalšímu skládání proudů, ale podstatné je, že proud se nepřiklání k potrubí. Samozřejmě se nabízí možnost vyříznutý materiál otvoru neodstranit, otvor nedoříznout a materiál ohnout. Považujeme to za funkční metodu. V případě pružných materiálů (tkanin) je výsledek závislý na přetlaku vzduchu. Vyšší přetlak znamená vyšší odchýlení „chlopně“ a naopak. Úspornou možností je osazení pouze části otvorů, například pouze každý druhý. I toto řešení poskytuje dobrý výsledek.



Obr. 6 Vnější bariéra u otvoru pomůže napřímit proudění.

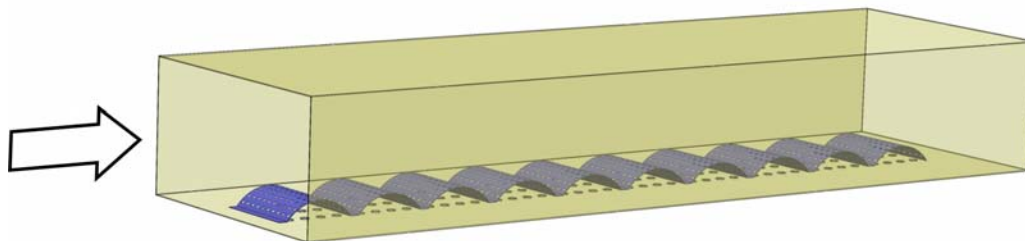
5. Skupiny otvorů s vnější nebo vnitřní bariérou

Technologicky jednodušší variantou oproti metodě 4 může být použití bariéry společné pro skupinu otvorů. Naše testy prokázaly výbornou funkci vnitřních bariér upevněných na řady otvorů v roztečích 100 až 200 mm. Funkční jsou jak bariéry z plných, tak i perforovaných materiálů, viz obr. 7. Tento způsob je dobře aplikovatelný na čtyřhranné potrubí, u kruhových je to složitější. Výstup vzduchu je kolmý.

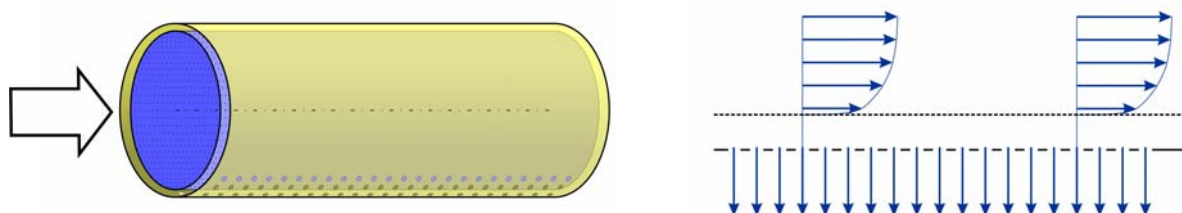
6. Dvojitá stěna potrubí

Potrubí s dvojitou stěnou, v podstatě dvě sousedá perforovaná potrubí, poskytují vynikající výsledky. Mezivrstva dokonale odstraní vliv vnitřního proudění a výstup vzduchu je kolmý. Vnitřní potrubí se dimenzuje na minimální přetlak (30 Pa), aby se příliš nezvyšovala celková tlaková ztráta. Nevýhodou je vyšší cena takového zařízení. Na druhou stranu může být jeho

výroba poměrně jednoduchá v porovnání s jinými metodami vyžadujícími speciální technologie pro upevnění bariér. Zejména pro malé délky potrubí je cenově přijatelná.



Obr. 7 Příklad vnitřních bariér z perforovaného materiálu.



Obr. 8 Dvojitá stěna potrubí znamená naprosto kolmý výtok.

7. Úpravy otvorů, např. osazení tryskami

Tady se již dostáváme mimo oblast perforovaných potrubí, protože trysky a podobná zařízení jsou již tradiční vyústkou, byť v malém provedení. Jedná se o metody poskytující výborné výsledky, pokud mají trysky vhodný tvar. Musí být dostatečně dlouhé (alespoň jako průměr otvoru) a jejich hrany nesmí způsobit hluk (pískání). Nárůst ceny obvykle eliminuje prvotní výhodu perforovaného potrubí, kterou jsou náklady nižší než u tradičních systémů potrubí s vyústkami. Pokud budeme mluvit o tkaninovém potrubí, pak trysky komplikují praní v pračce.

8. Zešikmení stěn otvorů

Tato metoda je účinná pouze tehdy, když je rozměr otvoru porovnatelný s tloušťkou stěny potrubí. To v praxi znamená pouze velmi malé otvory, menší než 1 mm. Testováním tkanin perforovaných otvory 0,2 a 0,4 mm jsme získali překvapivé výsledky. Pomocí šikmo vypálených otvorů lze výborně regulovat směr proudění vzduchu. Pokud jsou kolmé ke stěně, výstup bude kolmý. Pokud jsou zešikmené proti směru vnitřního proudění, pak dosáhneme otočení vzduchu a ten proudí zcela proti směru vnitřního proudění. Tento výsledek dokumentuje fotografie kouřové zkoušky, viz obr. 9. Za uvedených předpokladů se jedná o velmi účinnou a levnou metodu. Otvory jsou kónické z technologických důvodů.

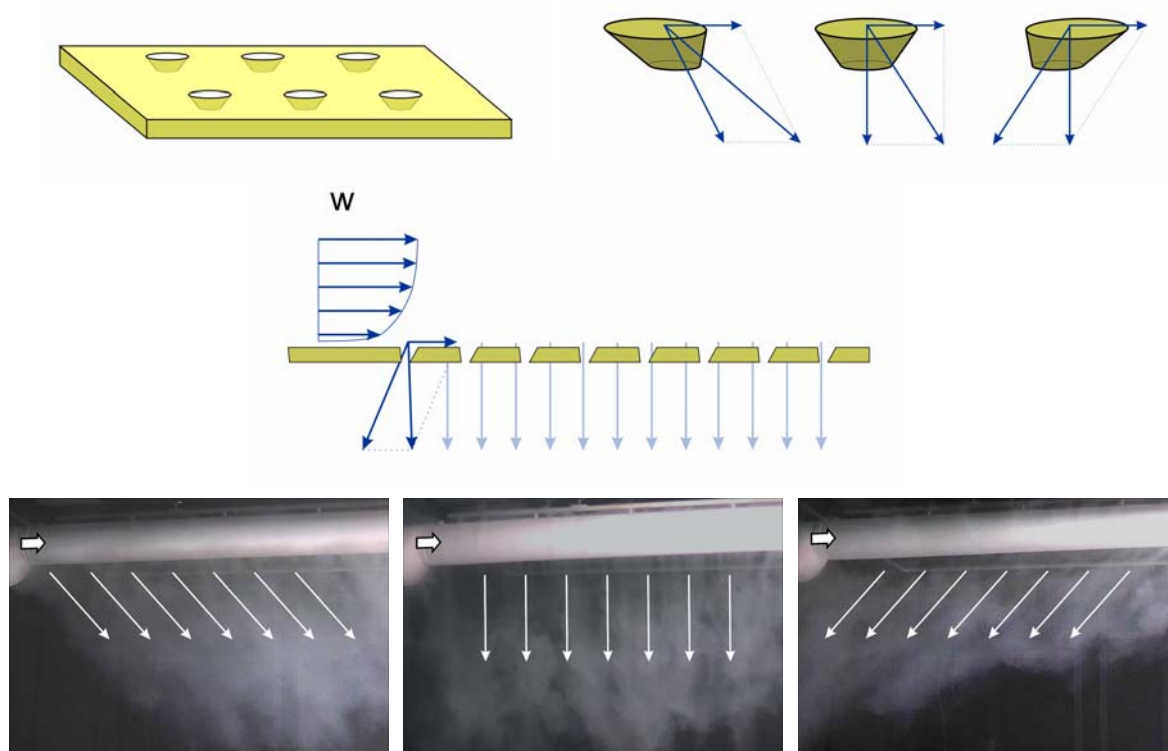
ZÁVĚR

Zobecnění popsaných metod a jejich funkce obsahuje následující tabulka. Jednotlivé možnosti jsou hodnoceny ve stupnici od 1 (nejlepší) do 5 (nejhorší). Náročností se zde rozumí časová a materiálová komplikovanost výroby, což se obojí promítá do výsledné ceny. Za nejlepší funkci považujeme kolmý proud, který se dále neodklání.

Tab. 1 Hodnocení metod pro zamezení odklonu proudění

Metoda	Náročnost (cena)	Funkce
Kónické potrubí	2	5
Vnitřní usměrňovače pro řady otvorů	2	4
Seskupování otvorů	1	3
Otvory s vnější nebo vnitřní bariérou	3	2
Skupiny otvorů s vnější nebo vnitřní bariérou	3	2
Dvojitě potrubí	4	1
Úpravy otvorů, např. osazení tryskami	3	1
Zešikmení stěn otvorů	1	1

Naše odpověď na otázku z názvu přednášky zní: „Rovnoměrný výstupu vzduchu z perforovaného potrubí sám o sobě nezaručí bezprůvanové větrání. Vhodnou konstrukcí potrubí je třeba zařídit správné šíření vzduchu dále do prostoru.“



Obr. 9 Šikmo vyříznuté otvory malých průměrů zcela změnil směr proudění.

LITERATURA

- [1] CHYSKÝ J., HEMZAL K. *Technický průvodce 31 – Větrání a klimatizace*. Bolit Brno, 1993

BAZÉNOVÁ VZDUCHOTECHNIKA – EFEKTIVNÍ A PROVOZNĚ ÚSPORNÉ NAVRHOVÁNÍ

Aleš Rubina¹, Vít Měrka²

¹Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov

²Remak a.s., Zuberská 2601, 756 61 Rožnov pod Radhoštěm

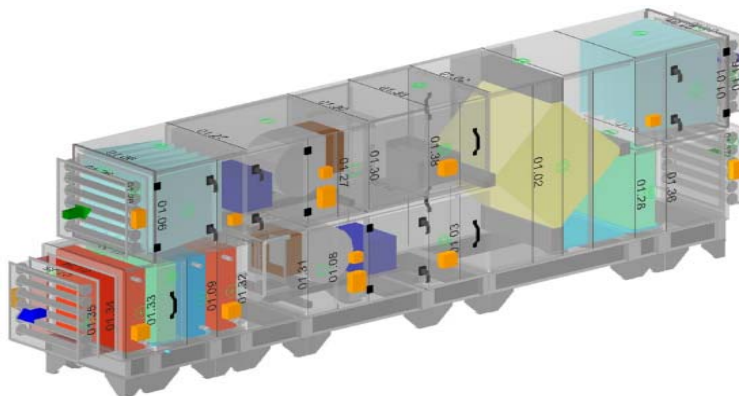
rubina.a@fce.vutbr.cz, v.merka@remak.cz

ANOTACE

Článek se zabývá současnými praktickými problémy bazénových hal spojenými s problémy návrhu a realizace vzduchotechnických systémů. Popisuje klíčové příčiny nežádoucích stavů vnitřního mikroklima. Následně poukazuje na nezastupitelnost spolupráce vzájemně kooperujících profesí, zejména s ohledem na měření a regulaci vzduchotechnického systému. Zde článek poukazuje na chybějící monitoring reálného průběhu chodu zařízení, včetně kvantifikace skutečných provozních nákladů. Tyto jsou úzce spojené s primárním návrhem samotného vzduchotechnického zařízení – bazénovou jednotkou. Její vybavenost, skladba, navržené úpravy vzduchu a následné ovládání s ohledem na reálné podmínky provozu jsou určujícím faktorem efektivního návrhu a provozu zařízení. Případové studie představují porovnání variant řešení a to „tak jak jsme zvyklí“ a „s aktivním systémem měření a regulace v kombinaci s pokročilými metodami navrhování“.

ÚVOD

Návrh vzduchotechnické jednotky pro odvod vlhkostní zátěže z prostorů bazénových hal apod. je spojený s mnoha okrajovými podmínkami, který tento návrh ovlivňuje. Mezi ty základní patří požadovaná teplota a vlhkost vzduchu v interiéru větraného prostoru. Sestava jednotlivých prvků pro úpravy vzduchu je většinou navrhována na extrémní klimatické podmínky v exteriéru objektu v letním a zimním období. Jak ukazuje následující text, problémy s provozem zařízení a zajištění vnitřních mikroklimatických podmínek nastávají ne v projektech uvažovaných letních a zimních extrémů, ale v přechodných obdobích, kdy se venkovní klimatické podmínky v čase poměrně rychle mění a kdy jsou vzhledem k nasycení venkovního vzduchu vodní parou (vlhký podzim, období po dešti apod.) okrajové podmínky pro odvlhčování velmi nepříznivé.

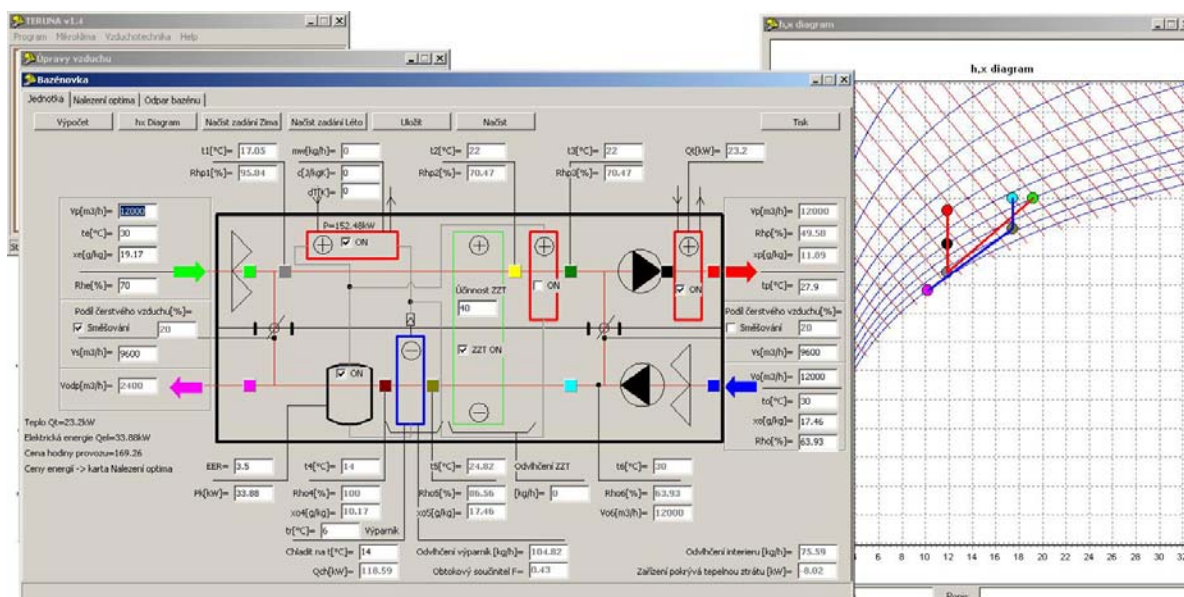


Obr. 1 Ukázka „standardní“ skladby VZT jednotky s některými úpravami vzduchu (rekuperace, směšování, předehřev, chlazení, dohřev, filtrace)

Pro zjednodušení náročného výpočetního řešení je v technické praxi vyvíjen speciální software, který umožní kompletní výpočet návrhu daného vzduchotechnického zařízení a jeho optimální řízení v reálném provozu na základě komunikace s regulátory MaR.

V PRAXÍ VYUŽÍVANÉ SKLADBY VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY

V praxi se v současné době používá několik způsobů odvodu vlhkostní zátěže pomocí vzduchotechnické jednotky. Jsou to varianty od nejjednodušších zařízení, které snižují vlhkost pouze větráním, tedy výměnou vzduchu v místnosti za vzduch venkovní, přes zařízení využívající ZZT, směšování a v létě chlazení (chladičem respektive výparníkem, kde dochází při nízkých povrchových teplotách chladiče ke snížení vzdušné vlhkosti v přiváděném vzduchu) až po zařízení vybavené tepelným čerpadlem, ZZT, směšováním, dohřevem apod. viz obr.2.



Obr. 2 Ukázka možných úprav vzduchu bazénové jednotky určené pro řízené celoroční odvlhčování

Abychom mohli sestavovat a kombinovat jednotlivé úpravy vzduchu podle potřeby, byl sestaven matematický model odvlhčovací jednotky, který zahrnuje nejčastěji používané úpravy vzduchu. Pro výpočet je potřeba definovat návrhové (okrajové) podmínky nutné a variabilní.

Nutné okrajové podmínky jsou:

- klimatické podmínky v exteriéru (teplota, vlhkost, atmosférický tlak, entalpie)
- mikroklima v interiéru, tj. parametry vzduchu, kterých chceme dosáhnout (teplota, vlhkost)
- vzduchové výkonové parametry VZT zařízení (jak na straně přívodu, tak i odvodu)

Variabilní okrajové podmínky jsou určeny podle toho, které úpravy vzduchu navrhujeme. Mezi ty nejčastější patří:

- zpětné získávání tepla rekuperací (ZZT)
- ohřev vzduchu v zimním období
- chlazení vzduchu v letním období (neřízené odvlhčení)
- cirkulace vzduchu

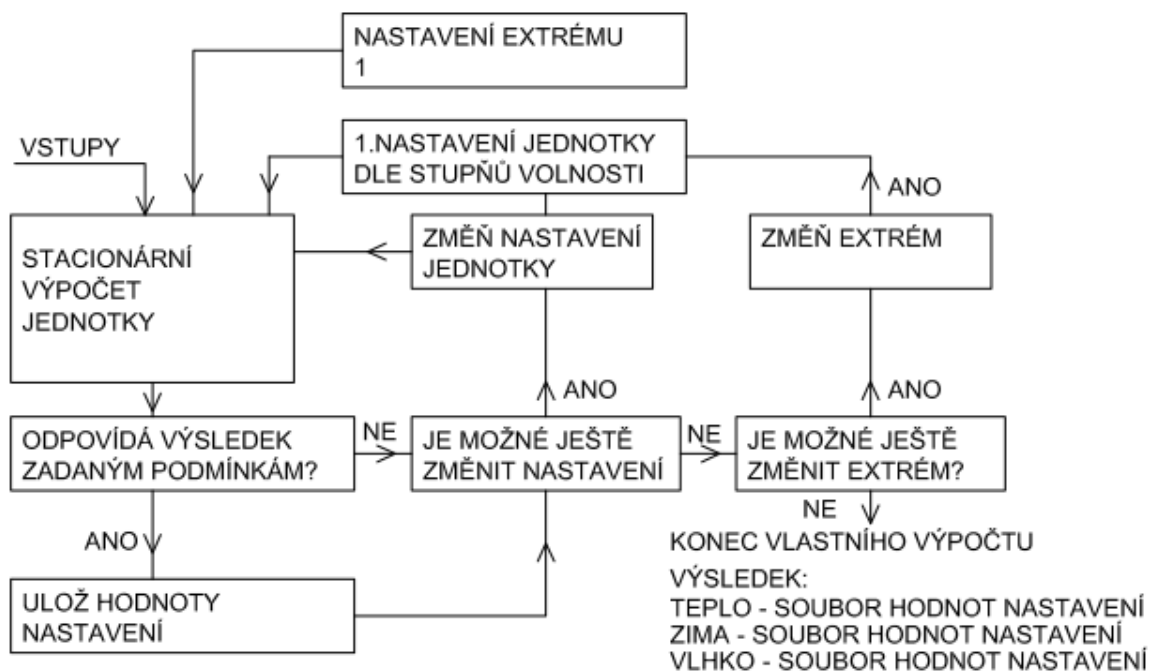
Pro řízené celoroční odvlhčení se variabilně používá:

- dohřev ochlazeného a odvlhčeného přiváděného vzduchu
- uzavřený okruh tepelného čerpadla s umístěním kondenzátoru v proudu přiváděného vzduchu, případně v provedení pro ohřev bazénové vody, či varianta s výměníkem umístěným v odpadním vzduchu s výtlačkem do exteriéru

Z hlediska aplikace okrajových klimatických podmínek a požadovaných podmínek vnitřního mikroklima můžeme výpočet rozdělit do tří základních režimů v zimě, v létě a v přechodném období. Vzhledem k tomu, že v dnešní době je kladen důraz na energetickou náročnost provozu a následné provozní náklady těchto zařízení, byl do programu implementován optimalizační modul, tj. výběr kombinace nejvhodnějších termodynamických úprav, které máme k dispozici s ohledem na nejmenší celkovou energetickou náročnost. Na základě zadaných variabilních okrajových podmínek se provede mnohačetný iterační výpočet a nastaví jednotlivé výkony a příkony jednotlivých prvků tak, aby pokud to fyzikální zákony dovolí, byly zachovány požadované mikroklimatické parametry v interiéru a zároveň respektovány co nejmenší náklady na provoz zařízení.

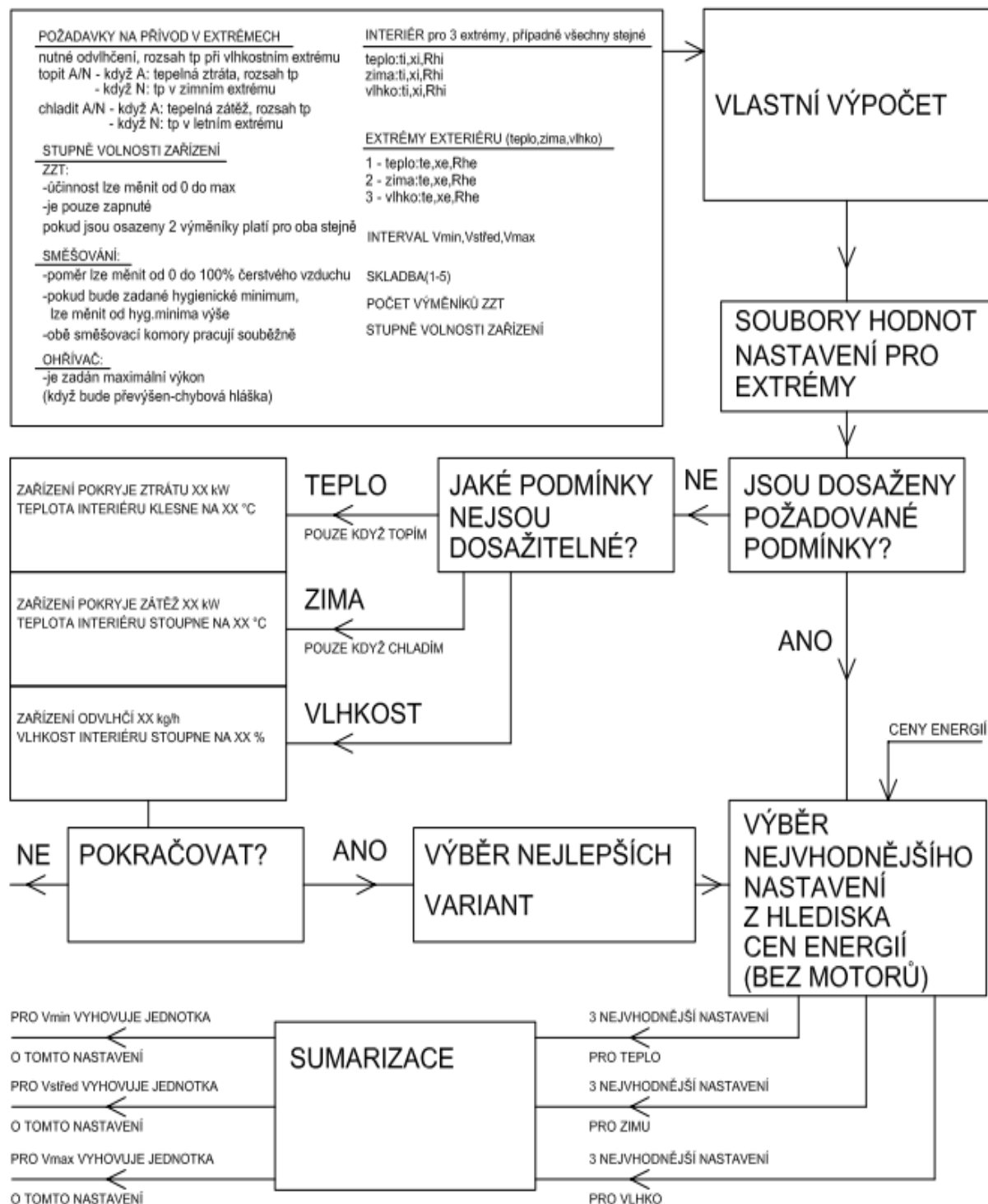
Po provedení výpočtu nejvhodnějších termodynamických úprav jsou tato optimální nastavení prvků přenesena do dalšího výpočtového modulu jednotky nadřazeného programu AeroCAD. Zde se zobrazí nastavení řešených úprav vzduchu. Pro přehlednost zobrazovaných informací je možné všechny prováděné úpravy sledovat v H-X diagramu. Uživatelem vybrané nastavení je AeroCADem spočítáno po stránce tlakových ztrát jednotlivých výměníků, filtrů, návrhů elektromotorů apod. Následně je novým modulem vytvořeného programu proveden energetický výpočet. Při zadání této části výpočtu jsou jako hlavní vstupní okrajové podmínky uvedeny cena tepla a cena elektrické energie.

Možnost kombinace různých variant úpravy vzduchu představuje výpočtové schéma uvedené na Obr.3. Jedná se o jádro programu určující možné nastavení jednotky s ohledem na zadané podmínky výpočtu (venkovních klimatických a vnitřních požadovaných hodnot).



Obr. 3 Jádro výpočetního programu nastavení bazénové jednotky určené pro řízené celoroční odvlhčování

V programu je důsledně dbáno na energetickou náročnost vzduchotechnického zařízení jako celku s přihlédnutím k příkonu jednotlivých elektromotorů, nastavení jednotky (rekuperace, směšování, obtok, tlaková ztráta filtrů, ZZT apod.) a využití odpadního tepla nejen z odváděného vzduchu, ale taktéž z okruhu tepelného čerpadla využívaného pro řízené odvlhčování. Program umožňuje pracovat s různým umístěním kondenzátoru a tedy s možností využití tepla pro dohřev vzduchu, pro případný dohřev bazénové vody nebo v případě přebytku tepla, jeho odvod do odpadního vzduchu jednotky.



Obr. 4 Výpočtový model pro optimalizaci výpočtu a energetické náročnosti provozu zařízení

Jádro výpočtu je tvořeno jednotlivými objekty charakterizujícími reálné prvky vybavení jednotky (úpravy vzduchu pomocí výměníků, filtry, komory směšování atd.) Tyto jednotlivé objekty umožňují provádět v reálném čase výpočet všech stavových veličin na straně vzduchu při daných jeho úpravách. Dále výpočet zahrnuje technické parametry vybraných objektů, zejména se jedná o závislost reálného topného faktoru tepelného čerpadla s ohledem na odvlhčení respektive chladicí výkon vestavěného výparníku. Z uvedené závislosti program počítá s aktuálním reálným elektrickým příkonem kompresoru. V programu je implementována funkce řízení chladicího respektive odvlhčovacího výkonu pomocí frekvenčního řízení kompresoru nebo pomocí obtoku přehřátých par kondenzátoru. Ukázka modulu pro optimalizaci výpočtu a nastavení vybrané varianty s ohledem na energetickou náročnost provozu zařízení je uvedena na Obr.4.

Dalším důležitým parametrem zavedeným do výpočtů ZZT je jeho odvodní účinnost. Z hlediska měření v reálně instalovaných VZT jednotkách za provozu je výhodné pro určení účinnosti využít teplotu za výměníkem ZZT na straně odváděného vzduchu. Zde je většinou čidlo MaR, které zajišťuje ochranu proti namrzání výměníku. Tato účinnost je samozřejmě jiná než přírodní a zahrnuje v sobě jak přenos citelné složky tepla, tak teplo vázané ve formě kondenzátu. Vztah popisující tepelnou rovnováhu je definován:

$$V_p \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{p,ZZT} - t_e) = V_o \cdot \rho \cdot c \cdot (t_o - t_{o,ZZT}) + M_k \cdot L_v \quad (1)$$

kde t_o je teplota odváděného vzduchu ($^{\circ}\text{C}$), t_e - teplota venkovního vzduchu ($^{\circ}\text{C}$), t_p - teplota přiváděného vzduchu ($^{\circ}\text{C}$), $t_{o,ZZT}$ - teplota odváděného za výměníkem ZZT ($^{\circ}\text{C}$), $t_{p,ZZT}$ - teplota přiváděného vzduchu za výměníkem ZZT ($^{\circ}\text{C}$), V_p , V_o - průtoky přiváděného a odváděného vzduchu (m^3/s), M_k - hmotnostní tok kondenzátu (kg/s), L_v - výparné teplo vody (J/kg.K), c - měrná tepelná kapacita vzduchu (J/kg.K), ρ - nominální hustota vzduchu $\rho = 1,2 \text{ (kg/m}^3\text{)}$.

Uvedený početní přístup zahrnuje prakticky kompletní přístup návrhu specifického zařízení jako je zařízení pro dopravu a úpravu vzduchu v prostorách s vývinem vlhkosti. Výstupem je konkrétní optimalizovaný návrh centrální vzduchotechnické bazénové jednotky.

PŘÍPADOVÉ STUDIE SOUČASNÉHO STAVU NÁVRHU A REALIZACE

Případové studie porovnávající současná technická řešení a řešení postavená na aktivních systémech měření a regulace v kombinaci s pokročilými metodami navrhování zazní přímo na konferenci.

ZÁVĚR

Článek poukazuje na náročnost problematiky odvlhčování vzhledem ke konstrukci a nastavení „odvlhčovací“ bazénové jednotky, ukazuje na náročnost výpočtu a předkládá softwarové řešení pomocí nového výpočetního modulu implementovaného do dnes již rozšířeného návrhového programu vzduchotechnických jednotek firmy Remak a.s. s názvem AeroCAD.

Předložené komplexní řešení návrhu bazénových jednotek je svým významem jedinečným přístupem aplikovaným v ČR. Možnost využití programu pro optimální řízení a nastavení regulátorů ovládajících zařízení při provozu dává specifickou možnost ekonomických úspor při provozu zařízení. Uvedenou a programem počítanou optimalizací lze dosáhnout (byly provedeny simulace provozu různých technických řešení a nastavení) celkových energetických úspor při provozu zařízení až 20% oproti systémům řešených a provozovaných „klasicky“.

Článek vznikl za podpory specifického výzkumu na VUT v Brně Fakultě stavební.

LITERATURA

- [1] RUBINA, A.; TESAŘ, Z.; RUBINOVÁ, O.: Modelování fyzikálních jevů 2 - VZT jednotka a spotřeba energie na odvlhčování, článek v TZB Info, ISSN 1801-4399, Topinfo s.r.o., Praha, 2011
- [2] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol. Technický průvodce větrání a klimatizace. 3. vyd. Praha: ČESKÁ MATICE TECHNICKÁ, 1993. 490 s. ISBN 80-901574-0-8.
- [3] SZÉKYOVÁ, M., FERSTL, K. a NOVÝ, R.. Větrání a klimatizace. 1. české vyd. Bratislava: JAGA, 2006. 359 s. ISBN 80-8076-037-3.
- [4] RUBINOVÁ, O.; RUBINA, A., Ověření účinnosti zařízení pro zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu v reálném provozu, článek v Český instalatér, ISSN 1210-695X, ČNTL, spol. s r.o., Praha, 2011
- [5] JÍCHA, Miroslav. Přenos tepla a látky. 1. vyd. Brno: CERM, 2001, 160 s. ISBN 80-214-2029-4.
- [6] BLASINSKI, Petr. Vlhkostní bilance bytu. Brno, 2011. 75 s., 48 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.



POŽÁRNÍ VĚTRÁNÍ CHRÁNĚNÝCH ÚNIKOVÝCH CEST V ČESKÉ REPUBLICE

Stanislav Toman

Projektová kancelář ÚT+VZT
sttoman@centrum.cz

ANOTACE

Průspěvek je věnován celkovému přehledu požárního větrání chráněných únikových cest, které je uplatňováno ve stavebních objektech v České republice.

Požární větrání chráněných únikových cest je z řady důvodů zatíženo určitými znaky, které je řadí mezi méně srozumitelné větrací „disciplíny“, jak co do způsobu výpočtů, dimenzování tak i navrhování. Jedním z důvodů je to, že se jedná o více-oborovou problematiku, u které je potřebné zvládnout ještě další související oblasti jako je požární bezpečnost staveb, elektrická požární signalizace, stabilní hasicí zařízení, požární zkušebnictví, specifické vlastnosti jednotlivých prvků, z kterých je požární větrání sestaveno atd. Dalším důvodem je poměrně komplikovaná normativní platforma zahrnující rovněž více oborů.

Základnou pro navrhování požárního větrání jsou české technické normy (ČSN) případně české verze evropských technických norem (ČSN EN). Dalšími podklady mohou být i jiné technické dokumenty upravující podmínky požární ochrany staveb a vztahující se k předmětné problematice (například zahraniční normy, ISO normy, odborné publikace atd.).

Hlavní požadavky pro požární větrání chráněných únikových cest jsou uvedeny v kodexu českých technických norem požární bezpečnosti staveb řady ČSN 73 08xx. Jde o rozsáhlý a navzájem provázaný soubor cca 25 norem, který je budován přes 40 let a je stále dotvářen a aktualizován. Z hlediska principů vzduchotechniky i její terminologie nacházíme v tomto „požárním“ kodexu norem určité odlišnosti od kodexu vzduchotechnických norem. Při konstruktivním přístupu však mohou být tyto rozdílnosti vyjasněny. Tak například pojmy *požární odvětrání* (či jen *odvětrání*) nebo *samočinné odvětrací zařízení* (popisované zkratkou SOZ), které jsou zavedeny v souboru požárních norem, si ve vzduchotechnickém oboru nazveme univerzálně jako *požární větrání*. Stejně tak pro *přítok* a *odtok* vzduchu nebo kouře použijeme vzduchotechnicky obvyklý *přívod* a *odvod*. O něco složitější bude vyjasnění definic mezi *nuceným větráním* a *přetlakovým větráním* chráněných únikových cest. Stejně tak jako určení výpočtových okrajových podmínek při výpočtu přirozeného větrání chráněných únikových cest. Nicméně většina rozdílností je technicky řešitelná, pokud se sleduje výsledek, tj. návrh a realizace kvalitního větracího zařízení, které při požáru splní požadovanou funkci.

ÚVOD

V úvodní stati jsou přehledným způsobem uvedeny hlavní platné normativní dokumenty v České republice, které se dotýkají požárního větrání chráněných únikových cest. Tato část příspěvku by měla sloužit jako aktuální soupis norem, s kterými by měli projektanti a dodavatelé pracovat.

České technické normy požární bezpečnosti staveb

Z kodexu českých technických norem požární bezpečnosti staveb jsou vybrány, pro účely tohoto příspěvku, alespoň ty nejdůležitější. Respektive takové, v nichž jsou uvedeny podmínky pro požární větrání většiny budov realizovaných v běžné výstavbě. Jde o normy,

které je možno označit jako návrhové (projektové), a protože jsou jmenovitě citovány v právním předpisu [1], staly se právně závaznými:

- ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty, 05/2009
- ČSN 73 0804 PBS – Výrobní objekty, 02/2010
- ČSN 73 0810 PBS – Společná ustanovení, 04/2009
- ČSN 73 0818 PBS – Obsazení objektů osobami, 07/1997
- ČSN 73 0831 PBS – Shromažďovací prostory, 06/2011
- ČSN 73 0833 PBS – Budovy pro bydlení a ubytování, 09/2010
- ČSN 73 0834 PBS – Změny staveb, 03/2011 + Změna Z1, 07/2011
- ČSN 73 0835 PBS – Budovy zdravotnických zařízení a sociální péče, 04/2006
- ČSN 73 0842 PBS – Objekty pro zemědělskou výrobu, 04/1996 + Změna Z1, 10/2004 + Změna Z2, 04/2009
- ČSN 73 0843 PBS – Objekty spojů a poštovních provozů, 07/2001 + Změna Z1, 04/2009
- ČSN 73 0845 PBS – Sklady, 02/1997 + Změna Z1, 02/1999 + Změna Z2, 02/2010
(Poznámka: revize této normy vyjde v 1.pololetí 2012)
- ČSN 73 0848 PBS – Kabelové rozvody, 04/2009
- ČSN 73 0872 PBS – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením, 01/1996
- ČSN 73 0875 PBS – Stanovení podmínek pro navrhování elektrické požární signalizace v rámci požárně bezpečnostního zařízení, 04/2011

Technické normy pro větrání budov

- ČSN 12 7010 Vzduchotechnická zařízení. Navrhování větracích a klimatizačních zařízení, 01/1988
- ČSN 12 3061 Vzduchotechnika. Ventilátory. Předpisy pro měření, 11/1987
- ČSN EN 12599 Větrání budov – Zkušební postupy a měřicí metody pro přejímky instalovaných větracích a klimatizačních zařízení, 07/2010
- ČSN EN 15423 Větrání budov – Protipožární opatření vzduchotechnických systémů, 08/2011
- ČSN EN 15650 Větrání budov – Požární klapky, 03/2011
- ČSN EN 13779 Větrání nebytových budov – Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy, 07/2010

Technická norma pro přetlakové větrací zařízení

- ČSN EN 12101-6 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla – Část 6: Technické podmínky pro zařízení pracující na principu rozdílu tlaků - Sestavy, 02/2006

Zkušební požární normy

- ČSN EN 1363-1 Zkoušení požární odolnosti – Část 1: Základní požadavky, 02/2000
- ČSN EN 1363-2 Zkoušení požární odolnosti – Část 2: Alternativní a doplňkové postupy, 02/2000
- ČSN EN 1366-1 Zkoušení požární odolnosti provozních instalací – Část 1: Vzduchotechnická potrubí, 02/2000
- ČSN EN 1366-2 - Část 2: Požární klapky, 02/2000
- ČSN EN 1366-3 – Část 3: Těsnění prostupů, 09/2009
- ČSN EN 1366-5 – Část 5: Instalační kanály a šachty, 08/2010
- ČSN EN 15882-1 Rozšířená aplikace výsledků zkoušek požární odolnosti provozních instalací – Část 1: Požárně odolná vzduchotechnická zařízení, 2012

ČSN EN 1634-1 Zkoušení požární odolnosti a kouřotěsnosti sestav dveří, uzávěrů a otevíravých oken a prvků stavebního kování – Část 1: Zkoušky požární odolnosti dveří, uzávěrů a otevíravých oken, 04/2009

ČSN EN 1634-2 Část 2: Zkouška charakterizující požární odolnost prvků stavebního kování, 12/2009

ČSN EN 1634-3 Část 3: Kouřotěsné dveře a uzávěry otvorů, 03/2005

Klasifikační technická norma požární bezpečnosti staveb

ČSN EN 13501-3+A1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb – Část 3: Klasifikace podle výsledků zkoušek požární odolnosti výrobků a prvků běžných provozních instalací: požárně odolná potrubí a požární klapky, 02/2010

Ostatní související technické normy

ČSN 34 2710 Elektrická požární signalizace – Projektování, montáž, užívání, provoz, kontrola, servis a údržba, 09/2011

ČSN EN ISO 13943 Požární bezpečnost – Slovník, 08/2011

VĚTRÁNÍ CHRÁNĚNÝCH ÚNIKOVÝCH CEST

Chráněné únikové cesty (dále též CHÚC) jsou trvale volné komunikace ve stavbě vedoucí na volné prostranství. Musí především umožnit bezpečnou a včasnou evakuaci osob. Současně také slouží k zajištění přístupu požárních jednotek do prostorů zasažených požárem a následnému zásahu. Bezpečnou evakuací se rozumí ochrana osob proti účinkům požáru. Zejména proti vysokým teplotám, sálavému teplu a zplodinám hoření (obecně kouře). Proto musí být CHÚC vybaveny jak pasivními prvky (materiálové stavební provedení), tak aktivními prvky požární bezpečnosti (EPS, nouzové osvětlení, světelné a akustické signály, větrání).

Chráněné únikové cesty se podle doby, po kterou se při požáru mohou osoby v únikové cestě bezpečně zdržovat, třídí na:

- CHÚC typu A,
- CHÚC typu B,
- CHÚC typu C.

Jednotlivé druhy únikových cest se liší svým stavebním provedením a způsobem větrání. Chráněná úniková cesta typu A je nejjednodušší, cesta typu C nejsložitější. Tím, že jsou CHÚC členěny do samostatných požárních úseků, jsou vytvořeny prvotní podmínky pro ochranu osob. Členění do požárních úseků musí respektovat také projektanti vzduchotechniky především tím, že zajistí ochranu prostupů (potrubních i nepotrubních) požárními konstrukcemi, které ohraničují prostor CHÚC a další požadavky uvedené v normách (např. [2], [3], [4], [5]).

Větrání je významným aspektem *všech typů CHÚC*. Používají se tři způsoby větrání:

- přirozené větrání,
- nucené větrání,
- přetlakové větrání.

Rozhodnutí o tom, který způsob větrání bude použit v navržené CHÚC, učiní buď projektant požárně bezpečnostního řešení (dále též PBR) nebo se určí podle požadavků norem [2] a [3]. Vždy platí zásada, že celkovou koncepci únikových cest (nechráněných, částečně chráněných,

chráněných) řeší projektant PBŘ. Ten stanoví druhy, typy a počty únikových cest včetně jejich kapacity, provedení a vybavení. Projektant vzduchotechniky přebírá tuto koncepci jako základní a závazný podklad, se kterým pracuje při svém návrhu.

Důležitým požadavkem na zajištění bezpečné evakuace je, aby nedošlo k ohrožení osob zplodinami hoření a kouře. To je právě úkol pro větrání CHÚC. Vzduchotechnika má k zabezpečení tohoto cíle dva nástroje:

- buď vytvoří takové tlakové poměry mezi CHÚC a přilehlými prostory, kterými omezí (případně zabráni) průniku kouře po určenou či předpokládanou dobu,
- nebo zajistí zředění proniklého kouře na koncentraci 1 % nejvýše 2% po určenou či předpokládanou dobu.

Určenou dobou je míněna maximální doba bezpečného zdržení osob v CHÚC stanovená konkrétní číselnou hodnotou v normě [1], tedy v objektech nevýrobních. Pro CHÚC-A jsou to 4 minuty, pro CHÚC-B je to 15 minut a pro CHÚC-C je to 30 minut. *Předpokládanou dobou* je míněna doba pro bezpečný pohyb osob ve výrobních objektech [2] po předpokládanou dobu evakuace, kterou stanoví projektant PBŘ výpočtem.

Vytvoření tlakových poměrů v CHÚC, které omezují průnik kouře

V *nevýrobních objektech* podle [2] se vytvořením tlakových poměrů omezujících průnik kouře rozumí vytvoření tlaku v CHÚC (popřípadě v jiném chráněném prostoru) o 25 Pa vyšším než je v hořícím prostoru. To znamená, že v CHÚC-B bez požárních předsíní je třeba větracím zařízením vytvořit tlakovou kaskádu 25 Pa – 0 Pa. V CHÚC-C, která má vždy požární předsíň (což je jiný chráněný prostor), je třeba vytvořit tlakovou kaskádu 50 Pa – 25 Pa – 0 Pa mezi CHÚC, požární předsíní a prostorem, kde hoří. Druhou tlakovou alternativou je vytvoření tlaku v CHÚC o 12 Pa vyšším než v hořícím prostoru avšak za předpokladu součinnosti sprinklerového stabilního hasicího zařízení v přilehlých požárních úsecích.

Ve *výrobních objektech* [3] platí odlišné podmínky. Zde se požaduje tlak v chráněné únikové cestě při zavřených dveřích o 50 Pa vyšší než v hořícím prostoru nebo o 25 Pa vyšší při součinnosti sprinklerového stabilního hasicího zařízení. Další podrobnosti, které upřesňují okrajové výpočtové podmínky a některé také bohužel znepřehledňují situaci (otevřené dveře v CHÚC, rychlost vzduchu v otevřených dveřích podle požární výšky objektu, násobnosti výměny vzduchu, minimální průtoky větracího vzduchu, atd.) jsou uvedeny v [3].

Na území České republiky platí rovněž *norma ČSN EN* [6], která podrobně řeší podmínky pro větrací zařízení, které je určeno pro požární únikové cesty a pracuje na principu rozdílu tlaků. Norma je tedy přímo aplikovatelná pro chráněné únikové cesty, v nichž je požadováno přetlakové větrání ve smyslu národních norem [2] a [3]. Tento technický předpis srozumitelně definuje dva návrhové stavy, pro které se větrací zařízení navrhuje, a které modelují stav blízký reálnému požáru. Při účelovém zjednodušení se dají návrhové (provozní) stavy popsat takto: První provozní stav je takový, při němž jsou zavřeny všechny dveře do únikové cesty a musí se dosáhnout přetlaku 50 Pa. Druhý provozní stav je určen daným počtem otevřených dveří a požadovanou rychlostí vzduchu (0,75 m/s případně 2 m/s) v otevřených dveřích, které vedou do prostoru, kde hoří. Přetlak 50 Pa je požadován i ve výtahových šachtách, kterými by se mohl šířit kouř nebo ve výtahových šachtách zásahových cest. V normě je řada dalších zpřesňujících údajů a předpokladů včetně požadavku na nepřekročení síly 100 N potřebné k otevření dveří do únikové cesty. Důležité je, že norma uvádí výpočtovou metodiku i požadavky na všechny prvky větracího zařízení. (*Poznámka: Česká norma pro výrobní objekty [3] ve své poslední aktualizaci obsahuje požadavky, které se přibližují evropské*

normě [6] a tento trend je avizován i pro připravovanou novelizaci české normy pro nevýrobní objekty [2].)

K vytvoření jednoznačně požadovaných tlakových poměrů v národních normách lze použít pouze *přetlakový způsob větrání* nikoli systém *nucený* nebo dokonce *přirozený*. Rozdíl mezi přetlakovým a nuceným způsobem větrání CHÚC je uveden v [8]. Oba způsoby jsou často mylně zaměňovány případně ztotožňovány. Zjednodušeně lze rozlišení charakterizovat takto: U přetlakového větrání jsou návrhovými kritérii přetlak (Pa) při zavřených dveřích v CHÚC a rychlost vzduchu (m/s) v otevřených dveřích do prostoru, kde hoří. U nuceného větrání je návrhovým parametrem průtok přiváděného vzduchu (m^3/h) do CHÚC. Tyto návrhové parametry (přetlak, rychlost vzduchu ve dveřích, průtok přiváděného vzduchu) se pochopitelně musí doložit při funkčních zkouškách před uvedením do provozu ve smyslu normy [7].

Zředění kouře proniklého do CHÚC na přípustnou koncentraci 1% až 2%

Zplodiny hoření a kouř pronikají do CHÚC především infiltrací (pronikáním přes spáry zavřených dveří). Intenzita průniku spárami je závislá na celé řadě faktorů obtížně stanovitelných (plocha spár, počet dveří, rostoucí rozdíl teplot mezi prostorem s požárem a únikovou cestou, venkovní teplota, výška CHÚC, působení větru atd.). Národní normy [2] a [3] v souvislosti s infiltrací plynů (zplodin hoření a kouře) uvádějí, že „odvětrání“ chráněných únikových cest se navrhuje buď podle příslušných normových článků, nebo výpočtem podle konkrétních podmínek. Pro exaktní výpočet není k dispozici běžně dostupná metodika. Takže se vlastně tiše předpokládá, že míra větrání požadovaná normovými hodnotami zajistí zředění na onu přípustnou koncentraci 1% až 2%. Exaktní důkaz, že tomu tak skutečně je, se v projektech bohužel nedokládá. Nicméně přesnější výpočty jsou možné a jejich princip a algoritmus jsou uvedeny například v [8]. Další zjednodušenou výpočtovou metodou (na straně bezpečnosti) může být postup založený na úvaze, že v hořícím prostoru bude v určité fázi rozvoje požáru dosažen tlak vyšší o 50 Pa oproti prostoru v chráněné únikové cestě. Přes stanovenou plochu netěsnostmi dveří lze již snadno vypočítat objemový průnik kouře a následně přívod větracího vzduchu do CHÚC, kterým se zajistí nepřekročení koncentrace 1% až 2%.

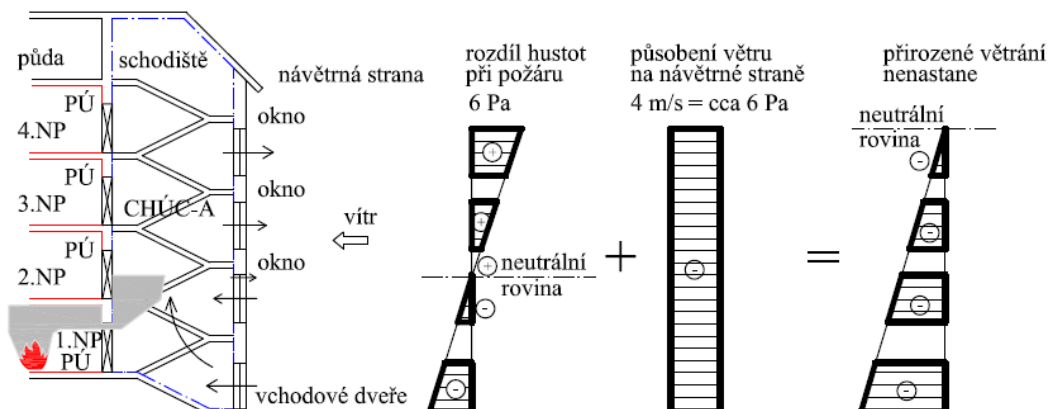
PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ CHÚC

Princip přirozeného větrání je založen na tzv. komínovém efektu, kdy pohyb větracího vzduchu vyvolává rozdíl hustot vzduchu uvnitř a vně objektu a působení větru. Z přirozené (fyzikální) podstaty tohoto způsobu větrání vyplývá, že jeho větrací účinek je v průběhu dne značně proměnlivý a z hlediska větrací ochrany únikové cesty nejméně spolehlivý. Přirozené větrání může být, podle norem [2] a [3], principiálně navrženo dvěma postupy. Buď se zvolí velikosti ploch větracích otvorů podle jednoznačně daných normových hodnot, nebo se postupuje výpočtem způsobem. Výpočet není jednoduchý, jak by se mohlo zdát. Proto drtivá většina projektantů navrhuje větrací otvory podle normových hodnot. Největším rizikem takto mechanicky převzatých hodnot je nezohlednění působení větru a nezohlednění správné polohy přírodních a odváděcích větracích otvorů vůči směru, jak je patrné z Obr. 1 a Obr. 2. Z obrázků je evidentní, že pokud jsou oba větrací otvory (tj. přírodní i odváděcí) umístěny na návětrné straně, mohou zcela běžně nastat podmínky, kdy je větrání prakticky nefunkční. Proto je vždy nezbytné správně navrhnout umístění větracích otvorů vůči převládajícímu směru větru. Optimální je situace, kdy dolní větrací otvor je na návětrné straně a horní větrací otvor na závětrné straně budovy.

Přirozené větrání je možno navrhovat třemi způsoby, které jsou schematicky popsány takto:

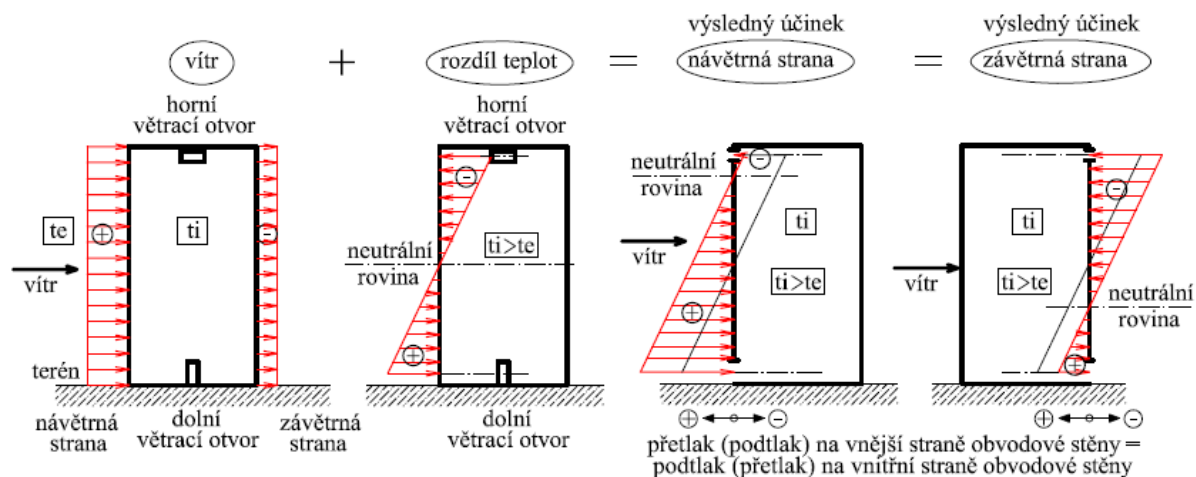
- otevíratelné otvory (okna) na každém podlaží (příčné nebo jednostranné),

- větrací otvory v nejvyšším a nejnižším místě,
- větrací průduchy v každém podlaží (v praxi se vůbec nepoužívá).



Obr. 1 Příklad čtyřpodlažního objektu s přirozeným větráním okny na každém podlaží. Budou-li všechny větrací otvory umístěny na návětrné straně a rychlost větru 4 m/s, posune se neutrální rovina k hornímu okraji nejvyššího okna. Celý prostor únikové cesty se dostane do podtlaku a přirozené větrání proto nenastane

U přirozeného větrání lze zcela jednoznačně konstatovat, že nejvhodnějším způsobem je větrání prostřednictvím větracích otvorů v nejvyšším a nejnižším místě. Jednak proto, že je komínový efekt využit v jeho plném potenciálu a jednak proto, že je v normových požadavcích požadován automatický režim jeho uvedení do chodu (hlásiče kouře, samočinné otevírání horního i dolního větracího otvoru) i manuální ovládání (ruční tlačítka).



Obr. 2 Příklad přirozeného větrání objektu s větracími otvory v nejvyšším a nejnižším místě. Poloha obou větracích otvorů na návětrné straně může znamenat téměř nefunkční větrání. Poloha obou větracích otvorů na závětrné straně má lepší větrací účinek než předchozí případ, ale rozhodně není nejvhodnější.

Velikost větracích otvorů je dána buď normovými hodnotami ($\geq 2 \text{ m}^2$) nebo výpočtem (v tomto případě mohou být plochy i nižší než 2 m^2). Při výpočtovém způsobu určení velikosti větracích otvorů je třeba okrajové podmínky uvedené v normě upřesnit a rozšířit. Jde především o precizování působení větru (na budovu jako celek, průměrná rychlost a převládající směr podle lokality), hodnoty aerodynamických součinitelů budovy, hodnoty

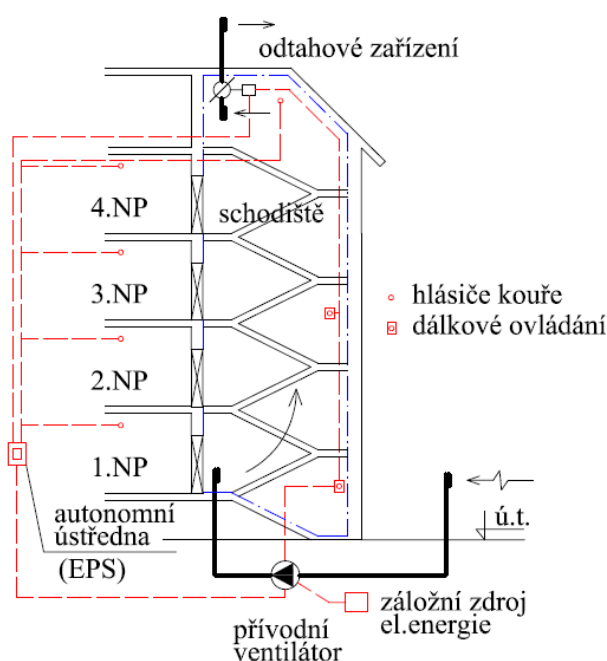
výtokových a vtokových součinitelů větracích otvorů, návrhovou teplotu venkovního vzduchu a polohu větracích otvorů vůči větru. Výpočtem jsme schopni získat mnohem komplexnější parametry větracího zařízení a tím i doklad o jeho spolehlivosti pro významnou část roční doby.

NUCENÉ VĚTRÁNÍ CHÚC

Princip nuceného větrání spočívá v zajištění konstantního přívodu venkovního vzduchu do prostoru chráněné únikové cesty prostřednictvím ventilátoru. Hlavním výkonovým parametrem, kterého se musí dosáhnout (přes předepsanou násobnost výměny vzduchu), je průtok větracího vzduchu (m^3/h). Odvod vzduchu je zajištěn průduchy, šachtami, únikem okny, dveřmi, větracími otvory a netěsnostmi stavebních konstrukcí apod. Jeden z aplikačních příkladů je uveden na Obr. 3.

Úlohou tohoto způsobu větrání je významně omezit průnik zplodin hoření a kouře do únikové cesty, a pokud tam kouř pronikne tak jej naředit, aby nebyla překročena jeho koncentrace 1% až 2%. Pro *nevýrobní objekty* je přívod větracího vzduchu určen normovými hodnotami intenzity větrání, respektive násobností výměny vzduchu. V CHÚC-A je výměna vzduchu nejméně desetinásobná, v CHÚC-B s požárními předsíněmi alespoň 12,5 násobná. Ve *výrobních objektech* jsou požadavky v CHÚC-A na alespoň desetinásobnou výměnu vzduchu (nejméně $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$), v CHÚC-B s požárními předsíněmi alespoň 12,5 násobná výměna vzduchu (nejméně $1,875 \text{ m}^3/\text{h}$).

U nuceného větrání je požadováno automatické uvedení do chodu, minimální doba chodu a spolehlivost zařízení. V nevýrobních objektech je nejmenší doba chodu je pro CHÚC-A stanovena na 10 minut, pro CHÚC-B bez požárních předsíní na 30 minut. Ve výrobních objektech je to vždy dvojnásobek doby evakuace, ale nejméně 10 minut pro CHÚC-A a 20 minut pro CHÚC-B s požárními předsíněmi (resp. 45 minut pokud tato cesta slouží jako zásahová). Spolehlivosti zařízení se docílí instalací záložního zdroje elektrické energie (UPS nebo dieselagregát).



Obr. 3 Příklad nuceného větrání chráněné únikové cesty

Nucené větrání lze označit jako velmi efektivní, bezpečné, účinné a bezproblémové z hlediska návrhu.

PŘETLAKOVÉ VĚTRÁNÍ CHÚC

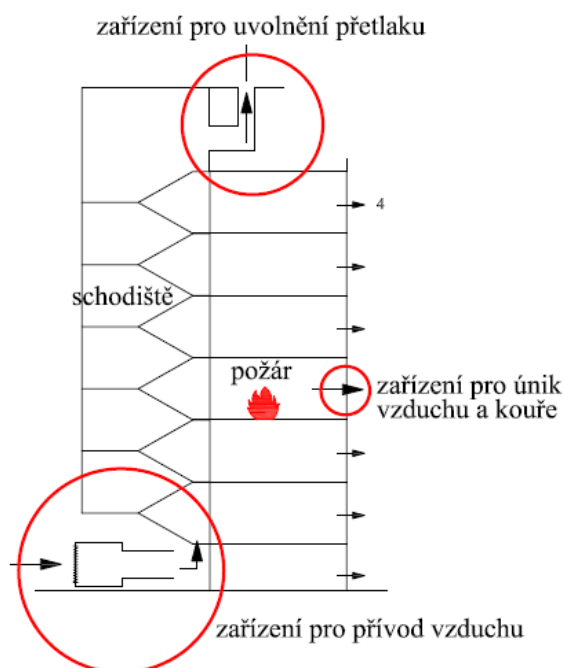
Zjednodušeně je princip a popis přetlakového větrání, včetně základních hodnot tlaků, uveden výše. Nejdůležitější podmínky pro návrh přetlakového větrání jsou uvedeny ve dvou normových skupinách, *národní* a *evropské*, které nejsou zatím dostatečně sjednoceny. Hlavními normově požadovanými výkonovými parametry, kterých musí být dosaženo, jsou:

- *přetlak* (Pa) v prostoru únikové cesty při provozním stavu se zavřenými dveřmi do CHÚC a
- *rychlost vzduchu* (m/s) v otevřených dveřích do hořícího prostoru při provozním stavu s definovaným počtem otevřených dveří v CHÚC.

Další doplňkový parametr je *síla na kliku dveří* (N). Ten je požadován normou ČSN EN [6] a ověřuje se jím nepřekročení síly 100 N potřebné pro otevření dveří, která je standardizována pro přítomnost seniorů, dětí či jiných kondičně handicapovaných osob.

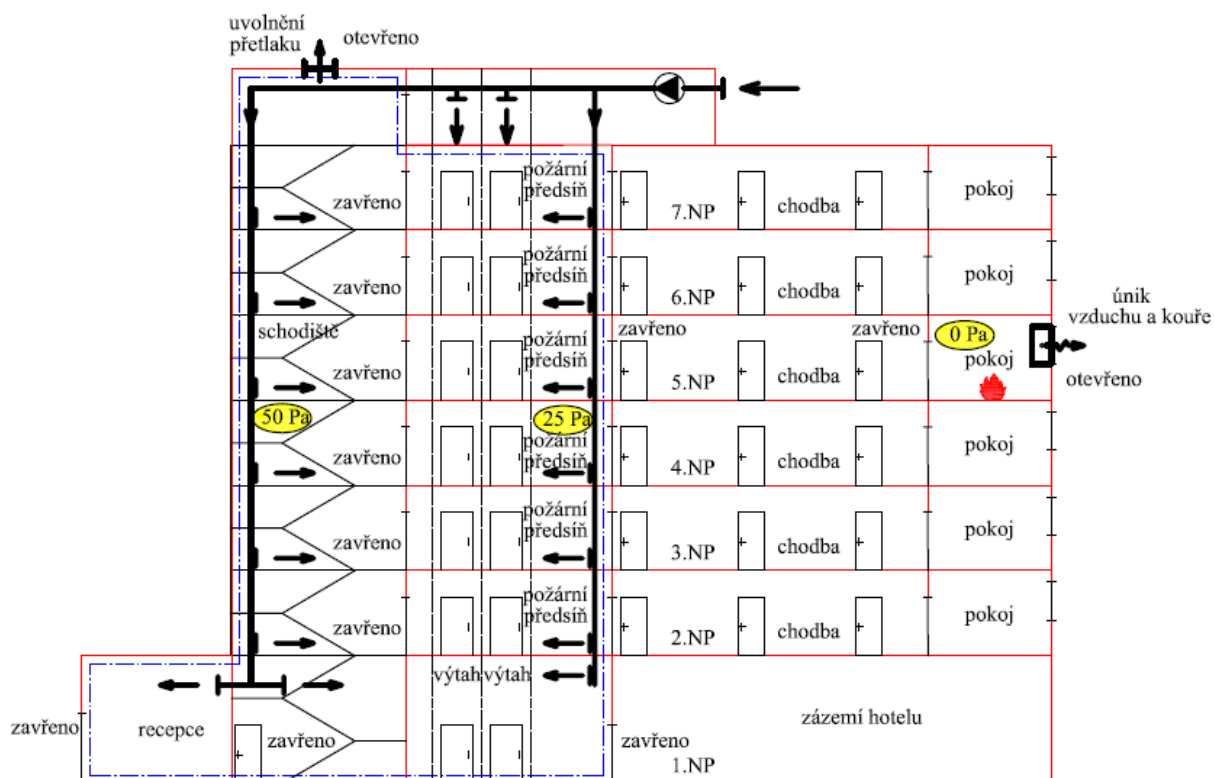
Přetlakové větrání CHÚC se navrhuje zejména v objektech se složitými evakuačními podmínkami, ve výškových objektech, v únikových cestách, které slouží současně jako zásahové cesty pro hasiče apod. Sestává ze tří základních komponentů (viz Obr. 4):

- zařízení pro přívod vzduchu do únikové cesty,
- zařízení pro uvolnění přetlaku v únikové cestě,
- zařízení pro únik vzduchu a kouře z hořícího prostoru.

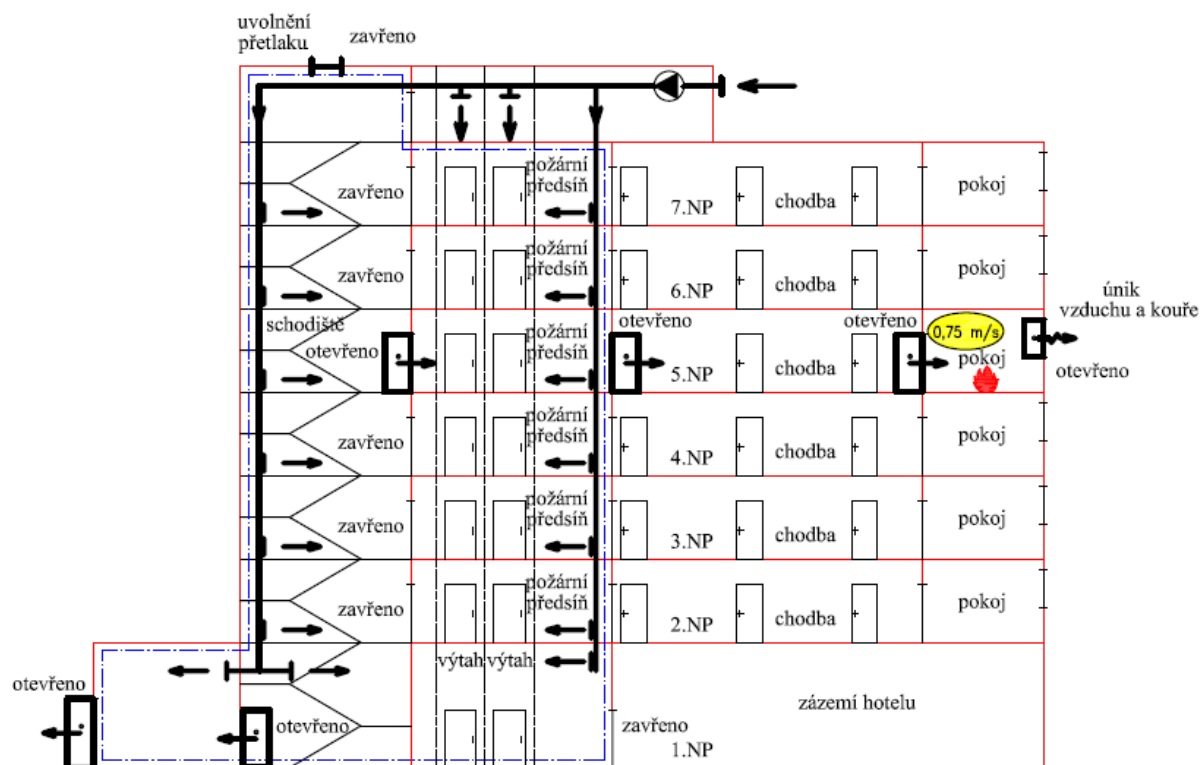


Obr. 4 Hlavní komponenty přetlakového větrání chráněných únikových cest

Přívod větracího vzduchu je zajištěn ventilátorem. Přetlakové větrání je schopno v první fázi požáru zcela zabránit průniku kouře a následně významně omezit jeho pronikání do CHÚC. Je požadováno automatické uvedení do chodu, minimální doba chodu a spolehlivost zařízení. Příklad přetlakového větrání je na Obr. 5 a Obr. 6.



Obr. 5 Příklad přetlakového větrání chráněné únikové cesty typu C v hotelu 1. provozní (návrhový) stav se zavřenými dveřmi



Obr. 6 Příklad přetlakového větrání chráněné únikové cesty typu C v hotelu 2. provozní (návrhový) stav s otevřenými dveřmi

V normě ČSN EN [6] je navíc požadováno přísné kritérium, které říká, že „regulovatelné přívodní ventilátory nebo klapky ovládané tlakovými čidly se nesmějí použít, pokud zařízení nedosáhlo přes 90% požadovaného nového přívodu vzduchu do 3 sekund po otevření nebo zavření dveří“. Ostatně evropská norma obsahuje mnohem více podrobností k přetlakovému větrání, než mají normy národní (výpočtová metodika, komponenty, instalační zásady, přejímací resp. funkční zkoušky, údržbu, součinnost s jinými požárně bezpečnostními zařízeními, atd.). Rozsah těchto podrobností přesahuje limit příspěvku. Kombinovaná aplikace požadavků národních norem s evropskou normou je možná a celkově přináší komplexní přístup při řešení tohoto větracího systému.

Přetlakové větrání je z hlediska výpočtů a návrhů nejsložitější. Je však také nejúčinnější a nejbezpečnější, ale investičně také nejnákladnější.

ZÁVĚR

Požární větrání chráněných únikových cest je řešitelné běžnými nástroji klasické vzduchotechniky. Nicméně je komplikováno některými nejednoznačnými a neúplně formulovanými požadavky uvedenými v českém kodexu norem požární bezpečnosti staveb. Přesto potíže, které mohou nastat při aplikaci konkrétních případů, jsou překonatelné. Zejména pokud je přístup projektanta i dodavatele těchto větracích systémů dostatečně kreativní při sledování základního cíle, jímž je zajištění bezpečné evakuace osob v chráněných únikových cestách.

Také je v tomto segmentu vzduchotechniky řada specifík, jimž je nutno věnovat patřičnou pozornost, jak bylo naznačeno také v tomto příspěvku. Jen tak je možno navrhovat a uvádět do provozu kvalitní a plně funkční požární větrací zařízení.

LITERATURA

- [1] vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb., kterou se mění vyhláška č. 23/2008 Sb.
- [2] ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty, 05/2009
- [3] ČSN 73 0804 Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty, 02/2010
- [4] ČSN 73 0810 PBS – Společná ustanovení, 04/2009
- [4] ČSN 73 0831 PBS – Shromažďovací prostory, 06/2011
- [5] ČSN 73 0872 PBS – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením, 01/1996
- [6] ČSN EN 12101-6 Zařízení pro usměřování pohybu kouře a tepla – Část 6: Technické podmínky pro zařízení pracující na principu rozdílu tlaků – Sestavy, 02/2006
- [7] ČSN EN 12599 Větrání budov – Zkušební postupy a měřicí metody pro přejímky instalovaných větracích a klimatizačních zařízení, 07/2010
- [8] Pokorný, J.; Toman, S.: *Požární větrání. Větrání chráněných únikových a zásahových cest*. SPBI, Ostrava, 2011. ISBN: 978-80-7385-104-0



NAVRHOVÁNÍ VZDUCHOTECHNIKY VE ZDRAVOTNICTVÍ

Stanislav Trepka

ÚVOD

Vzduchotechnika ve zdravotnictví se navrhuje pro vyšetřovací a léčebná pracoviště nemocnic a poliklinik. Pro lázeňské provozy či výrobu a skladování léčiv se vzduchotechnika navrhuje podle jiných standardů, např. pro výrobu léčiv je používán předpis Správná výrobní praxe SVP resp. GMP.

PŘEDPISY PRO NAVRHOVÁNÍ VZDUCHOTECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ.

Komplexní předpis pro navrhování vzduchotechniky ve zdravotnictví sestává z předpisů pro projektování, předávání, zkoušení a provozování zařízení. Tato stať se zabývá pouze problematikou projektování vzduchotechnických systémů zajišťujících potřebné hygienické a pracovní podmínky na lékařských pracovištích, kterými se rozumí čistota vzduchu, jeho teplota a relativní vlhkost, přetlak, resp. podtlak, proudění vzduchu, hluk a také podmínky pro provoz přístrojů lékařské technologie. Tyto parametry mikroklimatu jsou pro zdravotnická pracoviště specifické a jsou stanoveny příslušným standardem pro navrhování vzduchotechniky

Teplota

Požadované teploty jsou stanoveny tak, že pro období vytápění je uvedena dolní hranice a pro letní období horní hranice, pokud je vyžadováno chlazení nebo pro případ vysoké tepelné zátěže, kromě případů, kdy je vyžadována teplota konstantní podle zvláštních požadavků např. s ohledem na provoz lékařské technologie. Teplota musí být nastavitelná v požadovaném rozsahu podle aktuální potřeby na pracovišti.

Relativní vlhkost

Pokud je vyžadována úprava relativní vlhkosti, uvádí se zpravidla široké rozmezí, při čemž je třeba dodržovat dolní mez. překročení horní hranice rozmezí není obvykle vnímáno jako obtěžující.

Čistota vzduchu

Čistota vzduchu ve větraných prostorech není pro potřeby projektování definována počtem částic v objemové jednotce podle předpisů o čistých prostorech např. FED-STD-209E nebo podle ČSN EN ISO 14644-1, nýbrž způsobem filtrace přiváděného vzduchu pro daný prostor, kde čistota vzduchu dána stanovením počtu a typů filtrů a jejich filtrační účinností a jejich umístěním ve vzduchotechnickém systému. Podle potřeby jsou filtry osazovány i do odtahu vzduchu. Filtrace přiváděného vzduchu je nejméně dvoustupňová, pro prostory s vysokými nároky na velmi nízký počet zárodků třístupňová.

Podle požadavků na čistotu prostoru se větrané místnosti zařazují do tříd čistoty. Každý z užívaných předpisů řadí prostory podle vlastních kritérií.

Větraný prostor, zařazený do určité kategorie, má předepsán způsob filtrace přiváděného vzduchu, popř. i vzduchu odváděného.

To velice usnadňuje práci projektantům, kteří tak nemusí řešit hygienické poměry ve větraných místnostech. V příslušné tabulce lze pak nalézt typy filtrů a jejich počet.

Průtok vzduchu

Vzduchotechnická zařízení pracují zpravidla se 100 % venkovního vzduchu. Cirkulace se připouští jen za určitých omezujících podmínek. Zpětný vzduch je odváděn pod stropem větrané místnosti, ve které se nevyskytují choroboplodné zárodky popř. narkotizační plyny. Do systému je pak vzduch přiváděn na sací straně klimatizační jednotky tj. před 2 až 3 stupně filtrace. Smyslem cirkulace je energetická úspora pokud není možné použít jiné způsoby zpětného získávání tepla.

Množství přiváděného vzduchu je rozhodující pro hygienické poměry v místnosti tím, že intenzita větrání významně snižuje počet zárodků, které jsou vnášeny pacienty, personálem a materiálem.

Kdysi se průtok určil podle doporučených výměn vzduchu za hodinu - např. vyšetřovna rtg - 8 h^{-1} , ARO - 12 h^{-1} , operační sál aseptický (septický) - 20 h^{-1} , superaseptický sál - 30 h^{-1} . Později byly zavedeny specifické dávky venkovního vzduchu v m^3/h na 1 m^2 podlahové plochy 10, 15 a $30 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ a pro operační sály jednotné průtoky bez ohledu na podlahovou plochu - aseptický sál - $2400 \text{ m}^3/\text{h}$, superaseptický sál $3600 \text{ m}^3/\text{h}$.

Pokud jsou nuceně větrány pracovny lékařů, sester či pokoje pacientů dodržuje se minimální hygienická dávka venkovního vzduchu $50 \text{ m}^3/\text{h}$ na osobu.

Distribuce vzduchu

Do větraných místností je vzduch přiváděn vyústkami nebo talířovými ventily u dvoustupňové filtrace nebo čistými nástavci nebo stropními rozdělovači vzduchu u filtrace třístupňové. V koncových elementech jsou osazeny filtry HEPA (H13) s vysokou odlučivostí. První dva stupně filtrace jsou osazeny do klimatizační jednotky. Druhý stupeň až za zvlhčovací komoru pro parní vlhčení. Stropní rozdělovače vzduchu umožňují uspořádané proudění vzduchu nad operačním polem popř. nad jinou chráněnou zónou. Pro vertikální uspořádané proudění se volí rychlost $0,3$ až $0,45 \text{ m/s}$. Stejná pravidla platí i pro pokoje pro pacienty se sníženou imunitou (pacienti po transplantaci kostní dřeně nebo s popáleninami). V operačních sálech se 50 až 75% vzduchu odvádí u podlahy.

Přetlak a podtlak

Ve větraných místnostech umožňuje proudění vzduchu proti zdroji možné kontaminace. Vzduch proudí s místností s vyšší čistotou do místností s nižší čistotou. Na operačních sálech je vyžadován přetlak min. 20% . Trvalé proudění je umožněno stavebními otvory.

Hluk

Hlučnost vzduchotechniky nesmí překračovat hodnoty stanovené platnými hygienickými předpisy. Platí to zejména pro větrané lůžkové pokoje, kdy denní hodnota max. 35 dB(A) se v noci snižuje na 25 dB(A) . Výjimka se připouští u superaseptického operačního sálu, kdy vlivem proudění vzduchu ze stropního rozdělovače přes laminarizátor vzniká šum - zde se připouští hladina 45 dB(A) .

Tlumený provoz

U operačních sálů je možno mimo pracovní dobu snížit průtok vzduchu až na 30 až 50% na přívodu vzduchu při vypnutém zařízení pro odvod vzduchu. Zařízení je třeba uvést do chodu nejméně 30 minut před zahájením provozu.

Technické zajištění vzduchotechniky

Dodržení parametrů teploty, relativní vlhkosti a zejména čistoty prostředí vyžaduje použití mimořádných technických prostředků. Je to např. hygienické provedení klimatizačních jednotek, vlhčení sterilní parou, hygienické provedení tlumičů hluku apod.

Navrhování vzduchotechniky ve zdravotnictví se kdysi dělo podle odborné literatury - neexistoval žádný hygienický závazný předpis zaměřený na vzduchotechniku v nemocnicích a poliklinikách, kromě směrnice o hygienických požadavcích na výstavbu a provoz radiodiagnostických a radioterapeutických pracovišť z roku 1985 a příručky Státního typizačního ústavu v Praze. Zpracovatelé projektů nacházeli informace v technické literatuře: Máca: Klimatizace, Technickém průvodci Chyský, Oppl a kolektiv: Větrání a klimatizace a zejména v knize Recknagel-Sprenger: Heizung + Klimatechnik, ze které předchozí práce vycházely. Jediným specializovaným zdrojem informací byl sešit projektanta: Máca: Klimatizace a větrání nemocnic (ČVTS 1972).

Prvním pokusem o vytvoření předpisu pro vzduchotechniku ve zdravotnictví byla typizační směrnice Zdravoprojektu: Sborník technických řešení - Nemocnice s poliklinikou I. a II. typu VI. Technická zařízení a vybavení - VZDUCHOTECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ z roku 1986. Tato směrnice byla zpracována na objednávku Ministerstva zdravotnictví a to byl poslední projevený zájem MZ o práce podobného zaměření. Zánikem Zdravoprojektu v roce 1991 bylo ukončeno připomínkové řízení k definitivní verzi. Tak se stalo, že v oboru vzduchotechniky ve zdravotnictví chybí právně závazný předpis. Takový stav je dlouhodobě neúnosný a tak se řešení hledalo v tom, že se bude uplatňovat obdobný standard některého technicky vyspělého evropského státu, který by mohl být podkladem pro projektování a projednávání vzduchotechniky ve zdravotnictví. K dispozici byly standardy: Richtlinien für Bau, Betrieb und Überwachung von Lufttechnischen Anlagen in Spitalern (Švýcarsko), ONORM H 6020-1 Luftungstechnische Anlagen in Krankenanstalten - Projektierung, Errichtung und Kontrolle (Rakousko) DIN 1946-4 Raumluftechnische Anlagen in Krankenhäusern (VDI-Lüftungsregeln) (Německo).

Poslední z uvedených standardů se jevil jako nejpříjemnější pro naše poměry. Jedna z pražských nemocnic si dokonce pořídila český překlad standardu DIN 1946-4 jako podklad pro zadávání zakázek ve svém areálu. Je třeba připomenout, že výše uvedené standardy představují komplexní řešení tím, že zahrnují i předpisy pro zřízení, kontrolu a obsluhu vzduchotechniky.

Poznatky z rakouského a zejména německého standardu byly několikrát publikovány v odborném tisku (VVI) a staly se víceméně podkladem pro projektování a projednávání dokumentace s hygieniky. Kladné přijetí této praxe vedlo k úmyslu vytvořit obdobný český standard, třebaže zatím ve formě sešitu projektanta.

Pro srovnání jsou připojeny ukázky z tabulkové části dosud uváděných předpisů: českého (TSM 1986), německého, rakouského a z návrhu české modifikace.

V průběhu práce na přípravě sešitu projektanta rozeslala Evropská komise pro normalizaci koncept technické směrnice Ventilation for hospitals. Tento koncept zaslala tato komise (CEN) všem svým 31 členům, mezi nimi i ČR, se zdůrazněným upozorněním, že se jedná pouze o koncept, nikoli o definitivní verzi. Tento dokument (FprCEN/TR 16244:2011) byl: připraven Technickou komisí CEN/TC 156 "Větrání budov".

Směrnice obsahuje kromě podkladů pro projektování také metodiku přejímky instalované vzduchotechniky vč. tabulky přejímacích testů a pravidelných technických a hygienických testů. Následuje požadavek na obsah dokumentace a kompletní protokoly z provozních zkoušek. V přílohách následuje metodika projektování, instalace vzduchotechniky, zadání prací a zaškolení obsluhy. V další příloze je příklad distribuce vzduchu v operačních sálech a izolačních pokojích. Následuje postup testování prostorů třídy H1 a konečně je připojena tabulka provozních prohlídek a jejich četnost.

Sestava směrnice silně připomíná německý standard DIN 1946-4. V textu jsou mj. také odkazy na německé prameny.

Proti německému a rakouskému standardu a české typizační směrnici dochází ve směrnici CEN k několika podstatným změnám:

- teplota místnosti se určuje podle sezón (zimní a letní),
- pro prostory v třídě H1 se zavádí teplota přiváděného vzduchu,
- prostory se člení na 4 třídy čistoty,
- není jednoznačně stanoven průtok pro prostory tř. H1,
- pochybně je určen průtok venkovního vzduchu u prostor tř. H3,
- stanovení požadované vlhkosti vzduchu se uvádí v hodnotách pro absolutní vlhkost.

Předkládaná směrnice CEN je pracovní materiál, takže lze připustit, že mohlo dojít k chybám, jako je např. chybné značení přívodu a odvodu vzduchu u grafického příkladu distribuce vzduchu na operačním sále. Nicméně je směrnice velice podrobným materiálem, který se komplexně zabývá problematikou klimatizace a větrání ve zdravotnictví.

Zbývá jen rozhodnout, zda čekat na definitivní podobu směrnice nebo pokračovat na "české verzi" předpisu resp. pokynu pro navrhování vzduchotechniky ve zdravotnictví.

Na konci textu jsou připojeny tabulky:

- klasifikace prostorů podle hygienických požadavků,
- tabulky parametrů mikroklimatu ve větraných prostorech (příklad).

Tabulka 1 - Požadavky na parametry mikroklimatu ve větraných místnostech nemocnic - parametry typických místností (pracovišť) - výtah z DIN 1946 - 4

Číslo místnosti	Nemocniční úsek Lékař. pracoviště Druh místnosti	Hygienická třída místnosti	Nezbytnost VZT z důvodů		Min. hygienický průtok venkovního vzduchu (m ³ /m ² .h)	Parametry prostředí			Max. hladina akustického tlaku dB (A)
			Fyzi- logických	Preventivní ochrany		Teplota (°C)		Rel. vlhkost	
						min	max		
1.	Vyšetřovací a léčebné části								
1.1	Operační sál - typ A,B	I	+	+	viz kap.E	22	26	+	40
1.1.2.2	umývárna lékařů	I	+	+	15	22	26	+	40
1.1.3	pooperační pokoj	I	+	+	30	22	26	+	35
1.2	Porodní odd.								
1.2.1	sléhárna	II			15	24	-		40
1.2.3	operační sálek	I	+	+	viz kap.E	22	26	+	40
1.3	Endoskopie								
1.3.1	vyšetřovací místnost	II			30				40
1.3.2	ostatní prostory	II			10				40
1.4	Fyzikální terapie								
1.4.1	vanové lázně	II	+		*	**	**		50
1.4.2	koupele, bazény	II	+		*	**	**		50
1.5	Ostatní úseky								
1.5.1	operační sálek	I	+	+	viz kap.E	22	26	+	40
1.5.3	operační sál pro malé zákroky	II			15				40
1.5.4	pooperační pokoj	II	+		30		26	+	35
1.5.5.1	radiodiagnostika	II			15				40
2.	Intenzivní péče								
2.1.1.1	lůžkový pokoj pro ohrožené pacienty	I	+	+	30	24	26	+	30
2.1.1.2	lůžkový pokoj standardní	II	+		15	24	26	+	30
* stanoví se podle fyzikálně technických požadavků									
** o 2-4 K vyšší než teplota vody - max. 28 °C									

Tabulka 2 - Třídy místností, technické a hygienické nároky (minimální nároky) ONORM H 6020 - 1

Třída místnosti	Rozsah použití - přehled příkladů	Fyzikální stavy vzduchu v místnosti				Průtok venkovního vzduchu na 1 m ² podlahové plochy m ³ /h	Stupně filtrace přív. vzduchu	Hladina akustického tlaku	Střední dozvuk
		Teplota		Relativní vlhkost					
		vytápění	chlazení	vytápění	chlazení				
I. Prostory s velmi nízkým počtem zárodků (do 10 v m ³ vzduchu) ^{2),3)}	1. čisté prostory v oper. traktu ⁴⁾	21 ... 24 ⁶⁾	21 ... 24 ⁶⁾	40	60	cca 32,4	1.st: E = 80 %	45	2,0
	2. čisté prostory v lůžkovém odd. se zvláštní péčí ⁵⁾	21 ... 26 ⁶⁾	21 ... 26 ⁶⁾	40	60	cca 14,4	2.st: E = 90 % 3.st: P=0,03%	35	2,0
II. Prostory s velmi nízkým počtem zárodků (111 až 200 v m ³ vzduchu)	1. aseptické a sept. operační sály	21 ... 24	21 ... 26	40	60	cca 32,4	1.st: E = 80 %	40	1,5
	2. ostatní místnosti a chodby operačního traktu	22 ... 26	22 ... 26	35	60	cca 14,4	2.st: E = 90 % 3.st: P=0,03%	40	1,5
	3. probouzení pac.	21 ... 26	22 ... 26	35	60	cca 32,4		35	1,5
	4. sklad steril. materiálu operačních sálů	21 ... 26	22 ... 26	35	60	cca 14,4		40	2,0
	5. prostory intenzivní péče	21 ... 26	21 ... 26	40	65	cca 14,4		35	1,0
	6. novorozenci	22 ... 26	22 ... 26	40	60	cca 14,4		35	1,0
	7. lékárna - výroba sterilních léků	21	26	35	60	cca 14,4		40	1,5

1) odchylky od tabulkových hodnot jsou na základě lékařských požadavků přípustné. 2) lze dosáhnout na příklad pomocí uspořádaného proudění. 3) průměrné hodnoty dle metodiky Slit-Sampler 4) transplantace, srdeční operace, kostní operace, kloubní operace. 5) leukemie, popáleniny, snížená imunita 6) teplota libovolně volitelná v daném rozsahu celoročně.

Tabulka 3 - Přehled parametrů větraných místností

Vyšetřovací a léčebné obory	Třída čistoty prostoru	Potřeba VZT z důvodů a) hygienických b) technologických c) pohody prostředí	Min. průtok venk. vzduchu m³/h* m³/m².os	Parametry stavu vzduchu v místnosti			Max. přípustné hladiny akustického tlaku od VZT dB(A)	Poznámka
				Teplota		RH		
				Min °C	Max °C	%		
1.1	Operační sál.							
	Typ A - aseptický	I	a) c)	2400*	24	24	35 - 60	40
	Typ A - septický	I	a) c)	2400*	24	24	35 - 60	40
	Typ B - superaseptický	I	a) c)	3600*	24	24	35 - 60	45
1.2	Příslušenství operač. sálů							
1.2.1	Umývárna lékařů	I	a) c)	15	22	26		40
1.2.2.	Příprava / probouzení pacienta	I	a) c)	15	24	26		40
1.2.3	Sterilizace – čisté nástroje, sklad přistr. sklad sterilních materiálů, umývárna použ. nástrojů	I	a) b) c)	15	22	26		45
1.2.4	Chodba čistá/nečistá	I	a) c)	10	22	26		40
1.2.5	Předsálí, vstup.prost.	I	a) c)	10	22	26		40
1.2.6	Pooperační pokoj	I	a) c)	30	22	26	35-25	den/noc
1.3	Operační sál zákrokový	I	a) c)	30	24	26		40
1.4	Operační sálek pro drobné zákroky	II	a) c)	15	22	26		40
1.5	Pooperační pokoj mimo operační oddělení	II	a) c)	15	22	26	35-25	
2	Intenzivní péče interní oddělení							
2.1	jednotka intenzivní péče (JIP)	II	a) c)	15	24	26	35 - 60	35-25 den/noc
2.2	anesteziologicko resuscitační odd. (ARO)	I	a) c)	30	24	26	35 - 60	35-25 den/noc
2.3	lůžkový pokoj pro pacienty ohrožené infekcí (transplantace orgánů, popáleniny, hematologie)	I	a) c)	30	24	24	35 - 60	35-25 den/noc

3.	Diagnostická oddělení								
3.1	Rentgenová diagnostika	II	a) b) c)	15	24	26		40	
3.2	Vyšetřovna CT, magn. rezonance	II	a) b) c)	15	24	26	*	40	
3.3	Ovladovny RTG, CT	II	a) b) c)	15	22	26	*	40	
3.4	Endoskopie	II	a) c)	30	24	26		40	
3.5	Angiografie	I	a) b) c)	30	24	26	*	40	
3.6	Místnost pro výpočetní techniku RTG, CT, MR	II	b) c)	10		*	*	45	*podle požadavku dodavatele techniky
4.	Porodnické oddělení								
4.1	Porodní sál	II	a) c)	15	24	26		40	
4.2	Porodní sál operační	I	a) c)	30	24	24		40	
4.3	Novorozenci	II	a) c)	15	24	26		35 - 25	den/noc
4.4	Nedonošenci	II	a) b) c)	15	22	26		45	
5.	Sterilizace								
5.1	Nečistá strana	II	a) c)	15	20	26		40	
5.2	Čistá strana	II**	a) c)	15	20	26		40	** materiál v obalech
5.3	Sklad sterilního materiálu	II**	a) c)	10	20	26		45	
6.	Ozařovny	II	b) c)	15	24	26	*	45	

Tabulka 4 - Operační oddělení - směr proudění vzduchu mezi místnostmi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	aseptický operační sál	septický operační sál	umývárna lékařů	příprava pacienta	probouzení pacienta	sterilizace - čisté nástroje	umývárna použitých nástrojů	sklad čistých přístrojů	sklad sterilního materiálu	chodba - čistá strana OP	chodba - nečistá strana OP	pooperační místnost	předsálí - vstupní prostor	šatna personálu - čistá strana	šatna personálu - nečistá strana	denní místnost zaměstnanců	přílehlé komunikace	venkovní prostor
1 aseptický operační sál																		
2 septický operační sál																		
3 umývárna lékařů	←	↑																
4 příprava pacienta	←	↑	⊗															
5 probouzení pacienta	←	↑	⊗	⊗														
6 sterilizace - čisté nástroje	↑	↑																
7 umývárna použitých nástrojů	←	⊗																
8 sklad čistých přístrojů	⊗	↑																
9 sklad sterilního materiálu	⊗	↑				⊗	↑	⊗										
10 chodba - čistá strana OP	⊗	↑	←	←	←	←	↑	←	←									
11 chodba - nečistá strana OP	←	↑	←							←								
12 pooperační místnost										↑								
13 předsálí - vstupní prostor										←	←							
14 šatna personálu - čistá strana										⊗	↑							
15 šatna personálu - nečistá strana										←			←	←				
16 denní místnost zaměstnanců										←	↑							
17 přílehlé komunikace										←				←				
18 venkovní prostor	←	←															←	

← šipka udává směr proudění mezi místnostmi

⊗ rovnováha resp. výměna vzduchu mezi místnostmi je přípustná

Tabulka 5 - Klasifikace prostorů podle hygienických požadavků CEN/TR 16244

Klasifikace	Prostor	Chráněné pole	Tlakové poměry	
H1 chráněné pracovní pole	H1a	chráněné operační pole v operačním sále pro ortopedickou a traumatologickou chirurgii (kostní a kloubní operace), polytraumata, pro neurologii (např. operace páteře) ,hrudní operace, transplantace orgánů, operace vyžadující zamezení kontaminace bakteriálními zárodky, srdeční a cévní operace, operace kýly s použitím sítky, některé gynekologické operace (prsí implantáty)	plocha nejméně 9 m ² při použití proudění s nízkou turbulencí ("laminární") - např. stropní laminární pole	nízký přetlak proti přilehlým místnostem
	H1b	zmenšené chráněné pole v operačním sále např. pro oční operace, urologické operace apod.	plocha menší než 9 m ² při použití laminárního pole	
	H1c	pracovní pole v operačním sále pro ostatní chirurgické zákroky např. pro zavádění malých implantátů, invazivní angiografii, srdeční katetrizaci, endoskopická vyšetření tělních dutin při zamezení kontaminace choroboplodnými zárodky	velikost ochranné plochy není stanovena	
H2	čisté prostory (chráněné zóny) v lůžkových pokojích pro speciální účely (např. pro transplantace kostní dřeně, popáleniny)	-	přetlak = 6 Pa	
H3 Izolace zdrojů kontaminace	H3a	např. multiresistentní,tuberkulózy	-	
	H3b	např. radionuklidy	-	podtlak = 6 Pa
	H3c	např. specifické virové choroby (Lassa fever)	-	
	H3d	např. speciální místnosti, pro které je vyžadován přetlak nebo podtlak	-	zvolený přetlak nebo podtlak 6 Pa
H4	všechny ostatní hygienicky související prostory, které nepatří do skupin H1, H2 nebo H3, tj. např. pokoje pacientů, zákrokové sálky, šatny personálu, jednotky intenzivní péče, dialyzační střediska	-		
	prostory přilehlé k operačním sálům	-	nízký podtlak vůči operačnímu sálu	

Tabulka 6 - Přehled parametrů větraných místností CEN/TR 16244 (Tabulka 2, verze A)

Třída	Číslo	Prostor	Fyzikální parametry vzduchu					Min. průtok venkovního vzduchu	Filtrace přiváděného a odváděného vzduchu	Hladina akustického tlaku	Doba dozvuku
			Teplota vzduchu		Měrná vlhkost						
			Teplota přiváděného vzduchu	Teplota v místnosti vytápění	Teplota v místnosti chlazení	Při ohřevu vzduchu	Při chlazení vzduchu				
			°C	°C	°C	g/kg	g/kg	m³/h		dB	s
H1a	1	chráněné pracovní pole v operačních sálech např. implantace přístrojů, invazivní radioterapie	20 - 24 nast.	a	a	6,5 ^{b)}	11,5 ^{b)}	1200 m³/h laminárním stropem	Přívod: 1° - F7 2° - F8 3° - H13	45	2,0
H1b	2	neurčená velikost pracovního pole v operačních sálech (např. zavádění malých implantátů, katetrizace srdce)	20 - 24 nast.	a	a	6,5 ^{b)}	11,5 ^{b)}	1200 m³/h laminárním stropem nebo smíšené turb. proudění	Odvod: - filtr na textilní prach - F5	45	2,0
H1c	3	zmenšené chráněné pole v oper. sálech např. břišní chirurgie, oční a urologické operace	20 - 24 nast.	a	a	6,5 ^{b)}	11,5 ^{b)}	1200 m³/h laminárním stropem	Oběhový: - filtr na textilní prach - předfiltr F7 - H13	45	2,0
H2	4	čisté prostory (chráněné zóny) v lůžkových pokojích pro speciální účely (např. pro transplantace kostní dřeně)	-	20 - 26 nast.	20 - 26 nast.	6,5 ^{b)}	11,5 ^{b)}	> 100 m³/h na os. laminárním stropem		35	2,0

a) v důsledku vnitřních tepelných zisků bude teplota prostoru vyšší než vstupní teplota vzduchu přiváděného laminárním stropem

b) hodnoty měrné vlhkosti jsou minimálními hodnotami při vytápění a maximálními při chlazení

V případě vysoké venkovní vlhkosti je přípustné překročení měrné vlhkosti pro několik dní ročně.

Tabulka 7 - Přehled parametrů větraných místností - CEN/TR 16244 (Tabulka 2, verze B)

Třída	Číslo	Prostor	Fyzikální parametry vzduchu				Min. průtok venkovního vzduchu	Specifický průtok venkovního vzduchu	Filtrace přiváděného a odváděného vzduchu	Hladina akustického tlaku	Doba dozvuku
			Teplota vzduchu		Měrná vlhkost						
			Teplota v místnosti vytápění	Teplota v místnosti chlazení	Při ohřevu vzduchu	Při chlazení vzduchu					
			°C	°C	g/kg	g/kg	m³/h	m³/h		dB	s
H3a	1	izolační pokoje pro pacienty (např. s multirezistentní tuberkulózou)	20 - 24 nast.	max.26	6,5	11,5	cca 15 ^{a)}		Přívod: 1° - F7 2° - F8	35	1,0
H3b	2	Prostory, kterými procházejí látky zdraví škodlivé (např. radio, nuklidy)	20 - 26 nast.	22 - 26 nast.	6,5	11,5	cca 15 ^{a)}			35	1,0
	3	kancelář izotopového pracoviště	min 22	max.26	6,5	11,5	cca 15 ^{a)}		Odvod ^{b)}	40	1,5
	4	měřicí místnost pacientů (PET, SPEC, gamma kamera)	min 22	max.26	e)	-	cca 15 ^{a)}			40	1,5
	5	izotopová laboratoř	min 22	max.26	-	-	cca 30 ^{a)}			45	1,5
	6	měřicí místnost vzorků	min 22	max.26	-	-	cca 15 ^{a)}			45	1,5
	7	dekontaminace	min 20	max.26	-	-	cca 15 ^{a)}			50	2,0
	8	sklad radioaktivního materiálu	min 18	max.26	-	-	cca 6 ^{a)}			50	2,0
	9	sklad radioaktivního odpadu	min 18	max.26	-	-	cca 6 ^{a)}			50	1,5
H3c	10	izolační pokoj pro pacienty s nebezpečným virovým onemocněním (Lassa fever)	22 - 26 nast.	22 - 26 nast.	6,5	11,5	cca 15 ^{a)}			35	1,0
H3d	11	izolační pokoj s volitelným přetlakem nebo podtlakem	22 - 26 nast.	22 - 26 nast.	6,5	11,5	cca 15 ^{a)}			35	1,0

H4	1	jednotka intenzivní péče, neonatální jednotka intenzivní péče	22 - 26 nast.	22 - 26 nast.	6,5	11,5	15		35	1,5
	2	příslušenství oper. sálu (např. umývárna lékařů uspávání a probouzení pacientů)	-	-	přetlak nebo klimatizace		-		40	1,5
	3	pokoje pacientů	22 - 24	-	-	-	g)		35	0,8
	4	záčerné místnosti (např. endoskopie, bronchoskopie, cystoskopie)	22 - 24 zónově	max 26	6,5	11,5	15	Přívod: 1° - F7 2° - F8	40	1,5
	5	koronární jednotka	22 - 26 nast.	22 - 26 nast.	6,5	11,5	15		35	1,5
	7	novorozenci	22 - 24 nast.	max 26	-	-	10	Odvod: F5	35	1,0
	9	RTG diagnostika	22 - 24 nast.	max 26	-	-	15		40	1,5
	10	pooperační pokoj	22 - 24 nast.	max 26	-	-	20	Při použití oběhové ho vzduchu: 2° - F9 v klimat. jednotce	40	1,5
	11	CT magnetická rezonance	22 - 26 nast.	max 26	-	-	15		40	1,5
	15	neinvazivní radioterapie	22 - 26 nast.	max 26	6,5	11,5	10		45	1,5
	30	centrální sterilizace	min 22	max 26	min 6,5	-	-		50	1,5
	32	dialýza	min 22	max 26	-	-	6		50	3,0
	36	haly a chodby	min 22		-	-	3		45	2,0
	37	čekárny	min 22		-	-	15		45	2,0

a) minimální průtok na osobu je 36 m³/h

b) příslušný hygienik rozhodne, zda filtr na odvodu F6 - je postačující nebo je nutné osadit filtr vyšší třídy (např. jako filtrační vložku čistého stropu nebo sorpční filtr)

c) filtr na odvodu - H13

d) filtry na přívodu i odvodu - H13

e) podle požadavku dodavatele lékařské technologie

g) pokud větrání nemůže být docíleno okny, navrhuje se nucené větrání s průtokem 36 m³/h na osobu. Je možno kombinovat oba typy větrání.



FAN COIL - JEHO PÁD NEBO RENESANCE

Robert Trojan, Libor Komárek

GEA Heat Exchangers a.s.

robert.trojan@gea.com, libor.komarek@gea.com

ANOTACE

Tento příspěvek popisuje využití jednotky fan coil za účelem klimatizace definovaného prostoru s ohledem na poslední trendy v oblasti projektování a využití EC motorů pro snížení energetické náročnosti.

ÚVOD

Fan coily zaujímaly na evropském trhu poměrně dlouho dominantní postavení. Z hlediska historického vývoje je zajímavé, že nahrazovaly indukční jednotky vyráběné většinou v parapetním provedení. Tím, že dokázaly odstranit nedostatky původních indukčních jednotek (tj. vyšší hlučnost, závislost na přívodu primárního vzduchu o vysokém tlaku, problémy s rozvody primárního vzduchu spočívající v nutnosti přivedení většího množství vzduchu než bylo hygienicky nutné z důvodu pokrytí chladicího výkonu exponovaného prostoru fasády apod.), otevřela se fan coilům cesta ke klimatizaci obchodních a prodejních prostor, hotelů, restaurací, školících a učebních prostor ale i pro klimatizaci obytných domů.

Výrobci indukčních jednotek investovali v poslední době velké prostředky na vývoj nové generace jednotek s vysokým indukčním poměrem a do následné marketingové podpory. Tento proces vyústil k opětovnému získání přízně části projektantů i investorů a vytlačení fan coilů z některých dodávek klimatizace budov.

V současné době právě projektanti a investoři rozhodují, jaký systém zvolí pro řešení klimatizace konkrétního prostoru. Pro usnadnění jejich rozhodování přiblížíme v dalších odstavcích možnosti využití fan coilů při klimatizaci budov.

KLIMATIZACE PROSTOR POMOCÍ FAN COILŮ

Fan coily (dále jen FCU) se hodí především do prostorů:

- s předpokladem flexibilního provozu i dispozičního řešení
- s flexibilním průtokem primárního vzduchu řízeného dle obsahu škodlivin (CO₂)
- s neurčitou tepelnou zátěží
- s dynamickým provozováním

FCU byly původně umísťovány pod okenní parapety, kde velmi dobře eliminovaly tepelné zisky a ztráty obvodových fasád. Při správné volbě velikosti jednotky a vhodně nastavených tvarovaných lamelách na výstupu z jednotky lze dosáhnout vyšší dynamiku přiváděného chladného vzduchu a tím zajistit dosah proudu vzduchu i do větší hloubky místností. Výhodou je docílení komfortního prostředí v celém klimatizovaném prostoru.

V důsledku vývoje nových stavebních materiálů a stavebních postupů se snižovaly tepelné ztráty a tepelné zisky obvodových fasád. Současně však nebyvalý tlak investorů na „vyklizení“ prostoru u fasád, obecně využitelných ve formě placené pronajimatelné plochy, relokalizoval jednotky FCU do podstropní sestavy doplněné krátkými vzduchovody a distribučními prvky.

Při vlastním návrhu FCU je nutné vycházet z požadované vnitřní teploty vzduchu a z externí tlakové ztráty způsobené nutností připojit FCU na potrubní rozvod s koncovými distribučními

prvky. Rozvod je v případě požadavku osazen také tlumiči hluku. Velikost externí tlakové ztráty má přímý vliv na velikost chladicího výkonu FCU.

Důležitým prvkem při řešení klimatizace prostorů pomocí FCU je přívod čerstvého teplotně upraveného vzduchu z centrální jednotky. Jaké jsou možnosti:

- Přívod do prostoru sání FCU (sací komora s nátrubky),
- Přívod do potrubí na výtlaku z FCU
- Samostatný přívod

Čerstvý vzduch lze rovněž přivádět do klimatizovaných prostor přímo, bez úpravy centrální jednotkou (přirozené větrání).

Zde je nutné, při použití prvních dvou variant, upozornit na možnost nezanedbatelného problému, který vzniká při klimatizaci přívodu tepla a chladu jedním distribučním prvkem z pohledu. Základem problému může být různá potřeba tepla a chladu v jednotlivých plochách kanceláří.

Další důležitý moment nastává při výběru vhodného distribučního prvku. Základní kritéria pro jeho výběr jsou následující:

- Optimální funkčnost při všech variantách provozu klimatizace,
- Maximální flexibilita dispozičního uspořádání,
- Vhodný design,
- Nízká cena.

Pro přívod chladicího vzduchu z pohledu se používají tři základní prvky, které jsou svou konstrukcí schopny udržet chladný vzduch pod stropem, dokud se indukcí teplota proudu přiváděného vzduchu nepřiblíží k teplotě v pracovní oblasti:

- Difuzorový anemostat – v poslední době velmi málo používán
- Vířivý stropní anemostat – příznivý vzhled, flexibilita rozmístění, široká nabídka do standardních rastrů, nízká cena, rychlý pokles teplotního rozdílu mezi přívodem vzduchu z anemostatu a vnitřním prostředím
- Štěrbina – atraktivní design, jasně definovaný charakter proudění – lze velmi dobře matematicky modelovat, vyšší cena, vyšší tlaková ztráta.

Naše firma dodala tisíce kusů FCU ve výrobní řadě GEKO v podstropním provedení s distribučním prvkem pro klimatizaci různých prostor. Výhodou tohoto uspořádání je možnost umístění jednotky FCU mimo zónu vlastní distribuce tepla a chladu a dokonce i mimo klimatizovanou místnost, např. do chodbového koridoru.

FCU výrobní řady GEKO v podstropním provedení s tlumičem hluku na výstupu vzduchu z jednotky jsou použity například v administrativním komplexu „Luxembourg Plaza Praha“. Propojení FCU s distribučními prvky je realizováno pomocí ohebné hadice. Koncepce koncového distribučního prvku ve formě vířivého anemostatu, atypicky modifikovaného na malou tlakovou ztrátu, zajišťuje dokonalé a spolehlivé provětrávání klimatizovaných prostor. Přívod čerstvého vzduchu je proveden do potrubí mezi FCU a distribuční prvky. Podrobnější popis této aplikace – viz odkaz na literaturu [1].

Podobné řešení klimatizace je použito i v nejvyšší budově v Čechách „CITY TOWER“, avšak s rozdílným přívodem čerstvého vzduchu umístěným variantně do sací komory FCU.

NOVÉ TRENDY

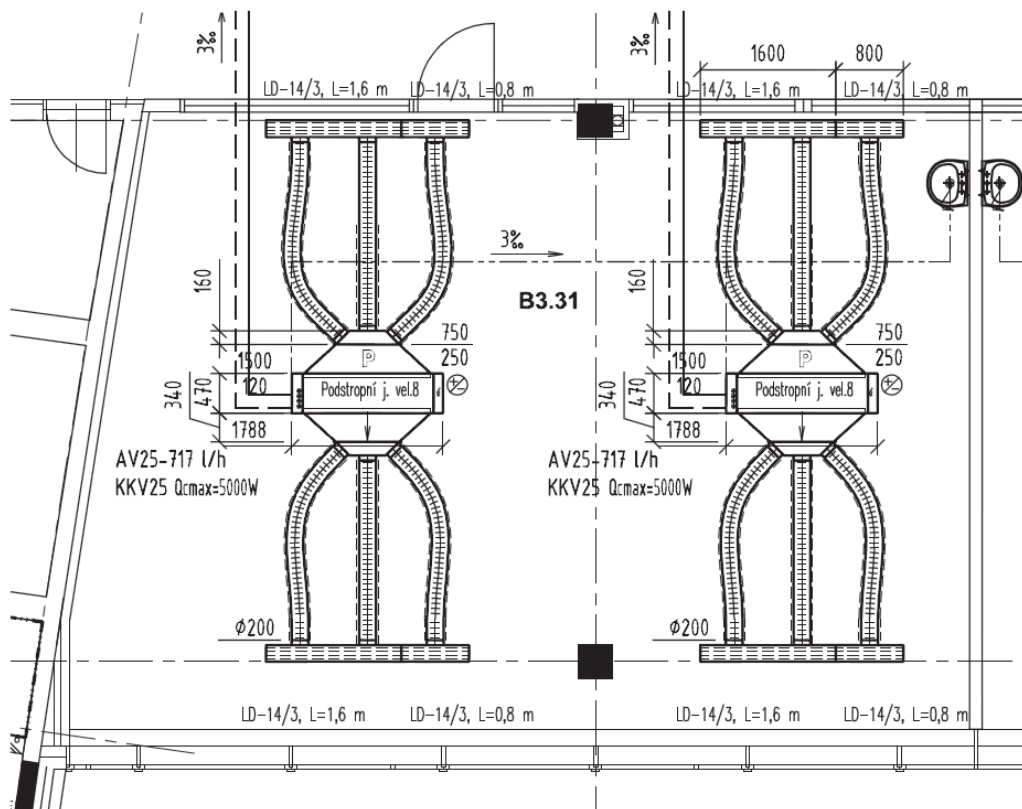
V současné době, dle obecného povědomí a české legislativy, je požadováno při obsazenosti $10 \text{ m}^2/\text{osobu}$ přivádět $5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}/\text{m}^2$ tj. $50 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ na osobu. V některých evropských zemích i v USA je snaha snížit objemy větracího vzduchu na únosné minimum a přiblížit se k hodnotě $30 \text{ m}^3\text{h}^{-1}/\text{osobu}$. V České republice lze již zaznamenat novátorský návrhový trend administrativních budov v podobě tzv. kombinovaného větrání, tj. u budov s možností otevírání oken se připouští nucený přívod pouze $30 \text{ m}^3\text{h}^{-1}/\text{osobu}$ sekundárního vzduchu (celoročně) s tím, že pracovníci mají možnost v případě nepohody otevření okna. Objevují se i případy, kdy přívod větracího vzduchu je zajištěn pouze okny nebo větracími štěrbinami, které jsou součástí oken.

Zmíněné řešení má i své negativum – změna tlakových poměrů v definovaném prostoru, nežádoucí penetrace vlhkosti s následkem kondenzace, nekontrolovatelné tepelné a prachové zatížení.

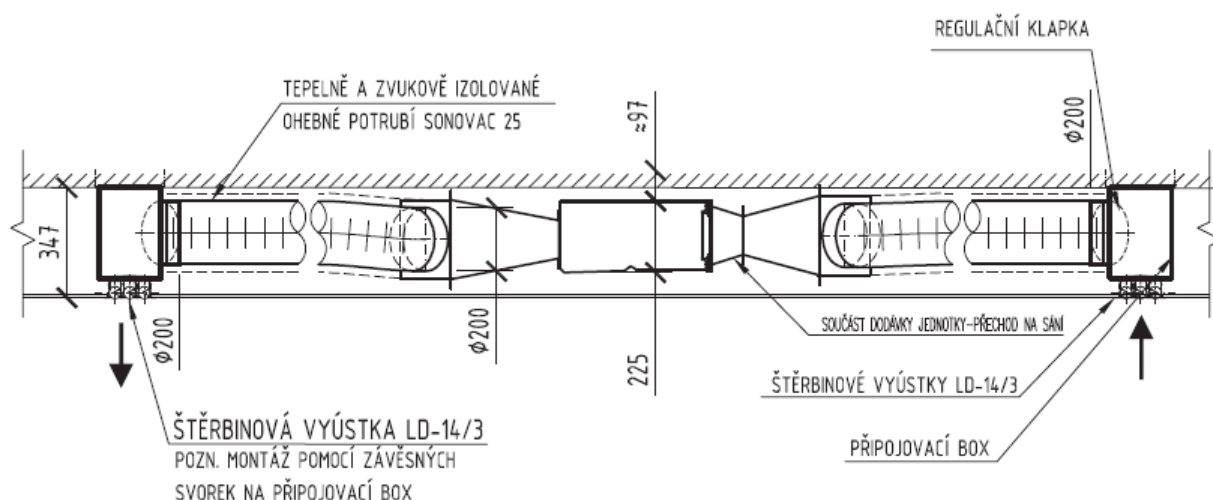
Při aplikaci tohoto nového trendu návrhu klimatizace budov, který vede ke snížení investičních a provozních nákladů, je nezbytně nutné použít pro konečnou úpravu vzduchu FCU výrobkové řady GEKO.

Praktické uplatnění výše uvedeného lze dokumentovat návrhem chlazení, vytápění a větrání nové budovy VŠB FEI - Ostrava.

Jednotlivé místnosti jsou osazeny FCU výrobkové řady GEKO v podstropním nebo nástěnném provedení. Podstropních jednotky FCU situované v podhledech jsou vybaveny buď standardními výdechovými a nasávacími nástavci z katalogu výrobce nebo vzduchovody z tepelně a zvukově izolovaných ohebných potrubí. Potrubí je napojeno na štěrbinové vyústky instalované v podhledech na straně místnosti u oken a u protilehlé stěny – viz obr. 1. a 2.



Obr.1 Podstropní FCU instalované v podhledu



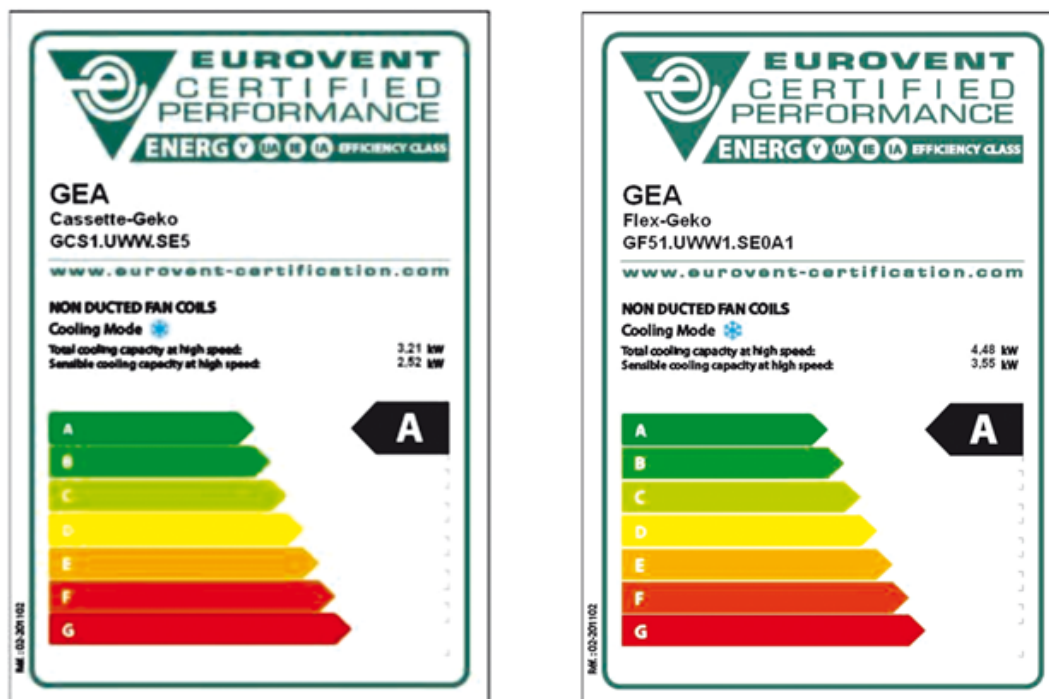
Obr.2 Podstropní FCU instalované v podhledu

Jednotky nasávají vzduch u vnitřní stěny místnosti a po následné úpravě v rozsahu požadavku projektu vydechují zpět štěrbinou v prostoru u oken místnosti. Velikosti jednotek jsou navrženy podle požadovaného chladicího (topného) výkonu na teplotní spád chladicí vody 8/14°C a teplotní spád topné vody 55/40 °C při nejnižších otáčkách ventilátoru a to kombinovaně ve 4-trubkovém, případně ve 2-trubkovém systému. Přívodní potrubí chladicí a topné vody je doplněno automatickými vyvažovacími a regulačními ventily s termoelektrickými pohony. V každé teplotně kontrolované místnosti je instalováno samostatné ovládání (vypnutí/zapnutí systému s úpravou požadované teploty v rozsahu +/- 4 K) včetně regulační vazby na centrální dispečink. Místnosti jsou přirozeně větrány pomocí okenních větracích štěrbin. V několika vybraných místnostech je přirozené větrání doplněno nuceným větráním pomocí vzduchotechnických jednotek umístěných na střeše budovy.

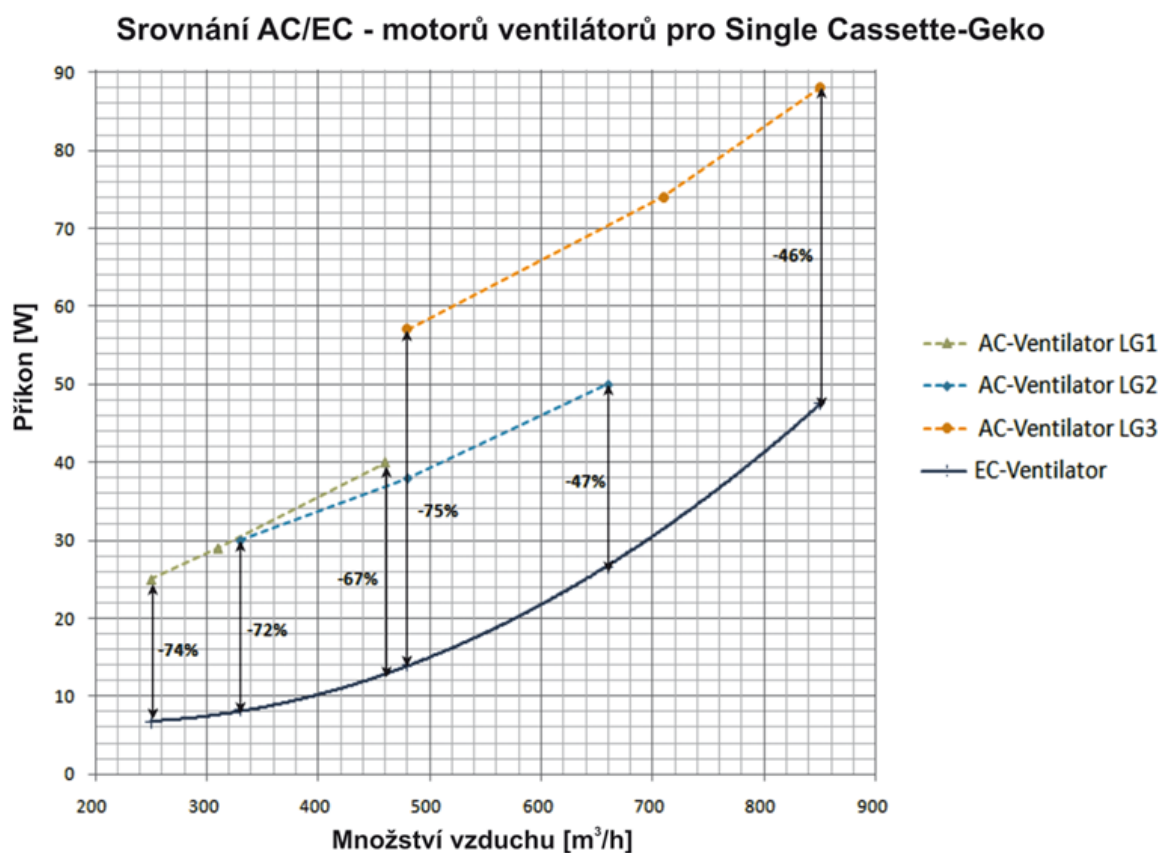
EC MOTORY A ÚSPORA ENERGIE

V současné době je energetická náročnost budov skloňována ve všech pádech. Jednotlivé budovy jsou hodnoceny dle předmětné vyhlášky a následně zařazeny do příslušné třídy energetické náročnosti - „EN“ kvantifikované celkovou měrnou energií. Skladba celkově dodaná energie zahrnuje i energie na vytápění, chlazení, vzduchotechniku, přípravu teplé vody, osvětlení, provoz zařízení zajišťující provoz jednotlivých systémů. Cílem hodnocení energetické náročnosti budov je dosažení minimální třídy A až C. Dosažení těchto tříd je možné pouze splněním přísných kritérií s použitím portfolia nízkoenergetických produktů.

Naše společnost se touto problematikou již delší dobu intenzivně zabývá. Zaměřili jsme se na zlepšení konstrukce výměníků a především na využití EC motorů v našich FCU výrobní řady GEKO. Díky těmto úpravám získaly naše výrobky hodnocení dle Euroventu a zařazení do nejvyšší třídy energetické náročnosti „A“ (obr. 3).



Obr.3 Označení třídy energetické náročnosti



Obr.4 Porovnání FCU jednotek s klasickým AC motorem a s EC motorem.

Jednotky s AC motorem disponují pouze třemi stupni otáček, zatímco varianta s EC motorem nabízí plynulé řízení otáček (0-10V). Nespornou výhodou plynulého řízení je možnost nastavení optimálního množství vzduchu, chladicího či topného výkonu dle konkrétního použití. Díky těmto možnostem nastavení optimálního výkonu a úsporám až 74 % potřebného příkonu na pohon jednotek nabízíme energeticky úsporné jednotky koncipované pro ověřené použití v budovách s nízkou třídou energetické náročnosti.

ZÁVĚR

Širší uplatnění výše uvedených nových trendů v klimatizaci budov je bezesporu příslibem renesance systému FCU a současně garantem obnovení původních pozic jak na evropských trzích, tak i na trhu v České republice.

Uvažuje-li přesto investiční záměr s využitím indukčních jednotek, lze naší společností GEA alternativně nabídnout tento produkt v rámci regionu České republiky.

Indukční jednotky řady StarShip, dodávané ve spolupráci s firmou Halton, jistě splní náročné požadavky trhu.

LITERATURA

[1] VVI 2/2007



PROVOZ VZDUCHOTECHNICKÝCH A DALŠÍCH TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ MODERNÍ ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY S ATRIBUTY UMĚLÉ INTELIGENCE A SOFISTIKOVANOU SOUSTAVOU HOSPODAŘENÍ S CHLADEM

Miroslav Vít

ISS Facility Services s.r.o.
Miroslav.vit@cz.issworld.com

ANOTACE

Příspěvek poukazuje na skutečnost, že moderní administrativní budova s rozsáhlými provozními soubory technických zařízení budov, ve které je instalována soustava BMS se značným podílem funkcí inteligentní budovy, klade mimořádně vysoké nároky jak na projektanty soustav, tak i na jejich zhotovitele a v neposlední řadě i na jejich obsluhovatele. Pokud je v budově uplatněn i ekonomizující princip akumulace chladu do ledu, vyrobeného za výhodnějších energetických sazeb, složitost obslužných procesů dále narůstá. Jak se ukazuje, související problémy se posléze týkají všech účastníků jak stavby, tak i jejího užívání

POPIS SYSTÉMŮ

V popisované budově je z důvodu nerovnoměrného odběru chladu během dne využito principu t.zv. akumulace chladu. Toto řešení vychází z předpokladu, že zařazením akumulace chladu do systému se snižují výkonové nároky na chladicí zařízení a tím i spotřebu energie za určitou dobu. V noci, kdy není z provozních důvodů nutné objekt chladit a je k dispozici elektrická energie za levnější sazbu jak tomu obvykle bývá, chladicí zařízení akumuluje chlad. Vzhledem k poměrně nižší akumulační hmotě budovy byla do systému chlazení zapojena akumulační nádrž- tzv. ledobanka Nejstarší metody uchovávání chladu do vody a ledu jsou v současnosti nahrazovány akumulačními moduly s PCM materiály. V době nabíjení odebírá chladicí zařízení ledobance teplo, čímž látka v ledobance mění svoje skupenství. Během provozní periody, kdy je nutné vnitřní prostor budovy chladit, je teplo odebíráno chlazenému prostoru a dodáváno do ledobanky, kde je spotřebováváno na fázovou změnu akumulační hmoty.

Tento princip je z pohledu energetické bilance výhodný – jedná se tak vlastně o jeden ze způsobů akumulace energie, což v současné době představuje jeden z problémů, který se zabývají pracoviště aplikovaného výzkumu.

V této souvislosti je však dlužno připomenout určité anomálie, které praktické uplatnění této metody přináší.

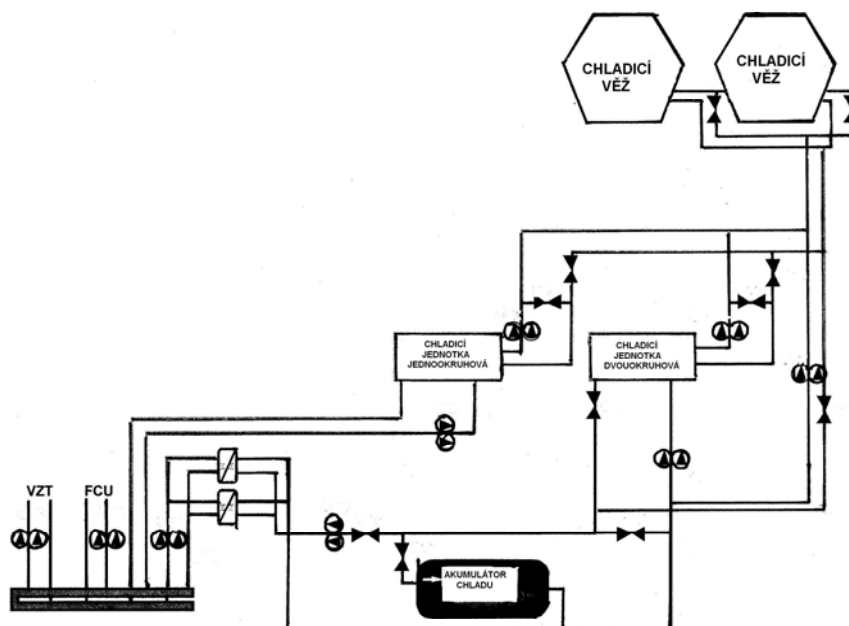
Takovéto uspořádání ve sledovaném případě přináší osazení dvou rozdílných a rozdílně hydraulicky zapojených chladicích jednotek.

Jedna z nich ochlazuje ve výparníku oběhovou vodu na běžnou teplotní úroveň 7 °C a tato ochlazená voda je dále vedena do rozdělovače ochlazené vody, odkud proudí dále přes oběhová čerpadla a příslušné armatury do chladičů konvektorových ventilátorových jednotek (fan-coil) a do chladičů vzduchu jednotek pro úpravu větracího vzduchu. Kondenzátorem této jednotky však protéká nemrznoucí směs. Provozní látkou – teplonosnou nemrznoucí kapalinou je NGL – COOLSTAR (vodný roztok octanu draselného, mravenčanu draselného, inhibitorů koroze a pomocných látek - tekutina, která při osvětlení UV lampou světélkuje). Zařízení je zkonstruováno na používání nemrznoucí směsi s poměrem maximálně 40%

glykolu a 60% změkčené vody předem připravené výrobcem, která je vedena do venkovní hybridní chladicí věže se suchými chladiči s možností zkrápění vnějších teplosměnných ploch částečně cirkulující upravenou vodou s řízeným doplňováním. Nemrznoucí směs NGL je určena pro uzavřené sekundární okruhy s provozními teplotami do 40 °C.

Toto uspořádání bylo použito z důvodu využívání okruhu volného chlazení v zimním období, které je zajištěno pouze provozem chladicích věží bez provozu strojního chlazení. Oběh nemrznoucí kapaliny mezi věžemi a akumulacním zásobníkem – ledobankou zajišťuje příslušné oběhové čerpadlo. Odběr chladu z ledobanky je pak zajištěn stejně, jako je tomu při využití v níže uvedeném případě provozu dvouokruhové chladicí jednotky přes výměník tepla, vřazený mezi okruh nemrznoucí kapaliny a chlazenou oběhovou vodu.

Druhá chladicí jednotka může pracovat buď v režimu chlazení nemrznoucí kapaliny o teplotním spádu -2/-6 °C nebo chlazení nemrznoucí kapaliny o teplotním spádu 7/13 °C. I v tomto případě jsou samozřejmě okruhy sekundární chlazené vody a nemrznoucí kapaliny odděleny deskovými výměníky tepla.



Obr.1 Schéma okruhů nemrznoucí kapaliny a chlazené vody

Z uvedeného je tedy patrné, že nemrznoucí kapalina o definovaném objemu proudí střídavě jak kondenzátory obou chladicích jednotek, tak i výparníkem dvouokruhové chladicí jednotky.

PROVOZNÍ ZKUŠENOSTI

Popisované zapojení sebou přináší nepříznivé provozní jevy, které jsou zvýrazněny i okolností, že v objektu jsou trvale provozovány servery výpočetní techniky, které samozřejmě vyžadují chlazení nepřetržitě, což je dalším důvodem pro provoz ledobanky.

Provozování tohoto systému tedy sebou přináší řadu poznatků, které musí být brány v úvahu již od uvádění zařízení do provozu:

Již při plnění systémů kapalinou NGL – COOLSTAR je nutné postupovat tak, aby se zamezilo enormnímu provzdušnění této kapaliny. Prakticky to znamená, že po hodině provozu je nutná kontrola zanesení filtračních hydraulických okruhů, případně jejich vyčištění.

Další kontrola musí následovat nejpozději po 24 hodinách provozu, neboť případné zanesení filtrů může mít za následek vznik podtlaku v systému a tím možnosti infiltrace vzduchu do kapaliny. Smísí-li se NGL – COOLSTAR se vzduchem například v důsledku činnosti čerpadla (přisávání vzduchu ucpávkami), stává se z ní agresivní kapalina, napadající vnitřní povrchy potrubních rozvodů. V této souvislosti je nutno zdůraznit, že je nutno průběžně kontrolovat přetlak kapaliny v okruhu, aby bylo zabráněno přístupu vzduchu čerpadly do kapaliny.

Je prokázáno, že pokud popisovaný jev není obsluhou zařízení dostatečně respektován, vznikají při delším provozování okruhů značné problémy s následným častým ucpáváním filtrů korozí z potrubí s následným vypínáním chladicí jednotky v důsledku sníženého průtoku kapaliny.

Provoz zařízení dále přinesl poznatek, že když projektant zařízení podcení objemovou teplotní roztažnost zmiňované kapaliny i náplně akumulátoru chladu - ledobanky, dojde k přetečení nemrznoucí směsi ze zásobníků a tedy jejího znehodnocení.

Pro ilustraci komplikovanosti provozování tohoto systému lze poznamenat, že je toto řešení používáno pouze zřídka a jsou dokonce známy případy, že již instalované zařízení využíváno není. Srovnání pořizovacích nákladů s náklady na odběr elektrické energie se pak v těchto případech jeví jako poněkud problematické.

INTELIGENTNÍ ŘÍZENÍ SYSTÉMŮ TZB

Řadu budov, postavených v poslední době je možné počtem sledovaných procesů a hodnot fyzikálních veličin přiřazovat do kategorie inteligentních budov. Konfigurace jejich řídicích soustav umožňuje snímání a záznam technologických provozních teplot kapalin a teplot jakož i relativních vlhkostí vzduchu, snímání čidel v místnostech, technologických tlaků v hydraulických okruzích a samozřejmě i ukazatelů, které charakterizují funkčnost a provozní stavy na příklad výtahů, žaluzií, proměnlivého místního osvětlení, zařízení techniky prostředí atd.

Zkušenosti s provozováním tzv. inteligentních budov naznačují, že obsluhu takto konfigurovaného zařízení mohou úspěšně vykonávat pouze řádně vyškolení pracovníci, vybavení potřebnými předpoklady. Mezi ně patří nejen perfektní znalost provozovaných technologií technických zařízení budov ale i minimálně střední úroveň kompletní obsluhy výpočetní techniky. Na příklad moderní budova je vybavena světelnými zdroji, jejichž součástí jsou předřadníky, které je nutno při jejich výměně v důsledku běžné poruchy naprogramovat tak aby se staly součástí řídicího systému.

Při mimořádně vysokém počtu sledovaných informací samozřejmě se může vyskytnout i nepravdivé hlášení, které může mít příčinu i v „poruše poruchy“.

Celý systém řízení a sledování je proto nutno trvale zálohovat na externích úložištích, včetně pravidelného ukládání veškerých změn nastavení systém. Celkovým servisem a zálohováním dat se využívá specializovaných firem, které systémy i v jednotlivých budovách montují a uvádějí do provozu.

ZÁVĚR

Tímto příspěvkem jsem chtěl účastníky konference Klimatizace a větrání 2012 seznámit jen z několika poznatky problematiky řízení a obsluhy tzv. inteligentních budov. Budoucnost přinese těchto objektů víc a víc.

Jejich hlavním úkolem je neustále zvyšovat komfort na pracovištích za stálého snižování nákladů na jejich provoz.



MODEL SEDÍCÍ OSOBY JAKO ZDROJE TEPLA VE VNITŘNÍM PROSTŘEDÍ

Petr Zelenský¹, Martin Barták¹, Jan Hensen^{1,2}

¹ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí

²Eindhoven University of Technology, Building Physics and Services
petr.zelensky@fs.cvut.cz

ANOTACE

Konvekční proudy, které se vyvíjejí na zdrojích tepla uvnitř větraných a klimatizovaných místností, mohou výrazně ovlivnit proudění, jejich hybnost je srovnatelná s hybností proudů vzduchu přiváděného VZT systému do pásma pobytu osob. Účinný odvod tepelných zisků od těchto zdrojů tepla může přispět k úspoře energie potřebné na chlazení a pohon ventilátorů. Při navrhování a optimalizaci distribuce vzduchu v místnostech lze využít simulace metodou CFD. Předpokladem ovšem je dostatečná spolehlivost výpočtů (tzn. realistické výsledky), zároveň však rychlost zpracování (možnost variantních řešení). Proto je důležité zabývat se zjednodušenou reprezentací vnitřních zdrojů tepla. Příspěvek je věnován modelování účinků konvekčního proudu nad sedící osobou na obraz proudění v uzavřeném prostoru metodou CFD. Cílem je navrhnout a otestovat nový způsob zjednodušení numerického modelu zdroje tepla tak, aby byla podstatně snížena výpočetní a časová náročnost CFD simulace, a to bez výrazného ovlivnění přesnosti výsledků. Řešení je založeno na náhradě zdroje tepla (termální figuríny) jednoduchou okrajovou podmínkou. Toto zjednodušení je provedeno ve třech variantách a výsledky simulací se všemi použitými modely jsou navzájem porovnány.

ÚVOD

Každé zlepšení kvality vnitřního prostředí může pozitivně ovlivnit produktivitu práce, snižovat nemocnost, zvyšovat celkovou psychickou pohodu osob apod. Důležitým hlediskem při optimalizaci VZT systémů je také dosažení energetických úspor. Ve vnitřním prostředí však existují složité interakce znesnadňující předpověď účinku různých variant návrhu distribuce vzduchu. Jedním z nástrojů, které pomáhají tento problém řešit, jsou CFD simulace. Ty umožňují uvažovat vnitřní prostředí zároveň detailně i komplexně a díky tomu skryté interakce lépe poznat a pochopit. V současnosti je však jejich širší použití omezeno stále ještě nedostatečnou kapacitou dostupné výpočetní techniky – proto je často nutné přistupovat při simulacích k výraznému zjednodušení skutečnosti.

Častým zdrojem tepla ve vnitřních prostorech jsou osoby – jejich tepelný výkon není možné snižovat a např. v kancelářských budovách jejich podíl na vnitřních tepelných ziscích roste. Konvekční proud nad tělesem je výsledkem přestupu tepla z celého povrchu tohoto tělesa. Povrch lidského těla má poměrně složitou geometrii a jeho CFD modelování je navíc komplikováno nutným zahuštěním numerické sítě v blízkosti povrchu, aby model dostatečně správně a přesně vystihl přenos tepla v mezní vrstvě vzduchu. To vede k příliš vysokým nárokům na paměť počítače i na čas nutný k provedení simulací. V rámci řešení tohoto problému byl nejprve vytvořen podrobný výpočetní model termální figuríny s konstantní hustotou tepelného toku uvolňovaného z jejího povrchu. S tímto modelem byla provedena simulace se zaměřením na vyvolané konvekční proudění v uzavřené místnosti. Na základě výsledků detailní úlohy byly určeny profily rychlosti a teploty stoupajícího konvekčního proudu ve třech výškách, které byly následně využity pro umělé vyvolání konvekčního proudu nad náhradním geometricky zjednodušeným tělesem, které již nebylo zdrojem tepla (tj. konvekční proud nevznikal ohřevem vzduchu na povrchu tohoto tělesa).

POUŽITÉ MODEL Y

Základní geometrie, která byla zvolena pro tvorbu zjednodušených výpočetních modelů sedící osoby, navazuje na předchozí práci Koiše [1]. Ten na základě podkladů International Centre for Indoor Environment and Energy DTU v Lyngby zhotovil plechovou termální figurínu. Její geometrie se do jisté míry liší od tvaru lidského těla, takto zjednodušené modely osob jsou však při experimentech v technice prostředí využívány poměrně často. Výsledky CFD simulace s modelem figuríny [2] byly využity jako základ pro tvorbu dalších výpočetních modelů s vyšším stupněm zjednodušení.

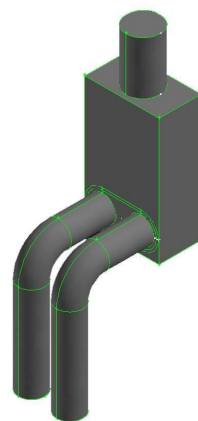
Geometrie výpočetních úloh byla vytvořena v preprocesoru Gambit 2.4.6, objemové síťování bylo následně generováno v preprocesoru TGrid 13.0.10. Byly vytvořeny čtyři výpočetní modely sedící osoby: model termální figuríny, model s nahrazením zdroje tepla jednoduchou okrajovou podmínkou a dva modely s nahrazením zdroje tepla dvěma jednoduchými okrajovými podmínkami (v různém uspořádání).

Model termální figuríny tvoří prázdnou skořepinu. Jeho vnitřní objem není definován, výpočetní oblastí je pouze objem vzduchu obklopujícího figurínu. Ten je rozdělen na síť buněk se zhuštěnou mezní vrstvou u obvodových stěn místnosti a u povrchu modelu (pouze v případě úlohy s modelem termální figuríny).

Model termální figuríny byl umístěn uprostřed místnosti o půdorysných rozměrech 4,5 x 4,5 m a výšce 3 m tak, že se jeho nohy nedotýkaly podlahy (byly 100 mm nad podlahu). Tato poloha modelu v prostoru umožňuje vytvořit rozdílně zhuštěné vrstvy výpočetních buněk na povrchu modelu figuríny a na povrchu stěn místnosti. Zhuštění na stěnách místnosti mohlo být vytvořeno s menším počtem vrstev a byl tak výrazně snížen celkový počet výpočetních buněk.

Model termální figuríny

Geometrie základního modelu je detailní kopií geometrie experimentální termální figuríny vytvořené Koišem [1] – obr. 1. Úloha byla zasíťována pravidelnou sítí tvořenou šestistěny, pouze v geometricky složitějších místech byly generovány nepravidelné buňky (čtyřstěny, pětistěny). Model termální figuríny byl obklopen buňkami o hraně 12,5 mm, které postupně přecházely v buňky o hraně 25 mm a ve větší vzdálenosti pak v buňky o hraně 50 mm, které vyplňovaly zbývající prostor místnosti. Následně byla vytvořena zhuštěná síť v mezní vrstvě u povrchu modelu termální figuríny a u obvodových stěn místnosti. Podrobný popis tvorby numerické sítě uvádí Zelenský [2]. Okrajové podmínky výpočetního modelu termální figuríny byly uvažovány konstantní po celém povrchu. Byl nastaven jednotný měrný tepelný tok $57,30 \text{ W/m}^2$, tj. citelný tepelný výkon 90 W (shodný s výkonem termální figuríny použité v experimentu Borgese [3] se kterým je tak možné výsledky úloh porovnávat).



Obr. 1 Model termální figuríny

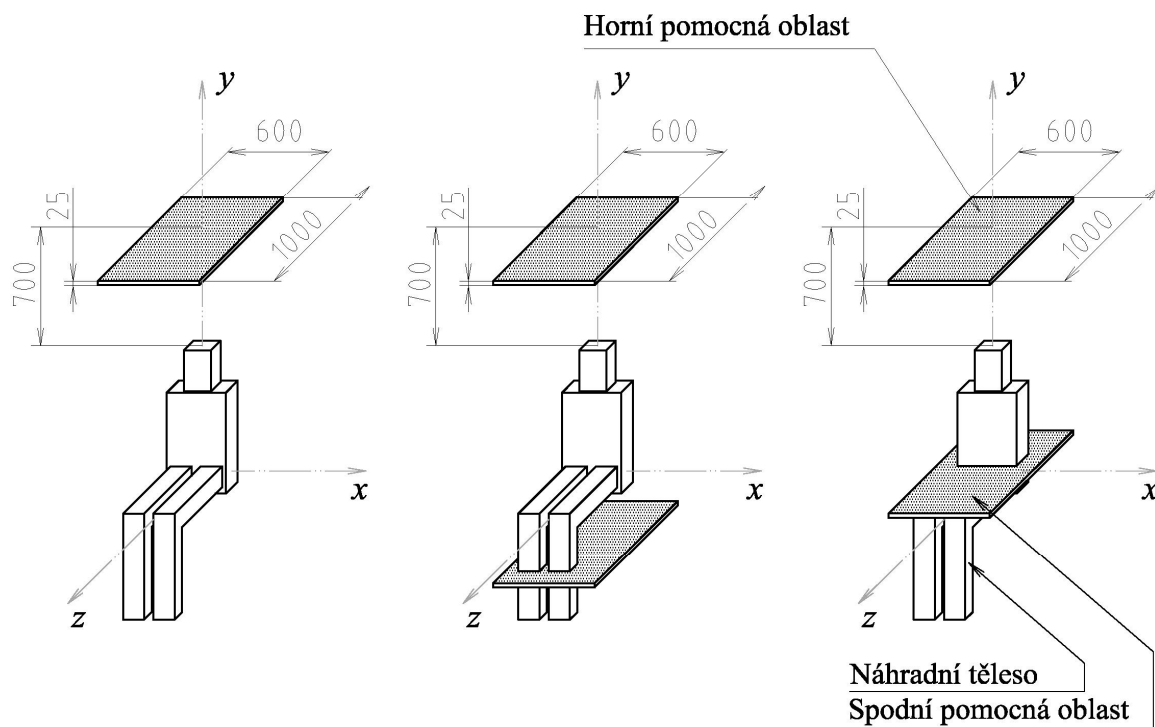
Nahrazení zdroje tepla jednoduchými okrajovými podmínkami

Stoupající konvekční proud je v těchto úlohách vyvolán rychlostními a teplotními profily vynesnými na hranice pomocných oblastí vytvořených ve třech výškách v místě původního modelu termální figuríny. Byly řešeny tři výpočetní úlohy s různým uspořádáním pomocných oblastí, viz obr. 2. Kvůli tvarové podobnosti s krabicí na pizzu je v dalším textu použito pro

pomocnou oblast označení *pizza-box*. V nejjednodušší úloze byla vytvořena jedna taková oblast ve výšce 700 mm nad modelem. V dalších dvou úlohách byl rychlostní a teplotní profil vynesena na hranici dvou *pizza-boxů*. Horní byl stejně jako v předešlé úloze vytvořen 700 mm nad modelem. Spodní byl v první úloze umístěn do úrovně lýtek termální figuríny a ve druhé úloze do úrovně pasu. Proud vystupující z nižších pomocných oblastí obtékal tělesa nahrazující termální figurínu a následně vstupoval do pomocných oblastí nad nimi.

Původní model zdroje tepla (tj. model termální figuríny) byl nahrazen značně zjednodušeným tělesem, jehož povrch byl adiabatický a válcové plochy nohou a hlavy byly nahrazeny opsanými kvádry. Působí pouze jako překážka proudění vzduchu ve vnitřním prostoru a se svým okolím nesdílí teplo. To přináší řadu výhod především při tvorbě výpočetní sítě – není nutné vytvářet zhuštěnou mezní vrstvu u povrchu modelu tělesa, velikost buněk obklopující objemové sítě může být větší, zanedbání zakřivených ploch zjednodušuje vytvoření hexagonální sítě atd.

Rychlostní a teplotní profily konvekčního proudění byly stanoveny na základě simulace s termální figurínou. Ve třech výškách (v úrovni lýtek, v úrovni pasu a 700 mm nad hlavou termální figuríny) byl v oblasti 1000 x 600 mm vytvořen vodorovný čtvercový rastr bodů s roztečí 50 mm (tj. celkem 240 bodů). V těchto bodech byly zaznamenány hodnoty složek rychlosti u_x , u_y , u_z , teploty T a hodnoty parametrů turbulence k a ε jako aritmetický průměr 120 provedených měření během 120 s výpočetního času, viz níže. Získané profily teploty a rychlosti byly vloženy do výpočetní úlohy a předepsány jako okrajové podmínky horního a spodního povrchu *pizza-boxu*, kdy na spodku proudění směřovalo do pomocné oblasti a na vrchu z ní vystupovalo.



Obr. 2 Umístění pomocných oblastí

CFD SIMULACE A ZPŮSOB VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Výpočty metodou CFD byly provedeny v programu Fluent 6.3.26. Úlohy byly řešeny pro neizotermické proudění nestlačitelného vzduchu s vlivem roztažnosti (tzv. Boussinesqova aproximace). Okrajové podmínky byly nastaveny tak, aby bylo možno výsledky všech simulací vzájemně porovnat. Povrchová teplota stěn místnosti byla 19 °C, emisivita povrchu modelu termální figuríny byla 0,98 a emisivita povrchu stěn místnosti 0,94. Byl použit dvourovnicový model turbulence typu $k-\varepsilon$ podle Shiha et al. [4]. Proudění u stěn a povrchů těles bylo řešeno výpočtem přes celou mezní vrstvu (tj. bez stěnových funkcí) a byl brán v úvahu vliv teploty a vztlaku na turbulenci. Do řešení byl zahrnut model S2S pro vzájemné sálání povrchů. Pro výpočet gradientů veličin v jednotlivých buňkách byla použita rekonstrukce založená na metodě nejmenších čtverců, která bez vyšších nároků na výkon počítače zajišťuje dostatečnou přesnost výsledků na polyhedrálních numerických sítích. Pro diskretizaci rovnice tlaku bylo zvoleno schéma *Body Force Weighted* zohledňující vliv vztlakových sil a pro konvektivní členy řešených rovnic protiproudé schéma druhého řádu. Pro propojení tlakového a rychlostního pole byla použita metoda SIMPLE. Konvekční proudění bylo uvažováno jako neustálené. Pro případ úlohy s modelem termální figuríny bylo během každého časového kroku 0,1 s provedeno 7 iterací, pro případ úloh s *pizza-boxy* to bylo 10 iterací na časový krok 0,2 s.

Všechny úlohy byly spuštěny po dobu 480 s simulovaného času, po jejímž uplynutí bylo konvekční proudění považováno za vyvinuté a bylo přikročeno k záznamu výsledků. Ty byly zapisovány po dobu 120 s simulovaného času s krokem 1 s. Výsledkem simulací tedy bylo 120 datových souborů, z každého z nich byly získány hodnoty teploty a rychlosti ve stanovených bodech. Výsledné teplotní a rychlostní profily jsou aritmetickým průměrem za 120 s. Pro každou výpočetní úlohu byly také v čase 600 s (tj. ukončení simulace, kdy můžeme uvažovat proudění za nejvíce vyvinuté) generovány obrazy proudění (isoplochy rychlosti) v rovinách x-y a z-y procházejících středem termální figuríny.

DISKUZE VÝSLEDKŮ

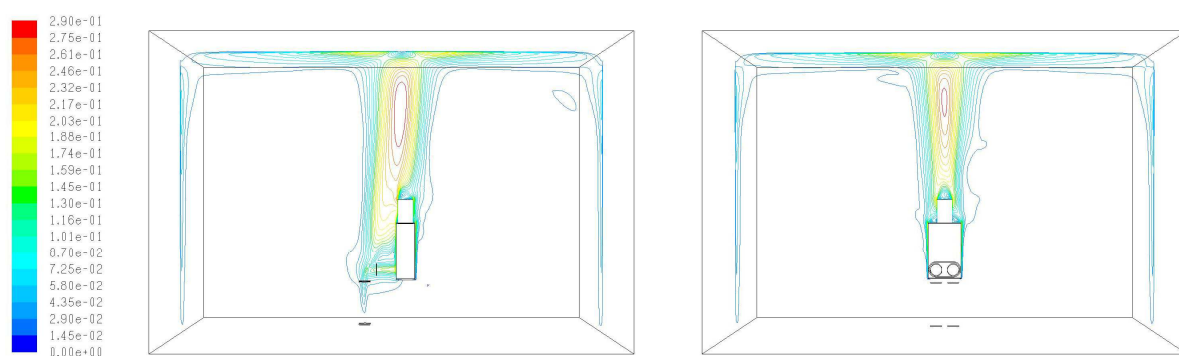
Všechny úlohy byly vyhodnoceny shodným způsobem a jejich výsledky vzájemně porovnány. Hodnocení výsledků bylo zaměřeno na ovlivnění proudění způsobené náhradou zdroje tepla zjednodušenou okrajovou podmínkou a na vliv umístění pomocné oblasti na výsledek simulací (tj. na rozdíly výsledků úloh s různým uspořádáním *pizza-boxů*).

Obrazy rychlostního pole

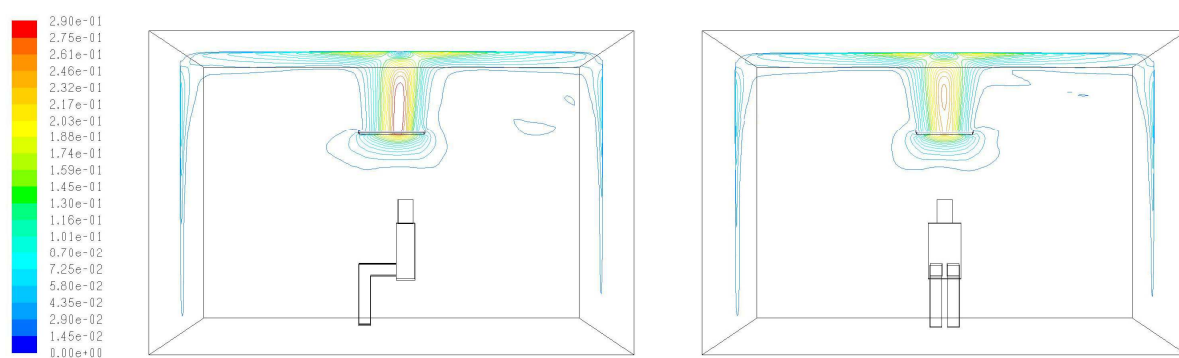
Z každé úlohy byly získány předpokládané obrazy rychlostního pole ve vnitřním prostoru. Isoplochy rychlosti zaznamenané ve svislých rovinách x-y (čelní pohled) a y-z (boční pohled) procházejících středem modelu termální figuríny jsou zobrazeny na obr. 3 až obr. 6. Obrazy proudění získané z úloh s nahrazením zdroje tepla *pizza-boxy* byly porovnány s úlohou s modelem figuríny, která byla brána jako referenční (na základě této úlohy byly definovány jednoduché okrajové podmínky).

Na obrázcích je zřetelná velmi dobrá podobnost stoupajících konvekčních proudů jednotlivých úloh převážně v úrovni nad horní pomocnou oblastí. Je také patrná dobrá shoda přilnutí konvekčního proudu ke stropu místnosti a jeho dalšího šíření až ke svislým stěnám.

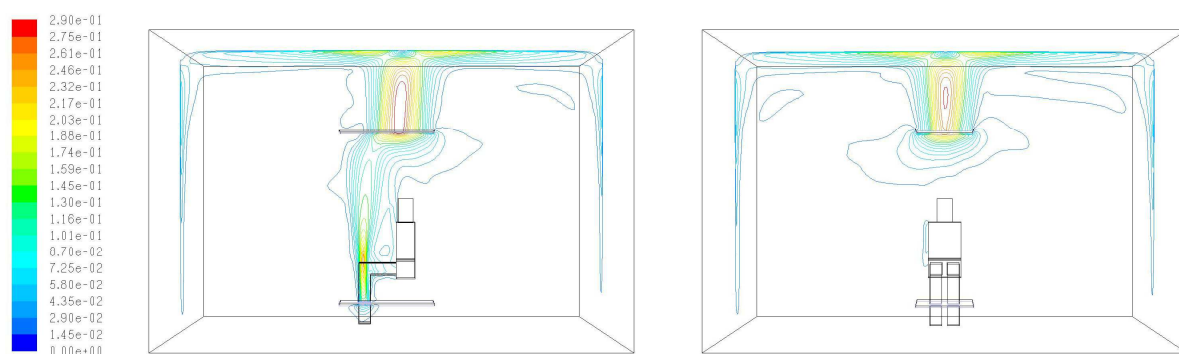
Pod horní pomocnou oblastí se tvar konvekčního proudu v jednotlivých úlohách značně liší. V úloze s jedním *pizza-boxem* není v okolí figuríny konvekční proud zformován. Tato nepřesnost navrženého způsobu zjednodušení byla řešena umístěním další pomocné oblasti do menší výšky nad podlahou místnosti.



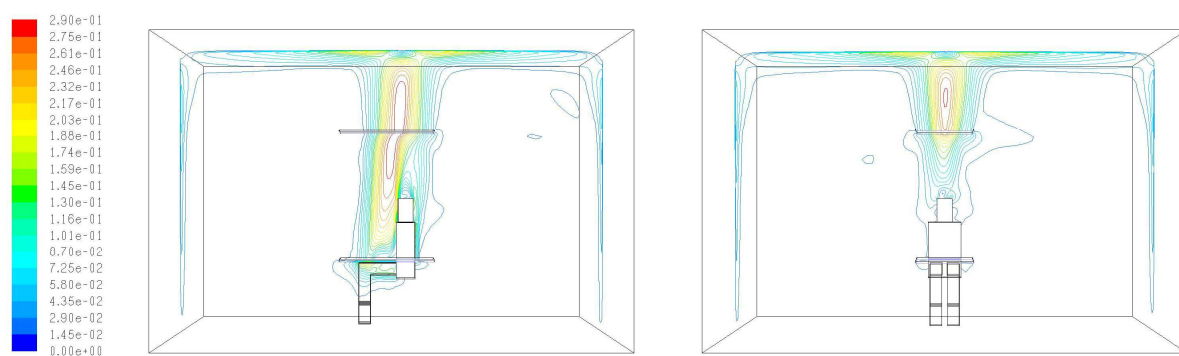
Obr. 3 Isoplochy rychlosti [m/s], model termální figuríny – referenční úloha



Obr. 4 Isoplochy rychlosti [m/s], úloha s jedním pizza-boxem



Obr. 5 Isoplochy rychlosti [m/s], úloha s dvěma pizza-boxy (lýtka/nad hlavou)

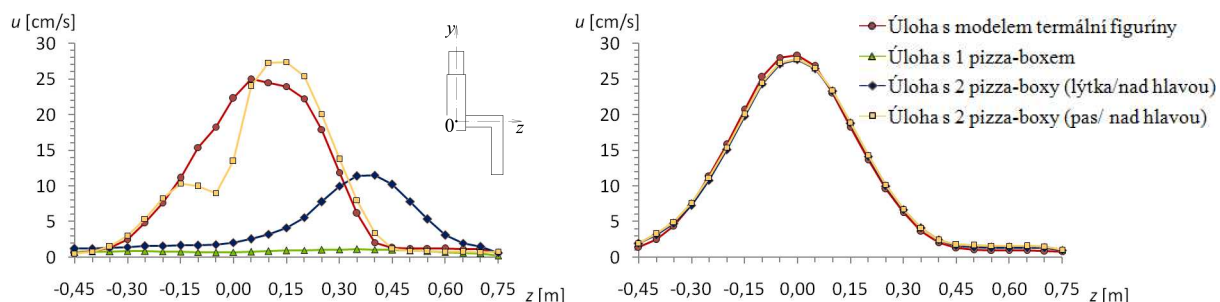


Obr. 6 Isoplochy rychlosti [m/s], úloha s dvěma pizza-boxy (pas/nad hlavou)

V úloze s druhým *pizza-boxem* umístěným v úrovni lýtek je proudění pod horní pomocnou oblastí zformováno, značně se však liší od referenčního proudění (úloha s termální figurínou). Konvekční proud vyvolaný zjednodušenou okrajovou podmínkou stoupá pouze nad koleno termální figuríny a nepřílně k povrchu jejího těla. V oblasti nad hlavou je proudění slabé a v oblasti zad k proudění nedochází. Nejvíce se referenčnímu konvekčnímu proudu blíží úloha s druhým *pizza-boxem* umístěným v úrovni pasu, kde proud stoupá v oblasti nad stehny a je odpovídajícím způsobem přilnut k povrchu modelu termální figuríny. Nedostatkem v tomto případě je málo intenzivní konvekční proudění podél zad, které by po spojení s prouděním nad stehny zakřivilo výsledný konvekční proud více nad hlavu termální figuríny (směrem k zadům). Ze zobrazených isoploch rychlosti je patrné, že umístění spodní pomocné oblasti má výrazný vliv na výsledek úlohy.

Rychlostní profily

Výše uvedené obrazy rychlostního pole poskytují předběžný náhled na výsledky simulace. Pro přesnější posouzení lze porovnat rychlostní a teplotní profily konvekčních proudů nad modelem tepelného zdroje. Tyto profily byly pro jednotlivé úlohy stanoveny z dat získaných v definovaných bodech v několika výškách, dále jsou zobrazeny výsledky v rovině symetrie figuríny y - z (tj. souřadnice $x = 0$) ve výškách 0,225 m a 1,225 m nad figurínou.



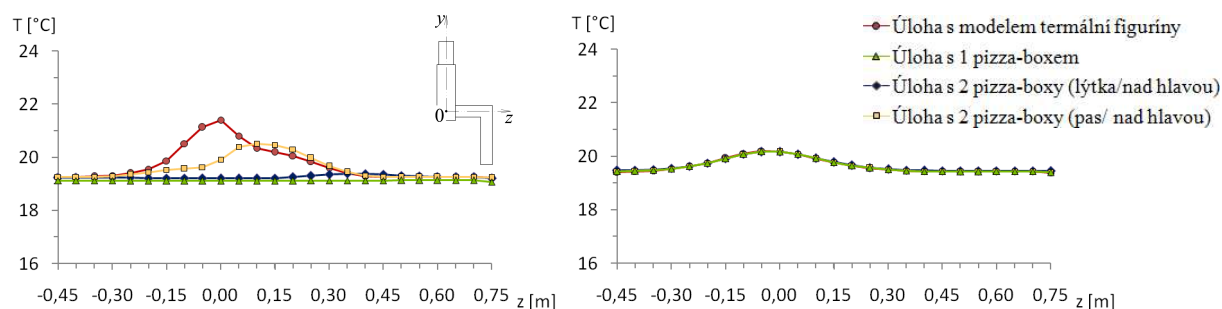
Obr. 7 Rychlostní profily v rovině y - z , výška $y = 0,975$ m (vlevo), výška $y = 1,975$ m (vpravo)

Z porovnání získaných rychlostních profilů konvekčních proudů je patrná jejich dobrá shoda ve vyšších výškách, viz obr. 7. V nižších polohách (pod horní pomocnou oblastí) se referenčnímu konvekčnímu proudění nejvíce blíží proudění z úlohy s dvěma *pizza-boxy*, z nichž spodní je umístěn v úrovni pasu. Proud je však negativně ovlivněn nedostatečným prouděním podél zad termální figuríny. Nad stehny figuríny tak vzniká konvekční proudění o vyšších rychlostech, nad hlavou je naopak rychlost proudění nižší.

V úloze s dvěma *pizza-boxy*, z nichž spodní je v úrovni lýtek, dochází k výraznému konvekčnímu proudění nad koleno (rychlost proudu je vyšší než v referenční úloze), v oblasti nad tělem je však proudění nedostatečné. V úloze s jedním *pizza-boxem* není konvekční proudění pod pomocnou oblastí vyvinuté – v nižších výškách proudění nevzniká vůbec, v blízkosti spodní hranice pomocné oblasti je pak rychlostní profil širší – vstup do oblasti se chová jako odsávací otvor.

Teplotní profily

Teplotní profily konvekčních proudů v jednotlivých výpočetních úlohách se v úrovni nad horní pomocnou oblastí ve velké míře shodují, viz obr. 8. V nižších výškách se však opět projevuje nepřesnost uměle vyvolaného proudění. Referenčnímu teplotnímu profilu se nejvíce blíží profil z úlohy s dvěma *pizza-boxy*, z nichž spodní je v úrovni pasu. I ten je však poměrně dost zkreslený.



Obr. 8 Teplotní profily v rovině y-z, výška y = 0,975 m (vlevo), výška y = 1,975 m (vpravo)

Náročnost výpočtu

V **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** jsou shrnuty celkové počty buněk výpočetních sítí jednotlivých úloh a výpočetní časy potřebné pro 10 iterací. Všechny úlohy byly při testovacích výpočtech nastaveny shodně. Proudění bylo považováno za neustálené a byl zvolen časový krok 0,1 s simulovaného času, během něhož proběhlo 10 iterací. Testování všech úloh bylo provedeno na počítači s 8 CPU AMD Opteron 8378 (frekvence 2,4 GHz) a 128 GB operační paměti. Ze zjištěných hodnot je patrná výhoda nahrazení zdroje tepla jednoduchou okrajovou podmínkou – „velikost“ úlohy i výpočetní doba jsou v porovnání s úlohou s termální figurínou méně než poloviční.

Tab. 1 Parametry výpočetních sítí; výpočetní časy simulací

Úloha	počet výpočetních buněk	výpočetní čas pro 10 iterací
s 1 <i>pizza-boxem</i>	1 469 837	45 s
s 2 <i>pizza-boxy</i> (nohy/nad hlavou)	1 548 459	51 s
s 2 <i>pizza-boxy</i> (pas/nad hlavou)	1 538 362	51 s
model termální figuríny	3 569 984	130 s

ZÁVĚR

Byly vytvořeny čtyři výpočetní modely sedící osoby ve třech stupních zjednodušení. Prvním stupněm bylo vytvoření modelu termální figuríny, druhým bylo nahrazení zdroje tepla jednoduchou okrajovou podmínkou v podobě teplotního a rychlostního profilu, a třetím stupněm bylo doplnění další okrajové podmínky do nižší výšky (tj. nahrazení zdroje tepla dvěma jednoduchými okrajovými podmínkami). Se všemi modely byla provedena řada CFD simulací, jejichž výsledky byly vzájemně porovnány. Zvláštní důraz byl kladen na vyhodnocení konvekčních proudů a jejich teplotní a rychlostní profily.

Navržený způsob náhrady zdroje tepla jednoduchými okrajovými podmínkami vynesnými na pomocných oblastech v místech původního konvekčního proudu (náhrada *pizza-boxy*) by v popsáných uspořádáních bylo možné využít při zkoumání vlivu vnitřních zdrojů tepla zejména na proudění ve větších výškách místnosti, kde konvekční proudy ve zjednodušených úlohách odpovídají referenčnímu proudu. Zjednodušení by tak mohlo být aplikováno například při studiích vlivu vnitřních zdrojů tepla na proudy ze vzduchotechnických vyústek umístěných u stropu, vířivých anemostatů apod.

V nižších výškách (pod horní pomocnou oblastí, kolem tělesa nahrazujícího zdroj tepla) se konvekční proudy v jednotlivých úlohách značně liší. Referenčnímu proudu se nejvíce blíží konvekční proudění v úloze se spodní pomocnou oblastí umístěnou v úrovni pasu, nicméně

i zde je patrná jistá nepřesnost. Po dalších úpravách by však navržený způsob zjednodušení mohl umožnit efektivnější simulaci prostor s výskytem vnitřních zdrojů tepla a to s omezeným vlivem zjednodušení na přesnost výsledků.

Z porovnání výpočetních časů jednotlivých simulací je patrný rychlejší průběh iteračních výpočtů zjednodušených úloh (úloh s *pizza-boxy*). Navržené řešení by tak mohlo být velkým přínosem v CFD simulacích prostor s velkým množstvím tepelných zdrojů. Pro případ osob můžeme zmínit prostory divadelních sálů, přednáškových a zasedacích místností, sportovních hal apod. Vzhledem k dostupným výpočetním kapacitám není zatím možné v takových simulacích detailně modelovat všechny zdroje tepla, je však nutné uvažovat interakce konvekčních proudů, které nad nimi vznikají, což navržená metoda zjednodušení umožňuje.

Pro efektivní využití popsaného zjednodušení modelů vnitřních zdrojů tepla je nutné celou metodologii dále vylepšit. Dalším krokem je studie optimálního umístění pomocných oblastí a studie vlivu zvoleného modelu turbulence na výsledek simulací konvekčních proudů nad přirozenými zdroji tepla. Je také potřeba porovnat výsledky získané simulací s navrženým zjednodušením zdrojů tepla s experimenty vlastními i publikovanými jinými autory, např. Borgesem [4], Hylgaardem [5] nebo Zukowskou [6].

LITERATURA

- [1] KOIŠ, G. *Analýza proudů v klimatizovaném prostoru*. Diplomová práce 9–TŽP–2009. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí. 2009.
- [2] ZELENSKÝ, P. *Modelování zdrojů tepla ve vnitřním prostředí*. Diplomová práce 16–TŽP–2011. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí. 2011.
- [3] BORGES, C.M.; QUINTELA, D.A.; BRITES, G.N.; GASPAR, A.R.; COSTA, J.J. Analysis of thermal plumes generated by a seated person, a thermal manikin and a dummy. *Proceedings of the 8th International Conference on Air Distribution in Rooms – Roomvent 2007*. Copenhagen, Dánsko, sv. 1, s. 253-256.
- [4] SHIH, T. H.; LIOU, W. W.; SHABIR, A.; YANG, Z.; ZHU, J. A New eddy-viscosity model for high Reynolds number turbulent flows – model development and validation. *Computers & Fluids*, 1995, č. 24, s. 227-238.
- [5] HYLDGAARD, C. A. Thermal plume above a person. *Proceedings of the 6th International Conference on Air Distribution in Rooms – Roomvent 1998*. Stockholm, Švédsko, č. 1, s. 407-413.
- [6] ZUKOWSKA, D.; MELIKOV, A.; POPIOLEK, Z. Thermal plume above a simulated sitting person with different complexity of body geometry. *Proceedings of the 10th International Conference on Air Distribution in Rooms – Roomvent 2007*. Helsinky, Finsko, č. 3, s. 191-198.

SEZNAM OZNAČENÍ

u_x, u_y, u_z	složky rychlosti	[m.s ⁻¹]
T	teplota	[K]
k	kinetická energie turbulence	[m ² /s ²]
ε	rychlost disipace kinetické energie	[m ² /s ³]

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla finančně podpořena grantem ČVUT v Praze č. SGS12/179/OHK2/3T/12.



NÁRODNÍ TECHNICKÁ KNIHOVNA V PRAZE

Jan Žemlička¹, Miloš Lain²

¹Zemlicka-Pruy, Ingenieur-Planung GmbH

²ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí

ANOTACE

Příspěvek podává základní přehled o budově národní technické knihovny v Praze. V příspěvku je popsáno jak architektonické řešení, tak systém větrání a klimatizace budovy. Dále je zmíněna počítačová simulace a monitorování provozu budovy.

ARCHITEKTONICKÝ NÁVRH

Projekt Národní technické knihovny (NTK) v Dejvicích [2] zvítězil v anonymní architektonicko-urbanistické soutěži v roce 2000. Knihovna je navržena v obrysu oválného čtverce o vnějších rozměrech přibližně 75 × 75 m. Je použita velkorozponová betonová předepjatá konstrukce s rozponem 15 m. Objekt má šest nadzemních a tři podzemní podlaží. První a druhé nadzemní podlaží má veřejný charakter s doplňkovými funkcemi (kavárna, přednáškový sál, výstavní prostor, pobočka městské knihovny, noční studovna) a dává prostor pro volnou komunikaci a setkávání návštěvníků areálu vysokých škol a knihovny.

Vlastní provoz knihovny začíná na úrovni 2. podlaží. V dalších nadzemních podlažích jsou umístěny především volné výběry fondu knihovny, studovny, učebny a administrativní zázemí knihovny. V podzemí je střed vyhrazen pro zázemí knihovny (sklady knih, technologie) a obvod podzemnímu parkovišti.

Studijní a administrativní místa s potřebou dobrého osvětlení jsou soustředěna v místech s přirozeným osvětlením, knihy v regálech jsou naopak umístěny v hloubce dispozice. Studijní místa jsou navržena v různých polohách s různým typem sezení, což umožňuje najít si prostor podle své nálady nebo náтуры.

Po vítězství v architektonické soutěži [3] byl projekt asi čtyři roky na okraji zájmu politiků. Po jeho obnovení došlo k přehodnocení některých jeho částí. Původní energetický koncept spočíval ve dvojité fasádě s ventilátory, které měly dopravovat vzduch uvnitř vzduchové mezery v zimním a přechodném období z osluněné na neosluněnou fasádu. Hlavní myšlenkou byla minimalizace tepelných ztrát a předešev větracího vzduchu pro vzduchotechnická zařízení.

Po posouzení zkušeností s jinými objekty dospěl řešitelský tým k názoru, že dvojitá fasáda není z energetického hlediska u knihovny tohoto typu odůvodnitelná. Byly proto zvoleny jiné systémy umožňující energeticky úsporný provoz.

ARCHITEKTONICKÉ ŘEŠENÍ BUDOVY Z HLEDISKA ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI

Energetická náročnost budovy je dána především architektonickým návrhem, fyzikálními vlastnostmi použitých stavebních materiálů a jejím provozem.

Budova NTK je architektonicky řešena jako kompaktní celek s minimálním členěním. Tím je dosaženo velice dobrého poměru plochy obvodových konstrukcí k užité ploše objektu. Energeticky výhodné je i oddělení prostor podzemních garáží technickým podlažím od nadzemní části objektu, která má vyšší nároky na vnitřní klima.

V nadzemních podlažích je při dispozičním řešení respektována orientace budovy ke světovým stranám. Velkoprostorové místnosti jsou umístěny u JV, JZ a SZ fasád, kancelářský trakt je umístěn u fasády SV. Tím se dosáhne rovnoměrnějšího osvětlení, především kanceláří, během dne a v průběhu roku.

K minimalizaci energetické náročnosti (snížení tepelná zátěže z vnějšího prostředí v letním období a naopak její využití v zimním období) rovněž přispívá optimalizovaná plocha transparentních výplní v 2.NP – 6.NP, která nepřesahuje 50-70 % plochy obvodového pláště příslušejícího danému prostoru. Transparentní plochy obvodového pláště jsou opatřeny vnějším stíněním.

PROVOZ BUDOVY A PARAMETRY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

Provoz budovy (počet osob, provozní doba) a zvolené parametry vnitřního prostředí (teplota, relativní vlhkost) ovlivňují nejen spotřebu energií, ale mají přímý vliv na volbu vytápěcích a chladících zařízení, výši instalovaného výkonu a tím i výši prvotních investic. Vždy je třeba pečlivě zvážit, jaké budou provozní doby, především v letních měsících a jaká bude návštěvnost v průběhu celého roku. Rovněž při zadání parametrů vnitřního prostředí je třeba zvážit, zda je pravdu nutné striktní dodržování požadovaných parametrů vnitřního prostředí (teplota a vlhkost vzduchu) a zvážit, zda je přípustné krátkodobé vybočení parametrů z nastavených rozsahů. Pro většinu budov je daleko důležitější zamezit skokovým změnám než přesné udržování teploty a relativní vlhkosti v úzkých hranicích.

ŘEŠENÍ SYSTÉMŮ TZB

Optimalizované architektonické a konstrukční řešení NTK umožňuje účinné využívání akumulčních schopností budovy. V budově byl instalován velkoplošný těžký sálavý systémy vytápění a chlazení místností (tzv. aktivace betonového jádra) doplněný o plně automatické přirozené větrání. Přirozené větrání je zároveň využíváno pro noční předchlazování betonových konstrukcí v letním období. Jedná se systém, který je zatím v České republice poměrně málo používaný. –

Nucené větrání je využíváno především při extrémních venkovních teplotách a v prostorách se zvýšenými nároky na vnitřní klima (sklady knih), se zvýšenou tepelnou zátěží (počítačové učebny), nebo tam, kde je to vyžadováno z hygienického hlediska (prostory bez možnosti přirozeného větrání v PP, WC).

Navržené technické řešení vede ke snížení instalovaného chladicího a topného výkonu při zachování tepelné pohody. Zdroj chladu, který slouží v denní době pro chlazení větracího vzduchu v systémech nuceného větrání, se v nočních hodinách využívá pro předchlazování stavebních konstrukcí (aktivaci betonu).

V kombinaci s velkorozponovou konstrukcí s modulem 15 x 15 m a s oboustranně křížem předepnutou stropní deskou se jedná dle dostupných informací o první stavbu tohoto druhu ve světě.

CO JE AKTIVACE BETONOVÉHO JÁDRA

V poslední době se chlazení a vytápění místností pomocí aktivace betonového jádra (BKT a nebo TABS) stává v západní Evropě stále častěji konkurencí klasických klimatizačních systémů. Při tomto systému je potrubí pro vytápění a chlazení integrováno přímo ve stavební konstrukci, většinou v neutrální ose betonových stropů. Potrubí z plastu, většinou dimenze 20 x 2 mm nebo 17 x 2 mm, je vkládáno do stavební konstrukce zároveň s armováním, a to buď ručně, nebo ve formě topných registrů. Běžná rozteč potrubí je 150 mm. Podobné systémy s vloženým potrubím ve stavební konstrukci jsou známy již dlouhou dobu (označení Crittall).

Jejich většímu rozšíření však bránila nejen materiálová základna (ocelové potrubí), ale i vysoká energetická náročnost budov a tehdejší systémy měření a regulace.

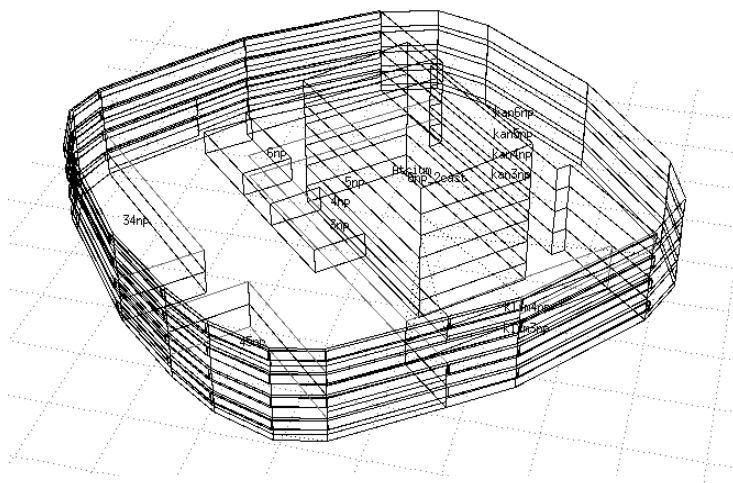
Aktivace betonového jádra je vhodná pro kompaktní budovy s nízkými tepelnými ztrátami a nízkými tepelnými zisky, s velkoprostorovými kanceláři, studovnami, výstavními sály apod. Dále je velmi vhodná pro prostory, které nemají požadavek na přesnou regulaci teploty v jednotlivých místnostech v letních měsících. Pro případ vytápění je nutné kombinovat tento systém s jiným systémem (VZT, otopné plochy).

Při návrhu a provozu sálavého systému je vždy třeba dbát na to, aby se povrchová teplota stropu/podlahy co nejvíce přibližovala teplotě místnosti. Tím se plně využije autoregulační schopnosti systému, to znamená, při zvýšení odchylky vnitřní teploty od požadované teploty v místnosti se zároveň zvyšuje i chladicí (topný) výkon a naopak. Navíc aktivace betonového jádra využívá nízkopotenciálního tepla a chladu a lze využít alternativních zdrojů tepla, či chladu. Teplota chladicího média se pohybuje v rozmezí 16-21 °C, teplota topného média se pohybuje v rozmezí 22-27°C

U budovy NTK byla pro vytápění a chlazení volných výběrů a kancelářských prostor navržena aktivace betonového jádra doplněná otopnými registry [4]. Byla zvolena dimenze potrubí 20 × 2 mm a rozteč 200 mm. Potrubí bylo vkládáno do stavebních konstrukcí ručně. Jednotlivé sekce potrubních celků odpovídají sekcím postupu betonáže. V každé sekci je několik okruhů délky cca 80 m. Konce okruhů jsou vyvedeny buď do zdvojené podlahy, nebo pod strop (6. NP), kde jsou napojeny na rozdělovač nebo sběrač. Celkem bylo položeno téměř 50 000 m potrubí.

POČÍTAČOVÉ SIMULACE

Při projektování této budovy byly uplatněny počítačové simulace energetických bilancí. Ty sloužili jak k ověření teplot v budově při provozu aktivace budovy a plném vytížení prostor, tak pro ověření přirozeného provětrání dvojité fasády. Z výsledků simulace vyplynulo, že při plném vytížení (osvětlení, osoby..) a provozu aktivace betonu v noci plus jednu hodinu během dne se maximální teploty v letním období budou blížit 27 °C. Nejvyšší teploty byly v 6 np. budovy. Ze simulací vyplynulo i to, že severní část budovy, ve které je administrativa, je třeba též osadit aktivací betonu. Původně se v projektu předpokládalo v této části pouze pasivní noční vychlazení. Tyto závěry se potvrdily i při provozu budovy, kdy právě severní administrativní část vyžaduje aktivaci betonu pro většinu léta. Oproti tomu volné výběry jsou často provozovány pouze s pasivním nočním chlazením vzduchem bez aktivace betonu.



Obr 1 Model budovy v programu ESP-r

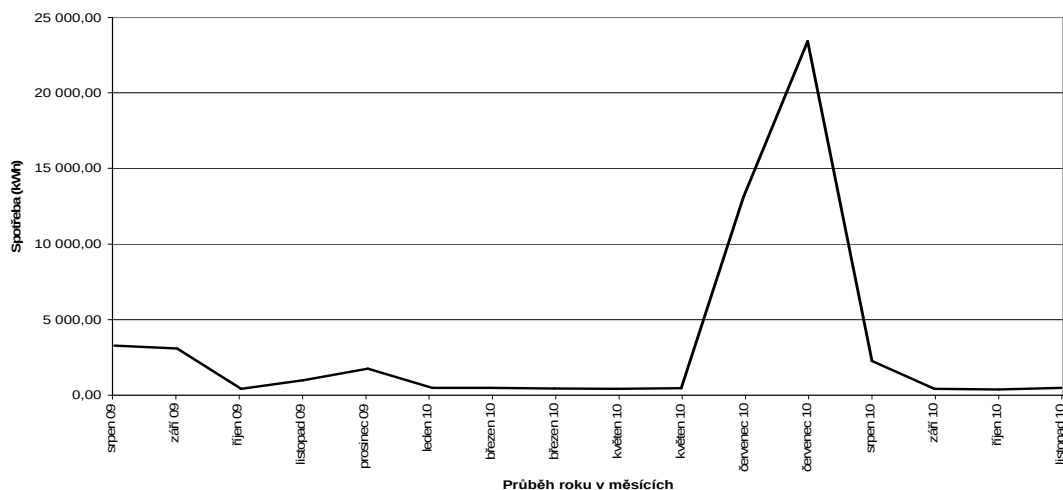
MĚŘENÍ PŘI PROVOZU

Při provozu budovy je systémem měření a regulace zaznamenávána řada hodnot, které mohou být použity pro analýzy spotřeb systému větrání a klimatizace. V následující tabulce je uveden podíl jmenovitých příkonů jednotlivých součástí klimatizačního systému (nejsou zahrnuty klimatizační jednotky pro pronajímatelné prostory v 1 a 2 np.).

Tab.1 Přehled příkonů zařízení

	Zařízení	Příkon (kW)	Podíl (%)	Podíl systému (%)	Skutečná spotřeba 2010 (MWh)
Zdroj chladu	kompresory	277,5	73,90		
	ventilátory	14	3,73		
	čerpadla	15	3,99	81,62	42,2
VZT1	přívodní ventilátor	11	2,93		
	odvodní ventilátor	7,5	2,00		
VZT2	přívodní ventilátor	11	2,93		Měřena byla
	odvodní ventilátor	7,5	2,00		pouze spotřeba
VZT3	přívodní ventilátor	7,5	2,00		VZT 3 od 1.6
	odvodní ventilátor	7,5	2,00	13,85	do 5.9 2010
					ta je
					3
BKT	zdvojené čerpadlo	15	3,99		
Podlahové vytápění	čerpadlo	1,57	0,42		
FCU	čerpadlo	0,45	0,12	4,53	
celkem		375,52			

Skutečná spotřeba zdroje chladu za období 2009, 2010 je uvedena v grafu na obrázku 2. Tato spotřeba představuje v červnu 7,2 %, v červenci 13,9 % a v srpnu 1,5 % spotřeby elektrické energie celého objektu. Za celý rok spotřebuje zdroj chladu pro komfortní klimatizaci 2,2 % spotřeby elektrické energie celého objektu.



Obr. 2 Spotřeba zdroje chladu

ZÁVĚR

Po roce 1989 bylo v České Republice postaveno, nebo zrekonstruováno několik desítek knihoven. Přesto se ale při projektování a výstavbě objevují stále stejné problémy. Již od počátku, to je od architektonické soutěže začíná boj mezi architekty a investorem, v daném případě ředitelem knihovny. V dalších etapách vstupují do tohoto boje generální projektant a generální dodavatel. Každý hájí pouze své zájmy, komunikace vedoucí k úspěšnému zakončení díla se zcela vytrácí. Při tom jak je dnes celý systém nastaven, počínaje architektonickou soutěží a konče výběrovým řízením dodavatele, je zázrakem, že se přeci jenom stavby dokončí a nějak fungují.

Otázkou je, zda by nebylo řešením, kdyby byl konečně sestaven katalog pravidel pro stavbu nejenom knihoven, ale všech veřejných budov? To znamená vymezit jak celkový finanční rozsah, tak i stanovit základní technické a provozní ukazatele. Veřejné budovy se staví za peníze daňových poplatníků pro veřejnost a ne jako pomník architektury. Mají být plně funkční s minimálními provozními náklady. Mají tvořit nenápadnou schránku v pozadí, která neobtěžuje a na kterou si člověk nemusí zvykat, kde se od počátku cítí dobře.

Národní Technická Knihovna v Praze byla uvedena do provozu 9.9.2009. Představa projektantů o provozně a energeticky úsporné budově se ne zcela podařila naplnit. Znovu se ukázalo, že systém projektování, dodavatelských vztahů a následného provozování budov není v České republice optimálně nastaven a bude třeba velkého úsilí toto změnit. Přesto lez tuto stavbu považovat za povedenou a systém provozu větrání a klimatizace za energeticky úsporný.

NA OPTIMALIZACI ENERGETICKÉHO KONCEPTU BUDOVY SPOLUPRACOVALI:

Investor:

Národní Technická Knihovna, Ing. Martin Svoboda

Architekt:

Projektil Architekti s.r.o., Mgr.akad.arch Roman Brychta, Ing.arch. Petr Lešek, Ing. Ondřej Hofmeister

Stavební část a koordinace projektu Generální projektant:

Helika a.s., Ing. Petr Jileček, Ing. Karel Vácha

Projektant HVAC:

Zemlicka + Pruy, Ingenieur-Planung GmbH, Ing. Jan Žemlička

PBA International Prague s.r.o., Pavel Žemlička, Ing. Josef Smrž

Energetická simulace objektu: ČVUT-FSI, Ing. Miloš Lain, Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.

Dodavatel systému BKT:

UPONOR s.r.o.

Montážní firma systému TABS:

OHL ŽS a.s., koordinace Bohumír Lisý

LITERATURA

- [1] Lain, M. Zmrhal, V. Drkal, F. Hanák, V. *Aktivace betonu - Státní technická knihovna. Budovy a prostredie* 2007. Bratislava: Slovenská spoločnosť pro techniku prostredia, 2007, s. 74-79. ISBN 978-80-227-2759-4.
- [2] <http://www.asb-portal.cz/2009/06/22/stavebnictvi/tzb/narodni-technicka-knihovna-v-praze/image-gallery/02-lesek-ntk.html>.
- [3] <http://www.asb-portal.cz/2009/06/22/stavebnictvi/tzb/narodni-technicka-knihovna-v-praze/image-gallery/01-stavova-ntk.html>
- [4] <http://www.asb-portal.cz/2009/06/22/stavebnictvi/tzb/narodni-technicka-knihovna-v-praze/image-gallery/03-lesek-ntk.html>



PASIVNÍ DOMY KOBEROVY – SYSTÉMY TEPOVZDUŠNÉHO VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ

Zdeněk Zikán

ATREA s.r.o., V Aleji 20, Jablonec nad Nisou
poradenstvi@atrea.cz

ANOTACE

Článek popisuje realizovaný soubor 13 pasivních domů v obci Koberovy a seznamuje s realizovaným měřením spotřeby energií v obytném souboru za období 3 let (2009-2011). Zároveň jsou při těchto měřeních spotřeby energií měřeny některé mikroklimatické parametry ve vybraném a užívaném domě. Článek se blíže zaměřuje na vyhodnocení parametru přehřívání domu – překračování nejvyšší dovolené teploty v posuzované místnosti nad hodnotu 27 °C, což je hodnota stanovená v TNI 73 0329 – Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou spotřebou tepla na vytápění – rodinné domy a také v ČSN 73 0540-2 a to zejména s ohledem na to, že uvedené stavby jsou realizovány jako tzv. dřevostavby.

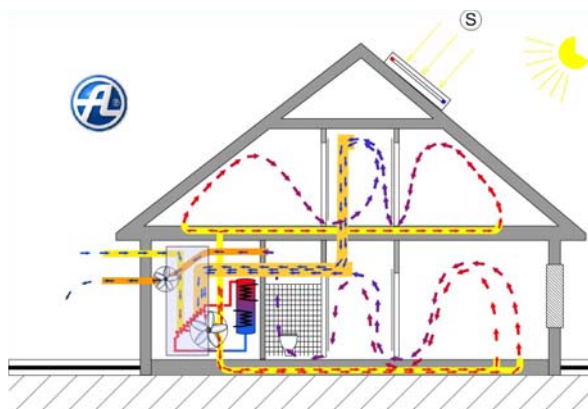
ÚVOD

V obci Koberovy byl realizován firmou ATREA s.r.o. projekt výstavby obytného souboru 13 objektů pasivních domů. Jedná o stavby s dřevěným nosným konstrukčním systémem firmy ATREA s.r.o.

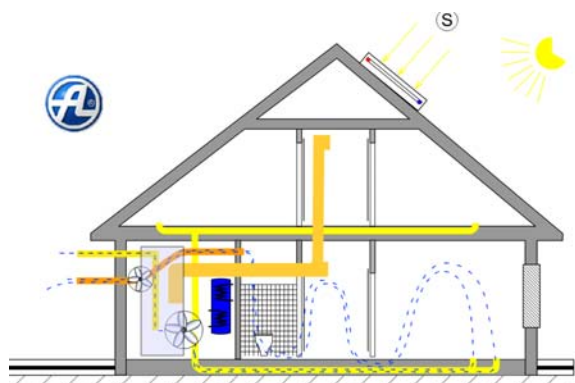
Koncepce domů je řešena ve standardu pasivního domu s výpočtovou měrnou potřebou tepla na vytápění do 15 kWh/m².a. Plocha prosklení hlavního obytného prostoru, jež je umístěn u jižní fasády, a je obvykle propojen s kuchyní a jídelnou, dosahuje více než 30 % a je proti letnímu přehřívání kryta konzolovým přesahem střechy. Na severní straně jsou vstupní, hygienické a technické prostory, schodiště a mimo tepelnou obálku budovy navazující přístřešky pro auto a zahradní kůlna.

Obvodové stěny tloušťky 400 mm jsou konstruovány tak, aby s tepelnou izolací dosahovaly součinitele prostupu tepla $U = 0,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Důsledně jsou eliminovány všechny tepelné mosty. Okenní konstrukce mají dřevěné rámy a trojitě zasklení, které dosahuje hodnoty součinitele prostupu tepla $U_g = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$; velké okenní plochy v přízemí jsou s pevným zasklením.

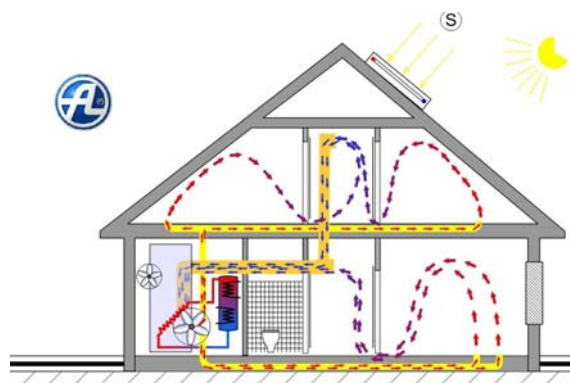
Pro zajištění tepelné pohody a kvalitního mikroklimatu je v těchto pasivních domech použito teplovzdušné vytápění a větrání s rekuperací tepla pomocí dvouzónového systému s rekuperační teplovzdušnou jednotkou Duplex RB. Jednotky jsou v převážné většině objektů napojeny na zemní cirkulační výměník tepla, který se využívá pro letní přetlakové nebo cirkulační chlazení a zimní přehřev větracího vzduchu. Teplovzdušné jednotky pracují v několika režimech. Rozlišují se tři režimy zimní a dva letní. V zimě jednotky pracují v režimu samotné cirkulace, v režimu větracím nebo v režimu cirkulace s větráním dohromady. Vždy buď bez dohřevu vzduchu nebo s dohřevem, pokud je nutno pokrývat tepelné ztráty objektu z jiných než vnitřních zdrojů.



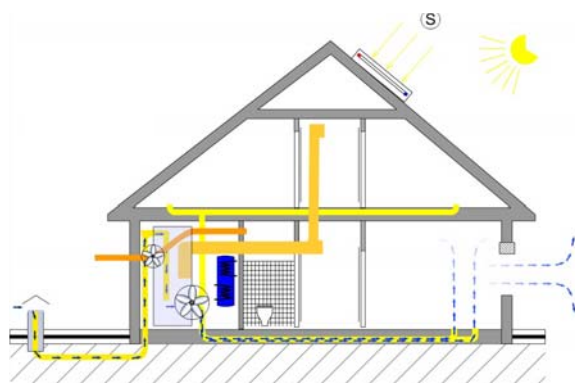
Obr. 1 Teplovzdušné vytápění a větrání s rekuperací – cirkulační a větrací režim



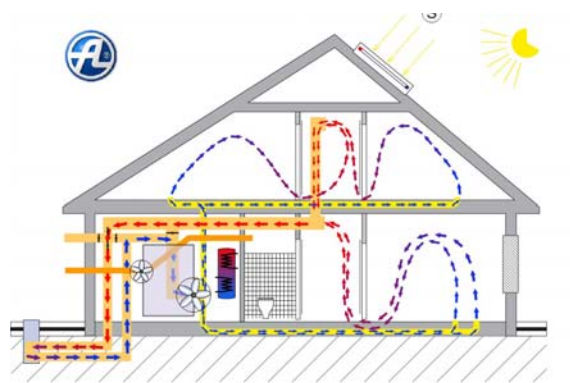
Obr. 2 Teplovzdušné vytápění a větrání s rekuperací – rovnotlaké větrání



Obr. 3 Teplovzdušné vytápění a větrání s rekuperací – cirkulační režim s ohřevem vzduchu – vytápění objektu



Obr. 4 Teplovzdušné vytápění a větrání s rekuperací – letní přetlakové chlazení jednoduchým zemním výměníkem



Obr. 5 Teplovzdušné vytápění a větrání s rekuperací – letní cirkulační chlazení dvourubkovým cirkulačním zemním výměníkem

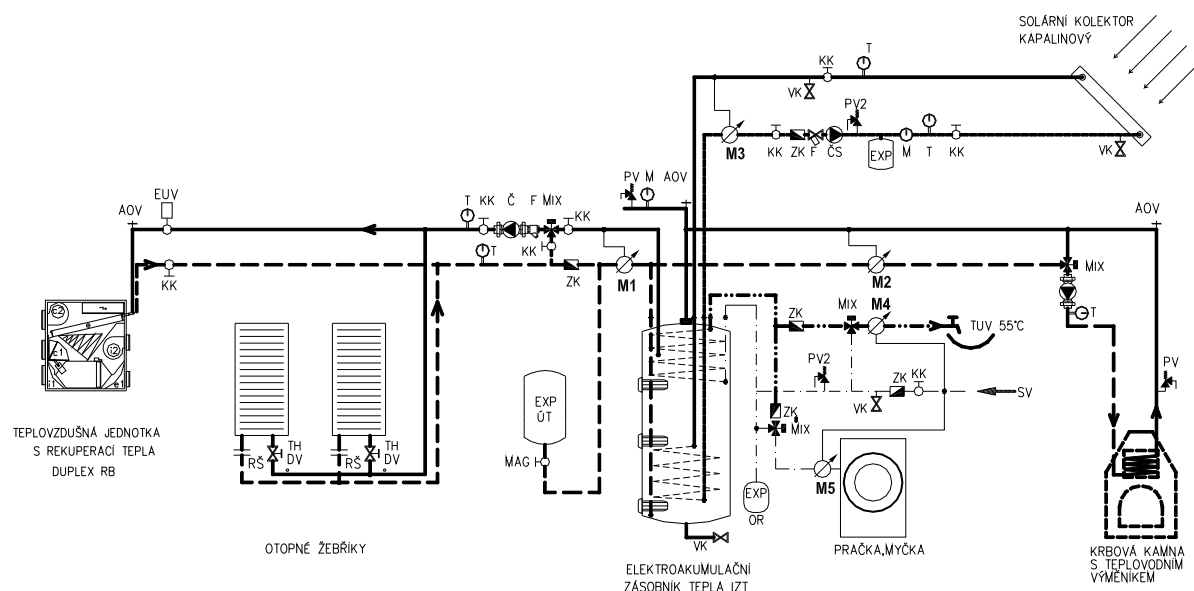
V letním období se používá především letní podtlakové odsávání vzduchu z koupelen, záchodů, kuchyně, kdy se vzduch do objektu dostává pootevřenými okny nebo při využití zemního výměníku se používá letní přetlakové či cirkulační chlazení.

Jako zdroj energie v Koberovských objektech jsou použity integrované zásobníky tepla IZT 615 (kapacita 615 l). Hlavní energií, která je akumulována v IZT je energie ze solárního

okruhu (jeho hlavní využití je především v letním období) a energie z krbových kamen na kusové dřevo s teplovodní vložkou (hlavní využití je naopak v zimním období). Záložním zdrojem na období, kdy nesvítí slunce a není zatopeno v krbových kamnech, je elektrická energie. IZT je zároveň elektrokotel. Topná voda z IZT 615 ohřívá teplovodní registr větrací jednotky a otopné žebříky v koupelnách. Průtočně ohřívána teplá voda proudí přímo do hygienických zařízení a dále přes samostatný termostatický ventil do myčky nádobí a pračky, kde zajišťuje další úsporu přímotopné elektrické energie.

Měření spotřeby energie a některých mikroklimatických parametrů

Podrobná dlouhodobá měření jsou prováděna na 4 domech, na ostatních domech jsou vyhodnocovány jen celkové spotřeby energií. U dvou vybraných domů je navíc prováděno další detailnější měření některých teplot, relativní vlhkosti, spotřeby TV atd. Pro měření dodané energie jsou použity měřicí kalorimetry Supercal 539, teplotní čidla PT 100, kombinované čidlo na teplotu a relativní vlhkost.



Obr. 6 Schéma zapojení energetického systému domu s osazenými kalorimetry – M1 až M5
umístění jednotlivých kalorimetrů v energetickém systému domu

Kalorimetrické počítadlo Supercal 539 je stanovené měřidlo, které slouží k vyhodnocení množství dodané nebo odebrané energie v otopných a chladicích systémech na základě vyhodnocení průtoku topné nebo chladicí látky a teploty média na přívodu a zpětném potrubí podle kalorimetrické rovnice. Supercal 539 je měřič tepla kompaktního provedení, který v jediném celku integruje tři části – průtokoměr s integrovaným teploměrným čidlem, teploměrné čidlo pro montáž v přívodu a kalorimetrické počítadlo s bateriovým napájením vybavené mnoha pokročilými funkcemi a možnostmi komunikace s nadřazenými systémy. Dále jsou prováděny odečty elektrické energie na patě domu a odečet na elektroměru IZT.



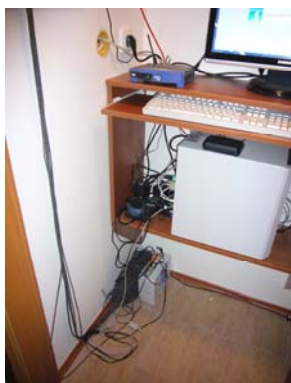
Obr.7 *Měření spotřeby elektrické energie na patě domu*



Obr.8 *Měření elektrické energie pro IZT*



Obr.9 *Kalorimetr Supercal 539*



Obr.10 *Počítačová ústředna pro archivaci dat*



Obr.11 *Měřicí ústředny MS Data logger a Delta Sol Regulus*



Obr.12 *Umístění kombinovaného čidla teploty prostoru a vlhkostního čidla*



Obr.13 *Umístění kombinovaného čidla teploty prostoru a vlhkostního čidla*

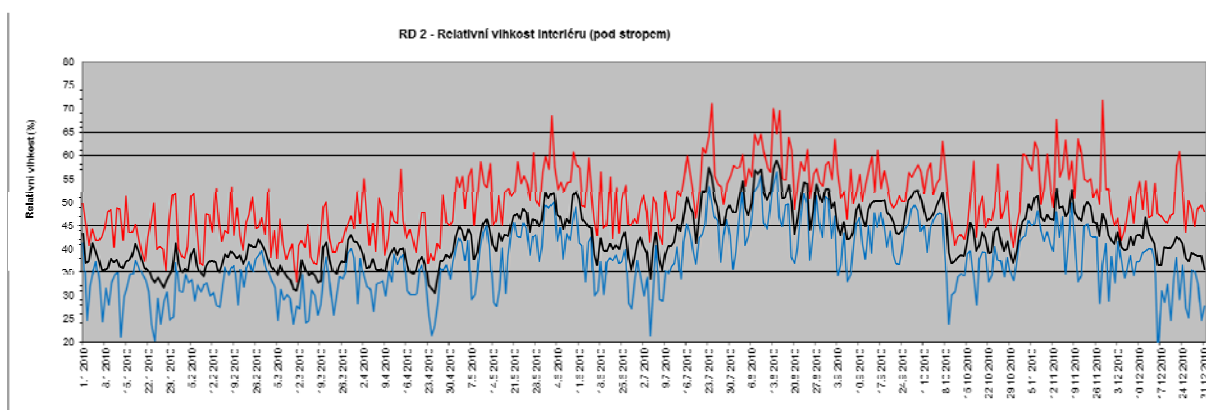
Jednotlivé měřené hodnoty jsou předávány v reálném čase (vždy po 10 minutách) pomocí wifi sítě do počítačové ústředny a je možno je následně vyhodnocovat. Měření spotřeby elektrické energie je prováděno osobním odečtem.

Měření a vyhodnocení některých mikroklimatických parametrů

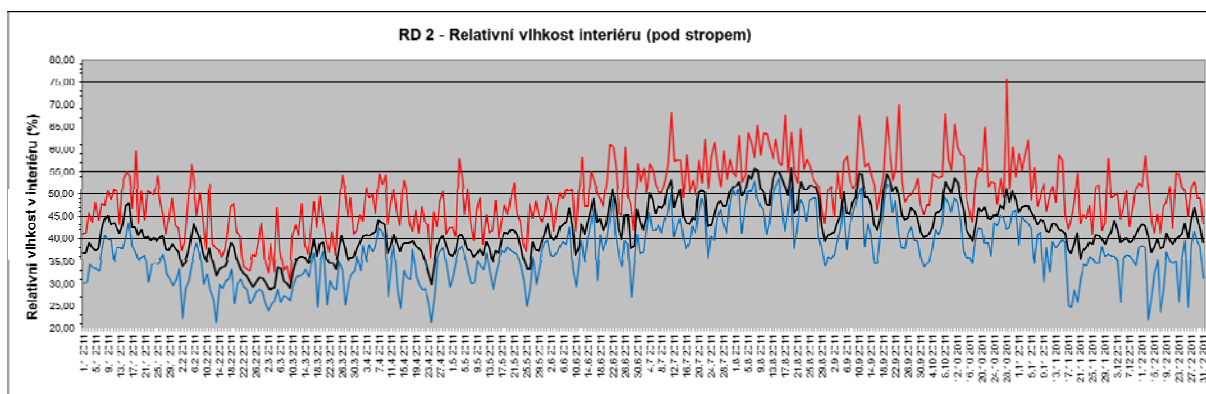
V následující části textu jsou ukázky grafů vyhodnocujících průměrné relativní vlhkosti v domě – grafy č. 1 a 2 a grafy vyhodnocující průměrné teploty v měřené místnosti – grafy č.3 a 4.

V příspěvku je kladen důraz hlavně na výskyt teplot vnitřního vzduchu nad 27 °C, což je hodnota stanovená v TNI 73 0329 – Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou spotřebou tepla na vytápění – rodinné domy a také v ČSN 73 0540-2, kde je dán tento požadavek na nevýrobní budovy s tím, že norma připouští u obytných budov překročení této hodnoty nejvíce o 2 °C na souvislou dobu nejvíce 2 hodin během normového dne, pokud s tím investor (stavebník, uživatel) souhlasí. Hodnocení místností se provádí bez započítání vnitřních zisků v místnosti.

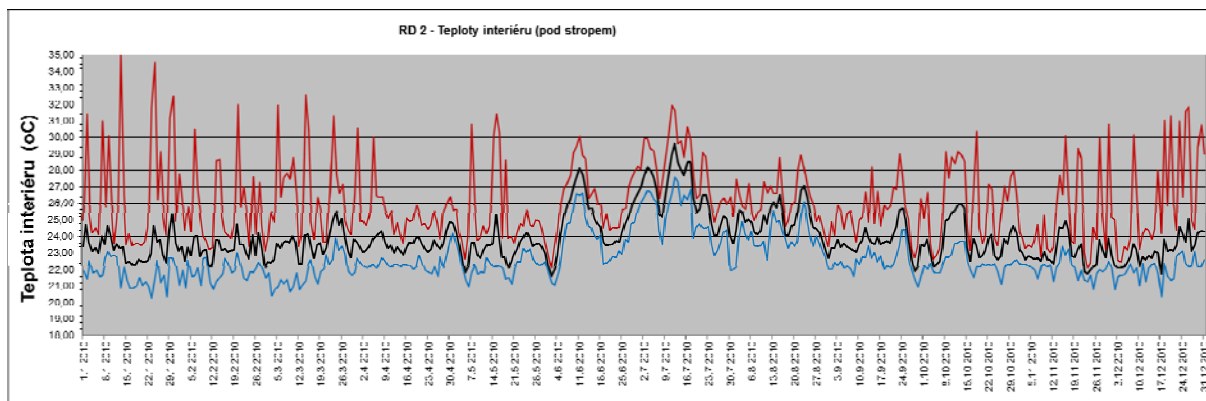
Graf 1 Graf průměrných (černá čára), maximálních toho dne (červená čára) a minimálních toho dne (modrá čára) relativních vlhkostí za rok 2010



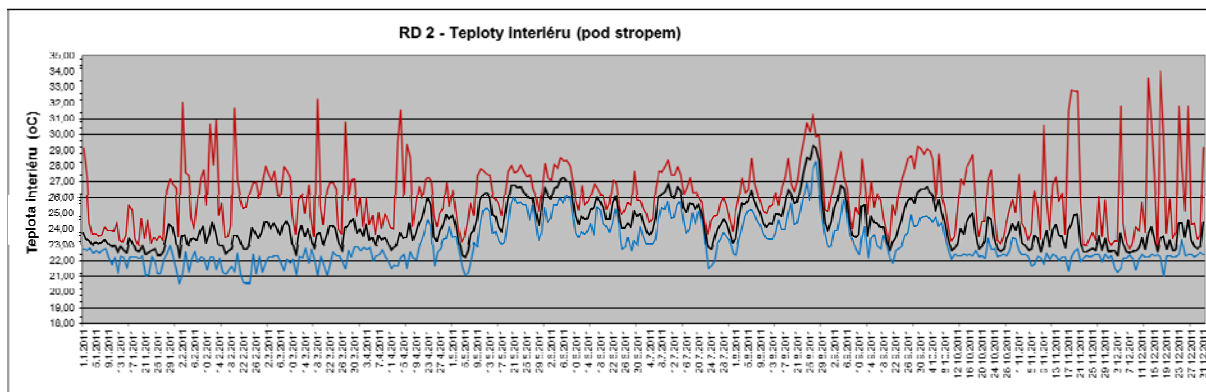
Graf 2 Graf průměrných (černá čára), maximálních toho dne (červená čára) a minimálních toho dne (modrá čára) relativních vlhkostí za rok 2011



Graf 3 Graf průměrných (černá čára), maximálních toho dne (červená čára) a minimálních toho dne (modrá čára) teplot za rok 2010



Graf 4 Graf průměrných (černá čára), maximálních toho dne (červená čára) a minimálních toho dne (modrá čára) teplot za rok 2011

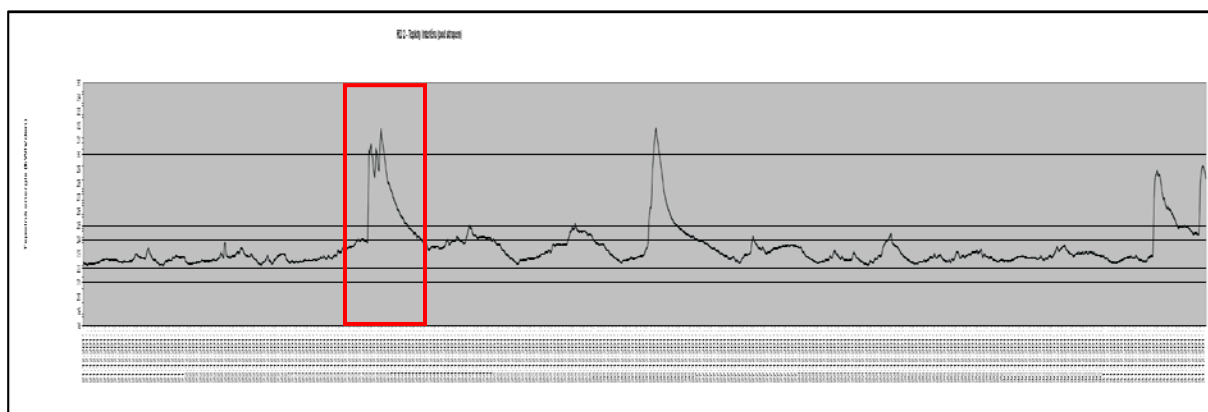


Z grafů 3 a 4 vyplývá překročení teplot nad sledovanou hodnotu 27 °C u průměrných teplot v roce 2010 třikrát, a to počátkem června, počátkem července a v polovině července. V roce 2011 to bylo pouze jedenkrát a to na konci srpna. U červených čar, což jsou křivky spojující maximální teploty daného dne, je toto překročení již vícečetné a mohlo by se zdát, že se jedná o poměrně významné překračování této normy. Podrobnějším vyhodnocením dokládající pak četnost výskytu časového překročení (k maximální teplotě mohlo dojít v daný den jen krátce nebo také na delší dobu) zjistíme celkové doby překračování těchto teplot. Uvedené je v tabulce č. 2 - Statistika výskytu teplot nad 27 °C. Z toho vyplývá, že k uvedeným překračování teplot dochází v průměru na 5-7 % roční doby.

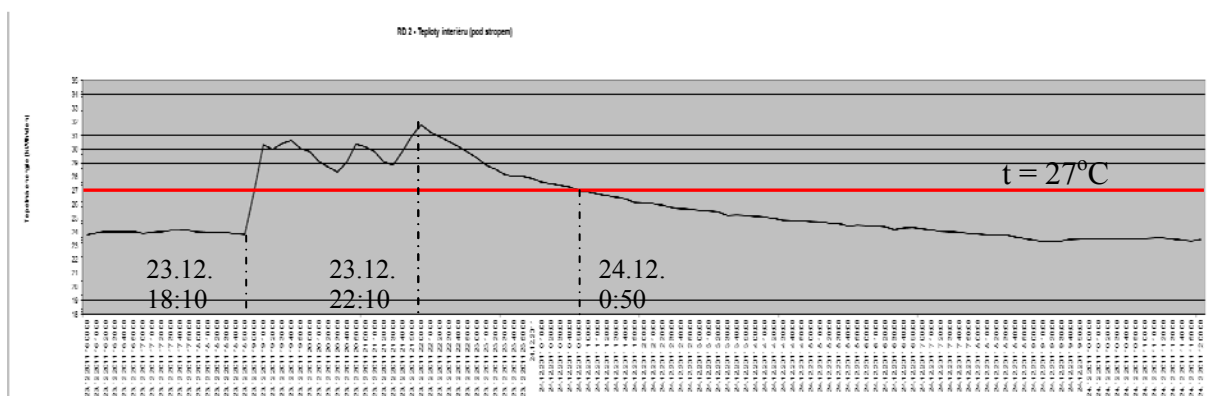
Dalším podrobnějším vyhodnocením je také spojitost s používáním krbových kamen, která mají celkový otopný výkon cca 10 kW, z toho cca 50 % dodávají do teplovodního výměníku (údaj výrobce). Zbytek tepla jde do prostoru obývacího pokoje. Bohužel vhodnější krbová kamna, v době kdy byly pořizovány, nebyly na trhu a lze konstatovat, že do dnešního dne není na trhu mnoho krbových kamen vhodných do pasivních domů - viz grafy č. 5 až 7.

Porovnáním grafů 6 a 7 vidíme jasně ovlivnění vnitřní teploty působením krbových kamen a následné udržení teploty v domě díky izolaci vlastního domu. Zisk krbových kamen dne 23.12.2011 je 5,2 kW, tzn., že i ohřátí prostoru jež má reálnou tepelnou ztrátu cca 700 W proběhlo díky příkonu 5,5 kW po dobu cca 4 hodin. Pro budoucí hodnocení bude ještě nutno eliminovat tyto vnitřní tepelné zisky od krbových kamen, což způsobí příznivější hodnocení z hlediska procentuální celkové doby přehřívání prostoru, které je v této chvíli na úrovni v průměru na 5-7 % roční doby. Do doby napsání příspěvku toto nebylo zhotoveno.

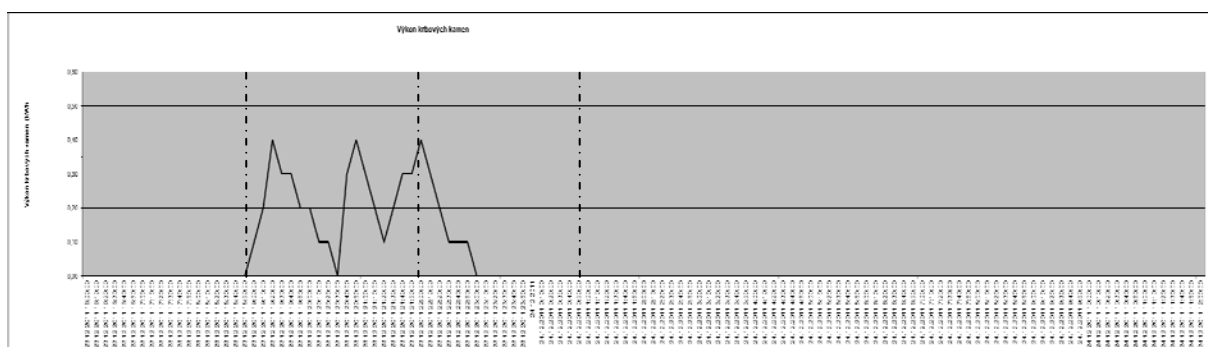
Graf 5 Graf teplot za období 21.12. do 31.12.2011



Graf 6 Graf teplot za období 23.12.2011 16:00 hod do 24.12.2011 12:00 hod – viz vyznačení v grafu č.5



Graf 7 Graf výkonu krbových kamen za období 23.12.2011 16:00 hod do 24.12.2011 12:00 hod

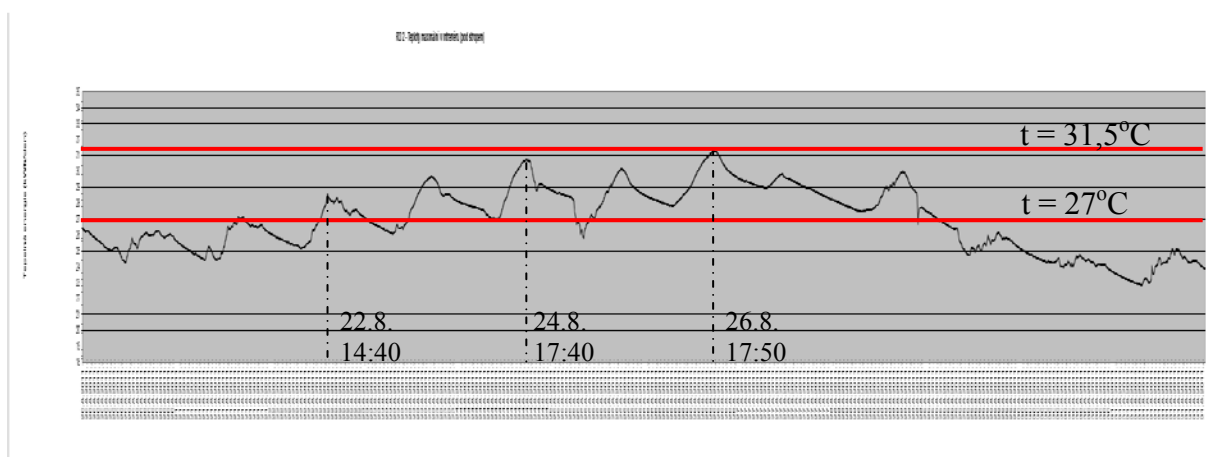


Dalším vlivem, který jistě ovlivňuje hodnocení teplot nad 27 °C, je i umístění čidla teploty a relativní vlhkosti, což dokumentují snímky č.12 a 13. Vzhledem k tomu, že při instalaci čidla byl i požadavek, aby čidlo zbytečně nenarušovalo svým umístěním pobytovou místnost, byla zvolena poloha pod stropem místnosti ve výšce 2,5 m nad podlahou. Občasným porovnáním s teplotou ve výšce 1,5 m nad podlahou je možno konstatovat, že pod stropem místnosti je průměrně o cca 0,5 – 0,8 °C vyšší teplota což odpovídá této poloze. Tento fakt by v konečném hodnocení četnosti výskytu teplot nad 27 °C vedl ke snížení této četnosti. Pozorováním a dalším občasným porovnáním v době, kdy jsou používána krbová kamna, je možno konstatovat, že v době používání krbových kamen je rozdíl teplot pod stropem místnosti a ve výšce 1,5 m podstatně vyšší a neřídka dosahuje rozdíl i 5 – 8 °C. To taky vysvětluje i podstatně vyšší naměřené maximální teploty, které občas dosáhly hodnot 32 – 35 °C.

Z osobních a subjektivních pocitů při používání krbových kamen lze při takto předimenzovaných kamnech v dané místnosti vydržet. V místech cca 3 m od krbových kamen u sedací soupravy byly teploty kolem 25 max. 26 °C. Při rozumném používání takovýchto kamen (ne dlouhodobě), může být přijatelné mikroklima v pobytové místnosti. V každém případě bude jistě dobré, aby se pro budoucnost zvýšila nabídka dalších typů krbových kamen malých výkonů, nebo kamen, které co největší část energie předají do akumulčního zásobníku pro další využití a v pobytových místnostech zachovají co nejpříjemnější teplotní mikroklima.

Obdobně jako jsme posuzovali občasné zimní přehřívání prostoru je možno posuzovat i letní přehřívání. Při tomto hodnocení není rozdíl mezi teploměrem pod stropem místnosti a teplotou ve výšce 1,5 m nad podlahou velký (do 1 °C) a proto je možno měřené teploty považovat za kopírující venkovní klima. Zisky okenními výplněmi je minimální z důvodu přesahu střechy. Nárůst teploty je tedy nutno přičítat větracímu vzduchu pomocí větrání okny, případně vnitřním tepelným ziskům, v tomto případě nejvíce z vaření. V letním období není vzduchotechnika využívána, je využíván pouze větrací režim při využívání koupelen, záchodů a při vaření v kuchyni. Po většinu letního období je větráno běžně okny.

Graf 8 Graf teplot za období 20.8.2011 0:00 hod do 31.8.2011 24:00 hod



Graf č. 8 ukazuje teploty v místnosti za uvedené období a tento nárůst teplot je možno přičíst postupnému extrémnímu počasí v uvedeném období zejména venkovním teplotám. Extrémní počasí je dokladováno i meteorologickým měřením – viz tabulka č.3.

ZÁVĚR

Přestože dochází k občasnému výskytu teplot vnitřního vzduchu, není využíván v domě instalovaný cirkulační zemní výměník tepla k vylepšení teplotní bilance. Bohužel došlo k jeho poškození a dochází pravidelně k jeho zaplavití spodní vodou. Z tohoto důvodu se vůbec nevyužívá. Proto je možno považovat výskyt teplot nad 27 °C ve sledovaném období za přijatelný, zvláště pokud uvažíme, že dosud nebyly odečteny doby výskytu zvýšených teplot z důvodů občasného využívání krbových kamen.

Z hlediska osobního subjektivního posuzování kvality bydlení a kvality mikroklimatu v budově, nezávisle na všech měřeních, od všech bydlících v budově převyšuje naprosto kladné hodnocení. Jistě do budoucna bude co zlepšovat v návrzích budov, v nabídce dodavatelských firem (zejména jde o nabídku kvalitních cenově přijatelných krbových kamen vhodných pro nízkoenergetické a pasivní domy) ale i přesto můžeme kladně hodnotit prvotní pilotní výstavbu souboru pasivních domů v Koberovech na bázi dřevostaveb.

Tab. 1 Statistika spotřeb tepelné energie v domě a zisku z krbových kamen. Z tabulky vyplývá rovněž četnost používání topného systému i krbových kamen v roce.

	Počet dní	Otopný systém				Otopný zisk z krbu			
		Počet dnů využití	ø spotřeba na den	ø spotřeba na den když se topí	Max. denní spotřeba	Počet dnů využití	ø denní zisk	ø zisk na den když je krb v činnosti	Max. denní zisk
	-	-	kWhod	kWhod	kWhod	-	kWhod	kWhod	kWhod
od počátku	1362	644	3,38	6,19	34,72	194	0,66	3,98	13,61
2008	196	86	3,76	8,54	25,83	56	1,41	4,91	13,61
2009	365	162	4,63	7,28	34,72	72	1,16	3,97	11,90
2010	365	220	3,18	5,28	19,40	42	0,34	2,95	6,60
2011	365	176	2,49	5,17	16,40	24	0,24	3,68	7,60
2012	71	71	7,61	7,61	18,80	16	0,84	3,74	7,10

Tab. 2 Statistika výskytu teplot nad 27 °C. Z uvedeného výskytu zatím nejsou odečteny dny, kdy došlo k překročení těchto teplot vlivem používání krbových kamen.

	Počet dní	Počet hodin s teplotou nad 27 °C	% z roku
od počátku	1362	2 223,67	6,80
2008	196	478,00	10,16
2009	365	405,00	4,62
2010	365	650,50	7,43
2011	365	596,50	6,81
2012	71	93,67	5,50

Tab. 3 Tabulka meteorologické stanice – hodnoty venkovních teplot

Datum	Maximální denní teploty (°C)	Minimální denní teploty (°C)
20/08/2011	22.3	9
21/08/2011	25.1	10.5
22/08/2011	27.5	15.5
23/08/2011	29	12.9
24/08/2011	32.1	19.9
25/08/2011	26.8	16.1
26/08/2011	30.5	14.6
27/08/2011	24.4	11.3
28/08/2011	19	10.2
29/08/2011	20.8	9.2
30/08/2011	17.1	6.3
31/08/2011	18.8	4.5



VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE BUDOV S TÉMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE

Vladimír Zmrhal, František Drkal

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí

Vladimir.Zmrhal@fs.cvut.cz

ANOTACE

Směrnice Evropského parlamentu a Rady o energetické náročnosti budov z roku 2010 ukládá členským státům Evropské unie mj. za povinnost, aby nové budovy od roku 2018 (veřejné budovy) resp. 2020 (všechny budovy) byly budovami s téměř nulovou spotřebou energie. Uvedená skutečnost se týká prakticky všech technických systémů budov. Článek prezentuje možnosti řešení větrání a klimatizace ve zmíněných budovách a předkládá úvahy o možném vývoji odvětví s ohledem na požadavek snižování spotřeby energie.

ÚVOD

Podle dostupných údajů [5] činí spotřeba energie v budovách v celosvětovém měřítku cca 24 %, ve vyspělých státech (USA, EU) pak dokonce 40 % z celkové spotřeby energie (údaj z roku 2004, který se postupně snižuje). Tlak vytvářený Evropskou unií na snižování spotřeby energie v budovách, vyústil ve vydání Směrnice evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov [8]. Snižování spotřeby energie se samozřejmě týká i systémů, které slouží k úpravě tepelně-vlhkostního stavu prostředí (vytápění, větrání, příp. klimatizace). V této souvislosti je nutné připomenout, že i v nulových budovách bude nutné primárně udržet požadovanou kvalitu vnitřního prostředí.

Na základě práce [8], resp. [1] lze nulové budovy rozdělit do tří kategorií. První dvě kategorie představují tzv. energeticky efektivní budovy.

1) Autonomní budova (Zero Energy Building - ZEB)

Jedná se o budovu, která není napojena na veřejné energetické síť. Spotřeba energií je zcela pokryta vlastní energetickou produkcí plně založenou na místně dostupných obnovitelných zdrojích [8].

2) Bilančně nulová budova (Net Zero Energy Building - nZEB)

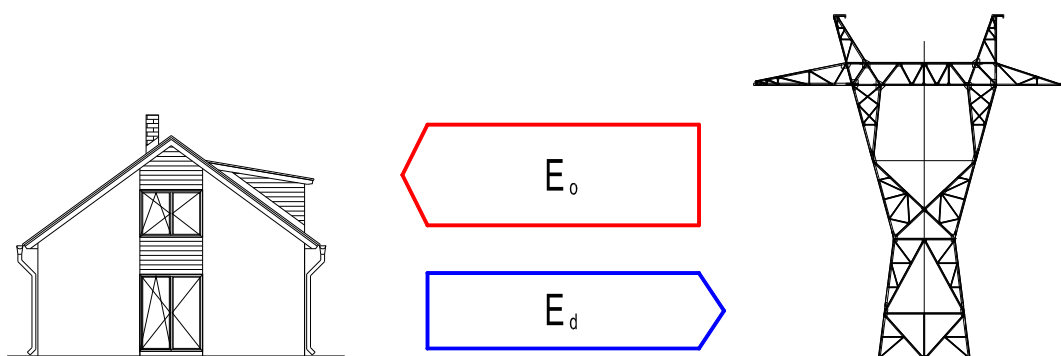
Je to budova, která je napojena na veřejné energetické síť. Její spotřeba energie je v roční bilanci vyrovnána vlastní energetickou produkcí z obnovitelných zdrojů, přičemž část produkce je dodávána do veřejných energetických sítí. V době, kdy vlastní zdroje jsou nedostačující, je energie z veřejné sítě odebírána. V roční bilanci je množství odebrané a dodané energie rovno nule [8].

3) Budova s téměř nulovou spotřebou energie (Nearly Net Zero Energy Building - nnZEB)

Jedná se o nulovou budovu, jejíž roční bilance primární energie PE , která se hodnotí na základě energie odebrané a dodané z/do veřejné sítě, se blíží nule [2]

$$\sum_i (E_{o,i} F_{o,i}) - \sum_i (E_{d,i} F_{d,i}) < \Delta PE \quad (\text{kWh/rok}) \quad (1)$$

Konverzní faktory F a hodnoty ΔPE jsou definovány na národní úrovni jednotlivých členských států unie [12].



Obr. 1 Schématické znázornění energie odebrané a dodané z/do veřejné sítě

Z hlediska stavebního řešení a technických zařízení by měly nulové budovy odpovídat standardu pasivní budovy v ČR (mezi odbornou veřejností nepanuje v tomto ohledu názorová shoda). Hranice pro hodnocení pasivních budov je dána měrnou potřebou tepla na vytápění, která nemá přesáhnout 20 resp. 15 kWh/m² za rok pro rodinné, resp. bytové budovy a 30 kWh/m² za rok pro budovy nebytové [12]. Pro hodnocení nulových budov se však uvažují prakticky veškeré energie potřebné pro provoz energetických systémů budov vč. vytápění, větrání, klimatizace, ohřevu TV, osvětlení příp. elektrických spotřebičů (úroveň A nebo B [12]).

Z uvedených úvodních poznatků je zřejmé, že hlavní důraz při stavbě budov nové generace bude kladen na snižování potřeby energie. I když ani v tomto ohledu nepanuje názorová shoda, mělo by být dosaženo ekonomicky optimálního řešení. V druhé řadě pak bude snaha pokrýt podstatnou část potřeby z obnovitelných (alternativních) zdrojů energie, nebo část vyráběné energie dodávat do sítě.

VĚTRÁNÍ

Nedílnou součástí nulových budov (stejně jako pasivních) bude řízené větrání se zpětným získáváním tepla. Lze předpokládat, že se v těchto budovách bude uplatňovat větrání řízené podle potřeby (DCV - Demand Control Ventilation). Větrací zařízení bude vybavované ventilátory s možností změny otáček, které zajistí požadovaný průtok a odpovídající kvalitu vnitřního vzduchu. Regulace ventilátorů bude realizována na základě čidel kvality vzduchu (CO₂, vlhkosti, nebo VOC). U náročnějších systémů bude možné uzavřít přívod vzduchu (s možností zachování minimálního průtoku vzduchu) do místností, které nejsou užívány. Ventilátory, vybavené snímačem tlakové difference, reagují na změny statického tlaku v potrubí změnou otáček. Zatímco v obytných budovách a shromažďovacích prostorách je takový systém dnes téměř běžný, např. v administrativních budovách se bude jednat o zcela nové pojetí řešení větracího systému, vč. měření a regulace. V žádném případě to však neznamena, že nebude možné otevřít v nulové budově okna, pouze je snaha zabránit neřízenému větrání zejména v zimním období. Otevíratelná okna mohou hrát svou roli např. při úspoře energie na chlazení. V době, kdy bude teplota venkovního vzduchu nižší než teplota vzduchu v místnosti, bude možné venkovní vzduch využít pro odvod tepelné zátěže (např. noční větrání). To bude vyžadovat automatické ovládání oken v závislosti na venkovních a vnitřních klimatických podmínkách.

Potřebu tepla na ohřev větracího vzduchu pokrývá z velké části výměník zpětného získávání tepla (ZZT) umístěný ve větrací jednotce. Vzhledem k tomu, že se stále zvyšují kvalitativní nároky na tepelnou ochranu budov [12] (prostup tepla), bude potřeba energie na ohřev větracího vzduchu v budoucnu zřejmě dominovat.

V nulových domech bude kladen zvýšený důraz na minimalizaci spotřeby elektrické energie. U větracích systémů tvoří tuto spotřebu převážně ventilátory větracích jednotek. S ohledem na relativně nízkou účinnost malých lokálních ventilátorů se dá předpokládat snaha o používání centrálních větracích systémů zejména pro bytové domy a administrativní budovy, kde je to běžné. U rodinných domů dominují systémy malé (lokální i centrální) a bude tedy záležet na kvalitě použitých výrobků, resp. ventilátorů a pohonů.

Ve zmíněných souvislostech lze předpokládat, že bude kladen tlak i na výrobce větracích zařízení. V první řadě budou výrobci nuceni důsledně dokládat ve svých podkladech výkonové charakteristiky. Jedná se zejména o příkonové charakteristiky ventilátorů $P = f(V)$ pro všechny rozsahy otáček, nebo hodnoty měrného příkonu ventilátorů SFP opět v závislosti na objemovém průtoku vzduchu V . Dále pak závislosti teplotního faktoru (účinnosti) ZZT na průtoku vzduchu a podmínkách měření (zpravidla se stanovuje při rovnotlakých podmínkách). Výrobci, kteří budou udávat např. jedinou hodnotu teplotního faktoru ZZT bez udání bližších údajů, jak je dnes zcela běžné, nebude možné důvěřovat. Takové výrobky budou pro stavebníky nezajímavé, neboť nebude možné vyhodnotit celoroční bilanci budovy. Rovněž lze předpokládat, že výrobci větracích a klimatizačních zařízení budou nuceni své výrobky vybavovat energetickými štítky takovými, jaké známe např. z domácích spotřebičů.

Poznámka: Z energetických důvodů bude účelné pokračovat v hodnocení energetické efektivity celých větracích systémů. Např. hybridní větrání, které bylo navrženo s ohledem na úsporu energie potřebné pro dopravu vzduchu, prakticky neumožňuje využití ZZT .

KLIMATIZACE A CHLAZENÍ

Stavební řešení a vybavení

Stavební objekt musí být navržen tak, aby potřeba energie na chlazení byla minimální. Zatímco u obytných budov lze stavebním řešením potřebu energie na chlazení eliminovat, neboť vnitřní tepelná zátěž je minimální, u nebytových (např. administrativních budov) je situace poněkud odlišná. V takových budovách se na celkové tepelné zátěži výraznou měrou podílejí vnitřní tepelné zisky (od osob, elektronického vybavení, osvětlení apod.), které je většinou nutné odvádět strojním chlazením. Na pracoviště je navíc nutné přivádět hygienický průtok venkovního vzduchu, což se většinou realizuje nuceným způsobem s možností regulace (viz předchozí odstavec). Takový průtok je nutné v letním období rovněž chladit z důvodu odvodu snížení tepelné zátěže větracím vzduchem i požadavku na případné odvlhčení.

Z hlediska stavebního řešení objektu se tedy jedná především o snížení tepelných zisků od oslunění v podobě použití stínících prvků, využití okolní zeleně, vodních ploch, apod.). Stínění v podobě přesahů střech, nebo horizontálních stínících prvků je metoda dnes běžná, nicméně účinek je omezený na dobu, kdy je slunce vysoko nad obzorem. Z tohoto pohledu je nejúčinnější metodou stínění venkovními žaluziemi, samozřejmě s ohledem na přístup denního osvětlení.

Snižování vnitřních tepelných zisků je poněkud problematické. V současnosti je snaha používat zejména úsporné osvětlení zářivkovými nebo LED svítidly. Ke snížení potřeby energie by rovněž napomohlo řízené umělé osvětlení. Výkony osobních počítačů neustále rostou, nicméně i v této oblasti byl učiněn značný pokrok. Příkladem je např. masivní používání LCD monitorů.

Na snížení potřeby chladu se rovněž podílí stavební konstrukce, které jsou schopny akumulovat tepelnou energii (akumulační schopnost budovy). Takovými konstrukcemi jsou zejména těžké stavební konstrukce jako např. betonová podlaha nebo strop, ovšem na

akumulaci se mohou podílet i vnitřní přičky, venkovní stěny nebo vybavení místností. Výhodné je rovněž použití speciálních materiálů s fázovou přeměnou (PCM), při vhodné zvolené teplotě. U lehkých obytných budov bez chlazení, kde je akumulační schopnost minimální, nastávají problémy s udržením teplotních podmínek během letních měsíců.

Metody výpočtu tepelné zátěže

Z pohledu návrhu klimatizačního zařízení, ale i výpočtu potřeby energie na chlazení bude nutné používat co možná nejpresnější, zároveň však dostupné výpočetní metody. V tomto ohledu se dá předpokládat zejména zpřesnění výpočtu tepelné zátěže. Současný výpočet používaný v ČR pro dimenzování klimatizačních zařízení [13] z roku 1985 je zejména v oblasti výpočtu akumulace tepla do stavebních konstrukcí překonaný. U pasivních a nulových budov, kde je tepelná ztráta prostupem minimalizována, vyvolává působení tepelných zisků výrazné změny vnitřní teploty a i z tohoto důvodu je žádoucí co možná nejpresnější stanovení tepelných zisků během dne.

V případě stavebně a systémově složitých budov lze pro energetickou bilanci objektu s výhodou využít některý z energetických simulačních programů, které pracují s konkrétními klimatickými daty a umožňují roční bilanční výpočet v hodinových a kratších intervalech.

Klimatizační systémy

Jak již bylo uvedeno, potřebu energie na chlazení bude v nulových budovách žádoucí snížit na minimum. Některé budovy se však bez chlazení neobejdou a zajištění optimálních parametrů tepelného komfortu pracujících osob, zejména v administrativních budovách, je dnes samozřejmý standard.

Nedílnou součástí klimatizačních zařízení je větrání s řízenou úpravou venkovního vzduchu. Běžnou praxí v případě chlazení venkovního vzduchu je použití tzv. "ostré vody", tedy vody o konstantní nízké teplotě (např. 6/12 °C) s tím, že regulace výkonu je kvantitativní (změnou průtoku). Takové uspořádání je sice jednoduché, ale opět vede k plýtvání energií. K odvlhčování venkovního vzduchu by mělo docházet tehdy, pokud je to nezbytně nutné, tj. při extrémních letních klimatických podmínkách (kdy je vysoká měrná vlhkost venkovního vzduchu), resp. při nutnosti odvádět vlhkostní zátěž prostoru venkovním vzduchem. V případě, že není nutné venkovní vzduch odvlhčovat, je možné zvýšit teplotu chladicí vody (např. směřováním s vratnou vodou). Tím se jednak zabrání kondenzaci na povrchu chladiče a zároveň je možné chladicí zařízení provozovat efektivněji (vyšší chladicí faktory *EER*).

Co se týče vícezónových klimatizačních systémů s vnitřními jednotkami pro konečnou úpravu stavu vzduchu v místnosti, lze očekávat prosazování vysokoteplotních systémů, kdy nedochází ke kondenzaci vlhkosti na povrchu teplosměnné plochy výměníků tepla a tudíž ke zvýšené potřebě energie na chlazení. Mezi takové patří zejména sálavé chladicí systémy, které jsou výhodné rovněž z hlediska samoregulační schopnosti a možnosti udržovat v prostoru vyšší teplotu vzduchu [10] při udržení úrovně tepelného komfortu. Vzhledem k tomu, že potřeba energie na chlazení (tepelná zátěž) se bude muset snižovat, bude omezený výkon sálavých chladicích systémů, který činí u uzavřených konstrukcí cca 80 W/m², plně postačovat k odvedení tepelné zátěže. Problémem může být odvod vázaného tepla, které musí být v takovém případě odváděno větracím vzduchem.

ZDROJE CHLADU

Zdroje chladu se hodnotí na základě chladicího faktoru *EER*, který je definován jako poměr mezi chladicím výkonem a příkonem zařízení. Současně je však nutné věnovat pozornost i náročnosti chlazení na spotřebu primární energie, kterou vyjadřuje faktor využití primární energie *PER*, který porovnává zdroje chladu z hlediska zdroje energie pro jejich pohon.

V tomto ohledu jsou elektricky poháněná zařízení v nevýhodě, kterou je nutné kompenzovat. S výhodou pak lze při výrobě chladu využívat akumulaci. Pokud chladicí zařízení není vybaveno akumulací chladu, musí být navrženo na maximální požadovaný chladicí výkon [7]. Naopak s akumulací jsou maximální výkony kryty z akumulčního zásobníku a instalovaný výkon zařízení může být výrazně nižší. Provoz zařízení lze přesunout do doby, kdy je energeticky efektivnější.

Kompresorové chladicí zařízení

Kompresorové chladicí zařízení s parním oběhem představuje v dnešní době nejčastější způsob výroby chladu. Obecně platí, že chladicí faktor roste s přibližováním výparné a kondenzační teploty. Výhodné jsou proto vyšší teploty chladicí vody a nižší teploty látek odvádějící teplo z kondenzátoru (nejčastěji vzduch). Z uvedených důvodů je energeticky efektivní využívat systémy vysokoteplotního chlazení (např. sálavé chladicí systémy) a využívat akumulaci chladu při provozu chladicího zařízení převážně v noci.

Sorpční chlazení

Sorpční chladicí zařízení využívají rovněž princip parního oběhu, avšak namísto kompresoru využívají pro zvýšení tlaku a teploty proces sorpce a desorpce chladiva v pracovní látce - sorbentu [6]. Pohonnou energií sorpčního oběhu je tepelná energie, kterou lze přivádět buď přímo (spalováním paliva), nebo nepřímo, přes teplosměnné plochy ohřívané teplotněnou látkou. Využití teplem poháněných chladicích zařízení je výhodné zejména tam, kde je k dispozici jinak nevyužitelné odpadní teplo (např. z kogenerace), nebo obnovitelný zdroj tepla (např. solární teplo, spalování biomasy). Typickým příkladem je systém trigenerace pro kombinovanou výrobu tepla, chladu a elektrické energie.

Je zřejmé, že podobné systémy bude nutné provozovat s možností akumulace chladu. Výhodou zařízení pro solární chlazení je pak skutečnost, že jejich výkon v průběhu roku téměř kopíruje potřebu chladu, resp. tepelnou zátěž z venkovního prostředí (u budov s významným podílem zasklení).

Nízkoenergetické chlazení

Noční větrání

Principem nočního větrání je předchlazení akumulční hmoty budovy v nočních hodinách pro odvod tepelné zátěže v průběhu dne. Předpokladem použití nočního větrání je:

- nízká teplota venkovního vzduchu,
- dostatečná akumulční hmota budovy,
- dobrá provětratelnost budovy.

Z hlediska teploty vzduchu jsou podmínky v ČR příznivé. Minimální noční teploty v letním období se pohybují pod 15 °C resp. 18 °C (extrémně teplé roky). Pro akumulaci tepla v budovách se uplatňuje pouze povrchová vrstva akumulčních konstrukcí do 10 cm, nebo materiály na bázi PCM (viz výše). Noční větrání může být přirozené nebo nucené. Přirozené větrání sice nespotřebovává elektrickou energii, ale pro jeho správnou funkci musí být přizpůsobena celá koncepce budovy vč. zajištění přístupu větracího vzduchu k akumulční hmotě budovy. Při nuceném větrání slouží k dopravě venkovního vzduchu ventilátory. Při takovém způsobu odvodu tepelné zátěže je nutné analyzovat spotřebu elektrické energie pro pohon ventilátorů, která může být při nevhodném provozu vyšší, než spotřeba energie strojního chlazení při srovnatelném odvodu tepelné zátěže. Z tohoto pohledu je nutné důkladně optimalizovat systém větrání, provedení a provoz konkrétní budovy z pohledu doby nočního větrání, intenzity větrání a regulace.

Noční větrání je vhodné např. pro nulové administrativní budovy, kde je podíl vnějších tepelných zisků (zejména od oslunění) výrazně potlačen např. stíněním. Nehodí se pro prostory s vysokým nárokem na dodržení teploty vnitřního vzduchu.

Noční radiační chlazení

Radiační chlazení, tj. sálání povrchů těles vůči výrazně chladnější obloze za jasné noci, lze využívat zejména pro některé technologické prvky, jakými jsou např. nezasklené tepelné kolektory, které ve dne energii získávají pro účely ohřevu a v noci cíleně energii odvádí pro účely chlazení. Akumulovaný chlad lze použít pro případné vysokoteplotní chlazení během dne. Podmínkou správné funkce je vysoká emisivita povrchu, nízká noční teplota oblohy (jasno) a omezení proudění okolního vzduchu. Měrný výkon může být cca 40 až 50 W/m² plochy kolektoru.

Adiabatické chlazení

Mezi nízkoenergetické chlazení patří rovněž adiabatické (odpařovací) chlazení, jehož principem je snižování teploty vzduchu rozprašováním, odparem přiváděné vody za současného nárůstu měrné vlhkosti. Adiabatické chlazení může být přímé (chlazení vzduchu přímým odpařováním vody rozstříkované do vzduchu) nebo nepřímé (chlazení sekundárního vzduchu, nebo vody přes teplosměnnou plochu), jehož výhodou je, že měrná vlhkost primárního (přiváděného vzduchu) se nemění. Potenciál adiabatického chlazení je dán rozdílem teploty vzduchu a teploty mezního adiabatického ochlazování (teplota mokrého teploměru). Adiabatické chlazení je vhodné především pro budovy s nízkou úrovní tepelné zátěže [4]. Nevýhodou vodních praček je samozřejmě nutnost vodního hospodářství a riziko množení bakterií, proto je výhodnější využívat zařízení (trysky) pro rozprašování vody, kdy dojde ke 100% odpaření vody. Využití přímého adiabatického chlazení v budovách je tedy určitým způsobem omezené, proto se dá předpokládat využívání nepřímého adiabatického chlazení zejména pro vysokoteplotní chladicí systémy.

Využití zemského polomasivu - zemní výměníky

Zemní výměník je potrubní síť uložená v dostatečné hloubce pod povrchem terénu. Teplonosnou látkou může být vzduch nebo voda. Trvalý výkon zemních výměníků je poměrně nízký a určuje ho zejména délka uloženého potrubí, průměr potrubí, hloubka a rozteč uložení. U vzduchových výměníků nemá jeho prodlužování (nad 35 m) zásadní vliv na výkon a doporučuje se rozdělit výměník na paralelní větve. Zemní výměník je vhodné po určité době zregenerovat, aby byl schopen dalšího provozu. Při provozu vzduchového výměníku je důležité zabránit růstu mikroorganismů tak, aby byla zachována hygienická nezávadnost přiváděného vzduchu. Bližší informace o vzduchových výměnících lze nalézt v literatuře [3].

Pokud je k dispozici, lze pro účely chlazení v letních měsících s výhodou využít zemního výměníku tepelného čerpadla země-voda. Zdroj nízkopotenciálního tepla je pak zároveň zdrojem chladu, navíc lze výhodně regenerovat zemní výměník, tím prodloužit jeho životnost a zvýšit provozní účinnost přečerpávání tepla.

Využití spodní vody

Vzhledem k celoročně stálé teplotě zemského polomasivu lze pro chlazení s výhodou využít spodní vodu z hloubky větší než 5 m. Pro čerpání je nutné mít k dispozici čerpací studny, příp. vrty s požadovanou vydatností, která se ověřuje čerpací zkouškou. Spodní voda předává chlad přes rozebíratelný výměník tepla pro zamezení znehodnocení soustavy rozvodů chladu. Ohřátá voda se vrací zpět do podloží prostřednictvím vsakovací studny.

Využití vodních toků

Pro chlazení lze využívat i vodu z vodních toků, ať už přímo nebo nepřímo. Zde je nutné zamezit nevhodnému zvýšení teploty vodního toku, které může způsobovat problémy živočichům nebo rostlinným druhům. V tomto ohledu je nutné pečlivě zvažovat možná rizika provozu a je nutná dohoda s vodohospodáři a orgánem ochrany životního prostředí, což jsou často nepřekonatelné překážky.

MĚŘENÍ A REGULACE

Podstatnou roli z hlediska provozu nulových budov bude hrát systém měření a regulace (MaR). V praxi se budou prosazovat pokročilé soustavy řízení, které dokáží vyhodnotit aktuální energetické potřeby (např. prediktivní řízení, nelineární regulátory, apod.) s ohledem na tvorbu vnitřního prostředí. Pro větší výkony chladicích a klimatizačních zařízení se doporučuje pokročilé monitorování provozu se zaznamenáváním spotřeb energií tak, aby bylo možné zařízení optimalizovat a provozovat efektivně.

ZÁVĚR

Názory na téměř nulové budovy se značně liší. Většinový názor poukazuje na nutnost snižování potřeby energie. V každém případě je vývoj po roce 2018 obtížné předpovídat. Prezentovaný článek pojednává o souvislostech s předpokládaným vývojem výstavby budov z hlediska profese větrání a klimatizace. I když se jedná o shrnutí obecně známých metod, je nutné o možných dopadech minimálně uvažovat. Článek hodnotí systémy komfortní a nezabývá se možnou situací v průmyslu.

LITERATURA

- [1] HANDEL, C. Ventilation with heat recovery is a necessity in "nearly zero" energy buildings. *REHVA Journal*. Vol. 48, 3, 2011.
- [2] KURNITSKI, J. et al. How to define nearly net zero energy buildings nnZEB. *REHVA Journal*. Vol 48, 3, 2011.
- [3] KOPECKÝ, P. *Hygro-thermal performance of earth-to air heat exchangers: numerical model, analytical and experimental validation, measurements in-situ, design*. Disertační práce. ČVUT v Praze. 2008.
- [4] LAIN, M. *Nízkoenergetické chlazení budov*. Disertační práce. ČVUT v Praze. 2007.
- [5] LOMBARD, P., L., ORTIZ, J., POUTCH. A review on buildings consumption information. *Energy and Buildings* 40 (2008). pp. 394 – 398.
- [6] MATUŠKA, T. *Solar assisted air-conditioning of buildings*. In: 17th Air-Conditioning and Ventilation Conference 2006. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2006, p. 211-216. ISBN 80-02-01811-7.
- [7] PETRÁK, J. Přehled a třídění zdrojů chladu pro klimatizaci. Výzkumná zpráva projektu MPO Spotřeba energie budov na chlazení v ČR. 2011.
- [8] TYWONIAK, J. a kol. *Stanovení parametrů pro novou generaci energeticky úsporných budov*. Výzkumná zpráva Projektu 122 142 0506 MPO Efekt. 2011
- [9] VOSS, K. et al. *Load Matching and Grid Interaction of Net Zero Buildings*. In Proc. of EuroSun. 2010. Graz.
- [10] ZMRHAL, V. *Sálavé chladicí systémy*. Monografie. Nakladatelství ČVUT. 2009.
- [11] Směrnice evropského parlamentu a rady 2010/31/ES ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov.
- [12] ČSN 730540-2: 2011 Tepelná ochrana budov Část 2: Požadavky. ÚNMZ. 2011
- [13] ČSN 730548:1985 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. ÚNM. 1985.

SEZNAM OZNAČENÍ

E_d	energie dodaná [kWh]
E_o	energie odebraná [kWh]
F_d	faktor energetické přeměny (konverzní faktor) pro dodanou energii [-]
F_o	faktor energetické přeměny (konverzní faktor) pro odebranou energii [-]
Φ	teplotní faktor (účinnost) ZZT [%]
η_c	celková účinnost ventilátoru vč. pohonu [-]
Δp_c	celkový dopravní tlak ventilátoru [Pa]
SFP	měrný příkon ventilátoru [Ws/m ³]



NORMY Z OBORU VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE

Vladimír Zmrhal

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí

Vladimir.Zmrhal@fs.cvut.cz

ANOTACE

Článek prezentuje aktuální situaci v normalizační činnosti oboru větrání a klimatizace. V úvodu článku je vysvětlena struktura činností při tvorbě norem a princip přejímání Evropských norem do užívání v ČR. Článek uvádí přehled platných norem z oblasti větrání a klimatizace. Některé důležité normy jsou doplněny krátkým komentářem. V závěru příspěvku jsou zmíněny aktuální normy připravené k převzetí v roce 2012 a seznam norem, jejichž zařazení do soustavy ČSN se předpokládá v blízké budoucnosti.

ÚVOD

V souvislosti se zrušením Českého normalizačního institutu (ČNI) byly veškeré činnosti související s tvorbou a vydáváním českých technických norem (ČSN) převedeny na Úřad pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ). V této souvislosti vzniklo v roce 2009 na Fakultě strojní ČVUT v Praze Centrum technické normalizace pro obory Vzduchotechnika a vytápění a Technologie obrábění. Centrum technické normalizace má za úkol mj. zajišťovat zpracování a zavedení evropských norem do soustavy ČSN pro níže uvedené technické komise Evropského výboru pro normalizaci CEN/TC (CEN/TC – European Committee for Standardization/Technical Committee). Problematiku jednotlivých evropských technických komisí CEN/TC v oborech vzduchotechniky a vytápění pokrývají v ČR Technické normalizační komise TNK 75 Vzduchotechnická zařízení, TNK 93 Ústřední vytápění a příprava teplé vody a TNK 43 Stavební tepelná technika.

Centrum technické normalizace pro vzduchotechniku a vytápění zajišťuje zpracování a zavedení evropských norem vydaných níže uvedenými komisemi CEN/TC do soustavy ČSN a spolupracuje s technickými normalizačními komisemi TNK 75, TNK 93 a TNK 43.

- CEN/TC 130 Zařízení pro vytápění bez zabudovaného zdroje tepla (TNK 93)
- CEN/TC 156 Větrání budov (TNK 75)
- CEN/TC 195 Vzduchové filtry pro všeobecné čištění vzduchu (TNK 75)
- CEN/TC 228 Otopné soustavy pro budovy (TNK 93)
- CEN/TC 243 Technologie čistých prostor (TNK 75)
- CEN/TC 247 Řídicí a regulační systémy pro technická zařízení budov (TNK 75)
- CEN/TC 312 Tepelné solární systémy a prvky (TNK 43)
- CEN/TC 356 Průmyslové ventilátory – Bezpečnostní požadavky (TNK 75)
- ISO/TC 117 Průmyslové ventilátory (TNK 75)
- ISO/TC 180 Solární energie (TNK 43)
- ISO/TC 205 Navrhování vnitřního prostředí budov (TNK není určena)
- ISO/TC 209 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí (TNK není určena)

Povinností Center technické normalizace je zajišťování normalizačních činností v celém procesu tvorby technické normy. Jedná se o účast na tvorbě normy od etapy schváleného projektu v rámci mezinárodních a evropských normalizačních organizací, přejímání evropských a mezinárodních technických norem do soustavy českých technických norem (ČSN) a tvorby původních ČSN. S tím jsou spojené další činnosti, jako např. připomínkování,

formulace odborných vyjádření a stanovisek, účast na činnosti technických normalizačních komisí apod.

V praxi jsou možné prakticky dvě možnosti převzetí evropské normy do soustavy ČSN. Nejjednodušší je převzetí originálu vyhlášením ve věstníku, druhou možností je překladem. CTN po dohodě s TNK 75 přistoupilo k tendenci překládat do češtiny zejména normy, které mají široký rozsah působnosti, tj. normy požadavkové, terminologické, výpočtové, klasifikační apod. Naopak normy validační a zkušební určené pro omezenou skupinu zájemců jsou většinou zaváděny převzetím originálu.

Spolupráce CTN na Fakultě strojní ČVUT v Praze s TNK 75 Vzduchotechnická zařízení se v poslední době zaměřuje na následující oblasti:

- zkvalitnění překladů evropských norem, zajištěním recenzí překladů,
- překlady původních evropských norem,
- vypracování národních příloh k evropským normám,
- uvedení do souladu evropských norem ČSN EN a dosud platných norem ČSN na obdobnou problematiku,
- v odůvodněných případech lze navrhnout i nově normu ČSN, nebo dosavadní ČSN revidovat.

PLATNÉ NORMY

V příloze A je uveden seznam původních, stále platných českých norem třídy 12 (Vzduchotechnická zařízení). V příloze B je pak uveden seznam evropských norem převzatých do soustavy ČSN. Seznamy jsou platné k datu 25. 1. 2012. Z hlediska navrhování systémů větrání a klimatizace jsou důležité zejména následující normy:

ČSN EN 15240 Větrání budov - Energetická náročnost budov - Směrnice pro kontrolu klimatizačních systémů a ČSN EN 15239 Větrání budov - Energetická náročnost budov - Směrnice pro kontrolu větracích systémů. Normy popisují společnou metodiku pro kontrolu větracích a klimatizačních systémů v budovách z hlediska spotřeby energie. Normy se vztahují na všechny typy systémů klimatizace a chlazení (určených pro vytváření tepelné pohody) s celkovým chladicím výkonem větším než 12 kW.

ČSN EN 13779 Větrání nebytových budov - Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy. Norma je určena zejména projektantům, vlastníkům a provozovatelům budov. Norma obsahuje informace pro navrhování a provádění větracích a klimatizačních systémů nebytových objektů, které slouží k pobytu osob. Předpisy pro navrhování uvedené v této normě a v přílohách se vztahují zejména na systémy s nuceným přívodem a odvodem vzduchu a na mechanické části hybridních systémů. Norma neřeší větrání obytných budov. V této souvislosti je nutné zmínit normu ČSN 12 7010: 1986 Navrhování větracích a klimatizačních zařízení, jejíž obsah se částečně překrývá s novější evropskou normou. V případech, kdy je starší norma ČSN překonána, bude nevrženo její zrušení, nebo budou účelné stati připojeny k ČSN EN formou národní přílohy.

ČSN EN 12599 Větrání budov - Zkušební postupy a měřicí metody pro přejímky instalovaných větracích a klimatizačních zařízení. Norma stanovuje kontroly, zkušební metody a měřicí přístroje, které slouží k ověření způsobilosti instalovaných zařízení v etapě přejímky. Norma umožňuje volbu mezi zjednodušenými zkušebními metodami v případě jejich adekvátnosti nebo rozšířenými měřeními v případě nutnosti. Norma se vztahuje na větrací a klimatizační systémy navržené za účelem zajištění podmínek tepelné pohody v budovách, s výjimkou obytných budov.

ČSN EN 15251 Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky. Norma prezentuje návrhová kritéria pro dimenzování systémů, posuzování energetické náročnosti budovy a dlouhodobé hodnocení vnitřního prostředí. V závislosti na typu budovy, uživatelích, typu klimatu a národních rozdílech jsou definovány různé kategorie vnitřního prostředí.

ČSN EN 15665/Z1 Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov. Národní příloha v podobě změny Z1 definuje požadavky na větrání obytných budov a doporučuje vhodné systémy větrání.

PŘIPRAVOVANÉ NORMY

V příloze C jsou uvedeny normy připravené k vydání, nebo k připomínkovému řízení v roce 2012. Překladem budou převzaty následující normy:

ČSN EN 15780 Větrání budov – Vzduchovody – Čistota vzduchotechnických zařízení. Norma se vztahuje nové i stávající větrací a klimatizační systémy a stanovuje kritéria pro posuzování čistoty vč. tříd čistoty, čisticí postupy a metody pro ověření účinnosti čištění. Norma se nevztahuje na průmyslovou vzduchotechniku. Vzhledem k tomu, že čistota větracích systémů je oblastí, která je v našich podmínkách často zanedbávaná, bude norma přeložena do češtiny jako výchozí, zastřešující dokument.

ČSN EN 779 Filtry atmosférického vzduchu pro odlučování částic pro všeobecné větrání – Stanovení filtračních parametrů. Jedná se o novelizaci stejné normy z roku 2003. Její vydání se značně zdrželo v rámci mezinárodního připomínkového řízení. Norma bude zavedena překladem, pravděpodobně v průběhu roku 2012.

ČSN ISO 29464 Prostředky pro čištění vzduchu a dalších plynů - Terminologie. Norma přispěje ke sjednocení terminologie v oboru filtrace a odlučování tuhých částic. Využití bude možné i pro připravovanou terminologickou databázi ÚNMZ.

SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTY

S oborem větrání a klimatizace samozřejmě souvisí i další normy. Zejména se jedná o normy třídy 06 (Vytápění) a 73 (Navrhování a provádění staveb) kam patří i normy z oblasti tepelné ochrany budov. Příkladem je norma ČSN 73 0548 na výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů z roku 1985, kterou bude nutné v blízké budoucnosti aktualizovat.

Zajímavým dokumentem je prCEN/TR 16244 Větrání nemocnic z roku 2011, což je dokument v podobě technické zprávy, který je prakticky připraven k převzetí do soustavy EN. V dokumentu jsou uvedeny požadavky na větrání různých nemocničních pracovišť. Norma klasifikuje třídy místností na základě hygienických požadavků, podrobně se zabývá požadavky na jednotlivé součásti větracích a klimatizačních zařízení, uvádí hygienické požadavky vč. větrání a tepelně-vlhkostních podmínek v jednotlivých místnostech. Norma se zmiňuje rovněž o čištění a dezinfekci systémů.

LITERATURA

[1] ZMRHAL, V., DRKAL, F. Normalizační činnost na Ústavu techniky prostředí. In Vytápění, větrání, instalace. In: Vytápění, větrání, instalace. 2011, roč. 20, č. 4a. ISSN 1210-1389.

[2] ÚNMZ. Domovské stránky dostupné z <<http://www.unmz.cz>>. 2012.

PŘÍLOHA A - SEZNAM PLATNÝCH PŮVODNÍCH ČESKÝCH NOREM TŘÍDY 12

Označení	Název	Rok vydání
ČSN 12 7001	Vzduchotechnická zařízení. Klimatizační jednotky. Řady základních parametru	1986
ČSN 12 7040	Vzduchotechnická zařízení. Odsávání škodlivin od strojů a technických zařízení. Všeobecná ustanovení	1986
ČSN 12 2013	Ventilátory axiální pro separátní větrání v dolech. Metody zkoušek	1987
ČSN 12 3061	Vzduchotechnika. Ventilátory. Předpisy pro měření	1987
ČSN 12 3063	Ventilátory. Metody měření mechanického kmitání	1987
ČSN 12 4000	Vzduchotechnika. Odlučovače a filtry. Společná ustanovení	1987
ČSN 12 5606	Parní ohřivače vzduchu. Měření a vyhodnocování	1987
ČSN 12 7010	Vzduchotechnická zařízení. Navrhování větracích a klimatizačních zařízení. Všeobecná ustanovení	1987
ČSN 12 4070	Zařízení odlučovací. Metody měření veličin	1989
ČSN 12 6009	Sušárenství. Sušicí zařízení a sušárny. Klasifikace a typy	1989
ČSN 12 2002	Ventilátory. Všeobecné bezpečnostní požadavky	1990
ČSN 12 2011	Ventilátory. Maximálně přípustné hodnoty mechanického kmitání	1990
ČSN 12 4015	zařízení odlučovací. Pravidla přejímky a metody zkoušek	1990
ČSN 12 6201	Sušárenství. Šachtové sušárny obilí. Ukazatele spotřeby energie	1990
ČSN 12 0017	Metody měření a hodnocení hluku vzduchotechnických zařízení. Všeobecná ustanovení	1991

PŘÍLOHA B - SEZNAM PLATNÝCH EVROPSKÝCH NOREM PŘEVZATÝCH DO SOUSTAVY ČSN (TŘÍDA 12)

Označení	Název	Rok vydání
ČSN EN 1505	Větrání budov - Kovové plechové potrubí a armatury pravoúhlého průřezu - Rozměry	1999
ČSN EN 12220	Větrání budov - Potrubí - Rozměry kruhových přírub pro všeobecné větrání	1999
ČSN EN ISO 14644-1	Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 1: Klasifikace čistoty vzduchu	2000
ČSN EN ISO 14644-4	Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 4: Návrh, konstrukce a uvážení do provozu	2001
ČSN EN ISO 14644-2	Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 2: Specifikace zkoušení a sledování pro průběžné ověřování shody s ISO 14644-1	2001
ČSN EN 13264	Větrání budov - Podlahová koncová vzduchotechnická zařízení - Klasifikační zkoušky konstrukce	2001
ČSN EN 13182	Větrání budov - Požadavky na přístroje pro měření rychlosti proudění vzduchu ve větraných prostorech	2002
ČSN EN 13180	Větrání budov - Potrubí - Rozměry a mechanické požadavky na pružné potrubí	2002
ČSN EN 12236	Větrání budov - Závěsy a uložení potrubí - Požadavky na pevnost	2002
ČSN EN 13181	Větrání budov - Koncové součásti - Zkoušení žaluzií zkušebním pískem	2002
ČSN EN 12589	Větrání budov - Koncové jednotky - Aerodynamické zkoušení a hodnocení koncových jednotek s konstantním a proměnným průtokem	2002
ČSN EN 13030	Větrání budov - Koncové součásti - Zkoušení žaluzií zkušebním deštěm	2002
ČSN EN 12238	Větrání budov - Koncová vzduchotechnická zařízení - Aerodynamické zkoušení a hodnocení při použití pro směšovací proudění	2002
ČSN EN 12239	Větrání budov - Koncová vzduchotechnická zařízení - Aerodynamické zkoušení a hodnocení při použití pro zaplavovací proudění	2002
ČSN EN 12237	Větrání budov - Potrubí - Pevnost a těsnost kovového plechového potrubí kruhového průřezu	2003

ČSN EN 13403	Větrání budov - Nekovová potrubí - Vzduchotechnická potrubí vyrobená z izolačních desek	2003
ČSN EN 779	Filtry na odlučování částic pro všeobecné větrání - Stanovení filtračních parametrů	2003
ČSN EN 14239	Větrání budov - Vzduchovody - měření plochy povrchu vzduchovodu	2004
ČSN EN ISO 14698-2	Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Regulace biologického znečištění - Část 2: Vyhodnocení a výklad údajů o biologickém znečištění	2004
ČSN EN ISO 14698-1	Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Regulace biologického znečištění - Část 1: Hlavní principy a metody	2004
ČSN EN 14134	Větrání budov - Výkonová zkouška a kontroly zástavby bytových větracích systémů	2004
ČSN EN 13142	Větrání budov - součásti/výrobky pro větrání bytu - Požadované a volitelné výkonové veličiny	2004
ČSN EN 13141-6	Větrání budov - Zkoušení výkonu součásti/výrobku pro větrání bytů - Část 6: Jednotky odsávacích větracích systému pro jednotlivé byty	2004
ČSN EN 13141-3	Větrání budov - Zkoušení výkonu součásti/výrobku pro větrání bytů - Část 3: Odsávací nástavce pro domovní účely	2004
ČSN EN 13141-10	Větrání budov - Zkoušení výkonu součásti/výrobku pro větrání bytů - Část 1: Vnější a vnitřní zařízení pro dopravu vzduchu	2004
ČSN EN 14240	Větrání budov - Chladicí stropy - Zkoušení a hodnocení	2004
ČSN EN ISO 14644-7	Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 7: Oddělovací zařízení (boxy s čistým vzduchem, rukávcové boxy, izolátory a zařízení pro miniprostředí)	2005
ČSN EN ISO 14644-5	Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 5: Provozování	2005
ČSN EN 13141-5	Větrání budov - Zkoušení výkonu součásti/výrobku pro větrání bytu - Část 5: Kryty a střešní vyústění koncových zařízení	2005
ČSN EN 14518	Větrání budov - Chladicí trámce - Zkoušení a hodnocení pasivních chladicích trámců	2005
ČSN EN 1507	Větrání budov - Kovové plechové potrubí pravoúhlého průřezu - Požadavky na pevnost a těsnost	2006
ČSN EN ISO 14644-3	Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 3: Zkušební metody	2006
ČSN EN 13141-8	Větrání budov - Zkoušení výkonu součásti/výrobku pro větrání bytů - Část 8: Zkoušení výkonu mechanických bezpotrubních nasávacích a odsávacích větracích jednotek (včetně rekuperace tepla) pro mechanické větrací systémy v rodinných domech	2006
ČSN EN 12792	Větrání budov - Značky, terminologie a grafické Značky	2007
ČSN EN 12097	Větrání budov - Vzduchovody - Požadavky na části vzduchovodních systému z hlediska údržby	2007
ČSN EN 14799	Filtry pro čištění vzduchu - Terminologie	2007
ČSN EN ISO 14644-8	Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 8: Klasifikace molekulárního znečištění vzduchu	2007
ČSN EN 15241	Větrání budov - Výpočtové metody pro stanovení energetických ztrát způsobených větráním a infiltrací v budovách	2007
ČSN EN 15242	Větrání budov - Výpočtové metody pro stanovení průtoku vzduchu v budovách včetně filtrace	2007
ČSN EN 14277	Větrání budov - Koncová vzduchotechnická zařízení - Metoda pro měření průtoku vzduchu kalibrovanými senzory v/nebo poblíž koncových vzduchotechnických zařízení/přetlakových komor	2007
ČSN EN 1507	Větrání budov - Kovové plechové potrubí pravoúhlého průřezu - Požadavky na pevnost a těsnost	2006
ČSN EN ISO 14644-3	Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 3: Zkušební metody	2006
ČSN EN 14277	Větrání budov - Koncová vzduchotechnická zařízení - Metoda pro měření průtoku vzduchu kalibrovanými senzory v/nebo poblíž koncových vzduchotechnických zařízení/přetlakových komor	2007

ČSN EN 15241	Větrání budov - Výpočtové metody pro stanovení energetických ztrát způsobených větráním a infiltrací v budovách	2007
ČSN EN 15242	Větrání budov - Výpočtové metody pro stanovení průtoku vzduchu v budovách včetně infiltrace	2007
ČSN EN 1506	Větrání budov - Kovové plechové potrubí a armatury kruhového průřezu - Rozměry	2008
ČSN EN ISO 14644-6	Čisté prostory a příslušná řízená prostředí - Část 6: Slovník	2008
ČSN EN 1886	Větrání budov - Potrubní prvky - Mechanické vlastnosti	2008
ČSN EN 15243	Větrání budov - Výpočet teplot v místnosti, tepelné zátěže a energie pro budovy s klimatizačními systémy	2008
ČSN EN 15116	Větrání budov - Chladicí trávce - Zkoušení a hodnocení aktivních chladicích trávců	2008
ČSN EN 15240	Větrání budov - Energetická náročnost budov - Směrnice pro kontrolu klimatizačních systému	2009
ČSN EN 15239	Větrání budov - Energetická náročnost budov - Směrnice pro kontrolu větracích systému	2009
ČSN EN ISO 5801	Průmyslové ventilátory - Zkoušení výkonu s použitím normalizovaného vzduchovodu	2009
ČSN EN ISO 5802	Průmyslové ventilátory - Zkoušení výkonu in situ	2009
ČSN EN ISO 12499	Průmyslové ventilátory - Mechanická bezpečnost ventilátoru - Ochrana	2009
ČSN EN ISO 13350	Průmyslové ventilátory - Zkoušení výkonu proudových ventilátoru	2009
ČSN EN 15665	Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov	2009
ČSN EN 13141-10	Větrání budov - Zkoušení výkonu součástí/výrobku pro větrání bytu - Část 10: Vlhkostně řízené odváděcí vyústky	2009
ČSN EN 13141-9	Větrání budov - Zkoušení výkonu součástí/výrobku pro větrání bytu - Část 9: Vlhkostně řízené přiváděcí vyústky	2009
ČSN EN 15727	Větrání budov - Potrubí a potrubní komponenty, těsnost, třídění a zkoušení	2010
ČSN EN 15650	Větrání budov - Požární klapky	2010
ČSN EN ISO 13351	Průmyslové ventilátory - Rozměry	2010
ČSN EN 1822-5	Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 5: Stanovení účinnosti filtračních prvku	2010
ČSN EN 1822-4	Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 4: Stanovení propustnosti filtračních prvku (skenovací metoda)	2010
ČSN EN 1822-3	Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 3: Zkušební média plochých filtru	2010
ČSN EN 1822-2	Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 2: Výroba aerosolu, měřicí zařízení, statistické počítání částic	2010
ČSN EN 1822-1	Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 1: Klasifikace, ověřování vlastností, označování	2010
ČSN EN 15805	Vzduchové filtry pro všeobecné větrání - Normalizované Rozměry	2010
ČSN EN 13779	Větrání nebytových budov - Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy	2010
ČSN EN 12599	Větrání budov - Zkušební postupy a měřicí metody pro přejímky instalovaných větracích a klimatizačních zařízení	2010
ČSN EN 13141-2	Větrání budov - Zkoušení výkonu součástí/výrobku pro větrání bytu - Část 2: Koncová zařízení přiváděného a odváděného vzduchu	2010
ČSN EN ISO 13349	Ventilátory - Terminologie a kategorizace	2011
ČSN EN 13053 + A1	Větrání budov - Vzduchotechnické manipulační jednotky - Hodnocení a provedení jednotek, prvků a částí	2011
ČSN EN 15251	Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky	2011
ČSN EN 15423	Větrání budov - Protipožární opatření vzduchotechnických systému	2011

ČSN EN 1751	Větrání budov - Koncová vzduchotechnická zařízení - Aerodynamické zkoušky klapky a ventilu	2011
ČSN EN 13141-7	Větrání budov - Zkoušení výkonu součástí/výrobků pro větrání bytů - Část 7: Zkoušení výkonu mechanických nasávacích a odsávacích větracích jednotek (včetně zpětného získávání tepla) pro nucené větrací systémy v rodinných domech	2011
ČSN EN 13141-4	Větrání budov - Zkoušení výkonu součástí/výrobku pro větrání bytu - Část 4: Ventilátory pro bytová větrací zařízení	2011
ČSN EN 15665/Z1	Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov (Národní příloha)	2011
ČSN EN 15650	Větrání budov – Požární klapky	2012

PŘÍLOHA C - NORMY TŘÍDY 12 PŘÍPRAVOVANÉ K PŘEVZETÍ, PROJEDNÁVANÉ A REVIDOVANÉ NORMY

Označení	Název	Rok vydání
ČSN EN 15780	Větrání budov – Vzduchovody – Čistota vzduchotechnických zařízení	2012
ČSN ISO 29464	Prostředky pro čištění vzduchu a dalších plynů - Terminologie	2012
ČSN EN 15232	Energetická náročnost budov - Vliv automatizace, řízení a správy budov	2012
ČSN EN 779	Filtry atmosférického vzduchu pro odlučování částic pro všeobecné větrání – Stanovení filtračních parametrů	(2012)
prEN 15726	Větrání budov - Rozptýlení vzduchu - Měření v pásmu pobytu osob klimatizované/větrané místnosti pro hodnocení tepelných a akustických podmínek	
prEN 1751	Větrání budov - Koncová vzduchotechnická zařízení - Aerodynamické zkoušky klapky a ventilů	
prEN 16282-1 až 9	Vybavení komerčních kuchyní - Součásti větracích zařízení pro komerční kuchyně. Část 1: Obecné požadavky vč. výpočtové metody Část 2: Kuchyňské větrací zákryty - Konstrukce a bezpečnostní požadavky Část 3: Větrací stropy - Konstrukce a bezpečnostní požadavky Část 4: Přívodní a odvodní výústky - Konstrukce a bezpečnostní požadavky Část 5: Vzduchovody - Konstrukce a bezpečnostní požadavky Část 6: Odlučovače aerosolů (tuků) - Konstrukce a bezpečnostní požadavky Část 7: Instalace a použití stabilních hasicích systémů Část 8: Instalace pro odvod par z kuchyně - Požadavky a zkoušení Část 9: Záchyt a jímavost odsávacích zařízení - Zkušební metody	
prEN 13141-8	Větrání budov - Zkoušení výkonu součástí/výrobků pro větrání bytů - Část 8: Zkoušení výkonu bezpotrubních přívodních a odsávacích větracích jednotek (včetně zpětného získávání tepla) nucených větracích systémů pro individuální větrání místností	
prEN ISO 14644-10	Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 10: Klasifikace čistoty povrchu na základě chemické koncentrace	
prEN 13142	Větrání budov - Součásti/výrobky pro větrání bytů - Požadované a volitelné výkonové veličiny	

ÚSPORY ENERGIE PŘI CHLAZENÍ VENKOVNÍHO VZDUCHU

Vladimír Zmrhal

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí

Vladimir.Zmrhal@fs.cvut.cz

ANOTACE

V klimatizačních zařízeních dochází při chlazení venkovního vzduchu často ke kondenzaci, která výrazně ovlivňuje výslednou potřebu energie. Odvlhčování vzduchu je žádoucí zejména při vysoké měrné vlhkosti venkovního vzduchu. V případě, že vlhkost venkovního vzduchu nepředstavuje nebezpečí zvýšení relativní vlhkosti vzduchu ve vnitřním prostoru nad požadovanou mez, je možné chladič vzduchu provozovat s vyšší povrchovou teplotou, čímž lze dosáhnout energetických úspor. Článek analyzuje možné způsoby úspory energie související s chlazením venkovního vzduchu při variantním provozu chladicího zařízení.

ÚVOD

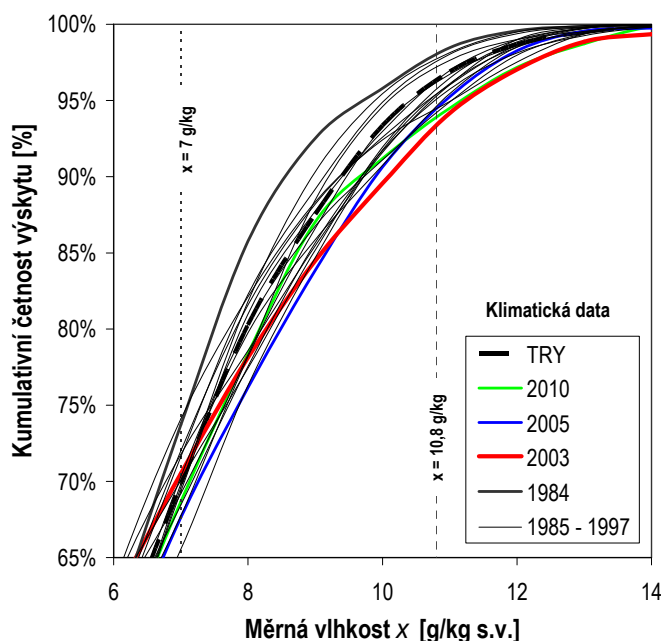
Běžnou praxí při projektování vodního chlazení pro klimatizaci budov je používání tzv. „ostré vody“ to je vody o konstantní teplotě, regulace výkonu je kvantitativní ($M_w = \text{var.}$). Pro chlazení venkovního vzduchu se používá voda o nízké teplotě (např. 6/12 °C) tak, aby bylo možné vzduch odvlhčovat. Požadavek na odvlhčení vzduchu však nemusí být trvalý a v průběhu léta se mění. Při provozování chladicího zařízení v závislosti na klimatických podmínkách je možné vhodně regulovat teplotu vstupní chladicí vody (směšováním, nebo na zdroji chladu) a tím dosáhnout úspor energie.

Venkovní klimatické údaje

Pro hodnocení potřeby energie na chlazení byl použit referenční klimatický rok zpracovaný pro Prahu (TRY – test reference year). Referenční rok prezentuje reálná charakteristická klimatická data pro účely výpočtu energetické potřeby budov. Tyto údaje lze považovat

v letním období za reprezentativní pro ČR. Dále byly výpočty realizovány pro léto roku 2003, které je považováno za období s dlouhodobým klimatickým extrémem.

O nutnosti odvlhčování v letním období rozhoduje především měrná vlhkost venkovního vzduchu x_e . Na obr. 1 je uvedena kumulativní četnost výskytu měrné vlhkosti pro vybrané roky a rovněž pro TRY. Na obr. 1 jsou vyznačeny měrné vlhkosti 7 a 10,8 g/kg, které odpovídají povrchové teplotě chladiče 9 °C resp. 15 °C (při nasycení). Z grafu lze vyčíst, že rok 2003 byl rokem, kdy 30 % času byla měrná vlhkost větší než 7 g/kg a téměř 6 % času větší než 10,8 g/kg.



Obr. 1 Kumulativní četnost výskytu měrné vlhkosti venkovního vzduchu během vybraných let

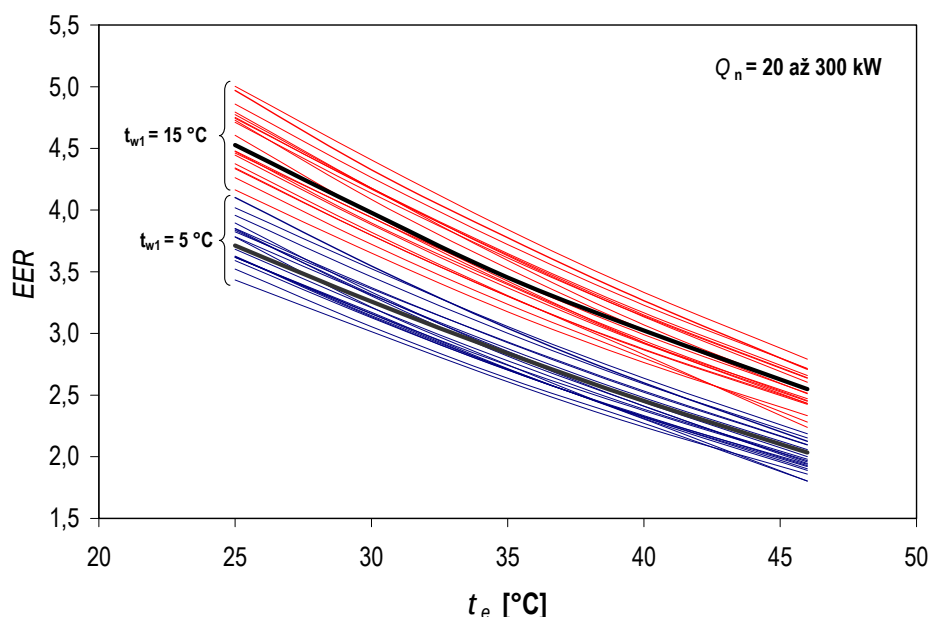
teplota rosného bodu t_{RB} , dochází na chladiči ke kondenzaci. Pokud není potřeba venkovní vzduch odvlhčovat lze vhodnou volbou teploty vstupní vody t_{wI} kondenzaci eliminovat.

Potřeba elektrické energie na chlazení

Potřeba elektrické energie na chlazení je dána chladicím faktorem EER (Energy Efficiency Ratio) daného chladicího zařízení. U kompresorových chladicích zařízení se vzduchem chlazeným kondenzátorem (nejrozšířenější) závisí chladicí faktor EER na teplotě venkovního vzduchu, teplotě vody na straně výparníku. Je obecně známo, že s rostoucí teplotou chlazené vody roste chladicí faktor, naopak s rostoucí teplotou venkovního vzduchu chladicí faktor klesá (obr. 3). Z výše uvedeného vyplývá, že pokud chladicí zařízení pracuje s vyšší teplotou chladicí vody je energeticky výhodnější.

Na obr. 3 jsou uvedeny chladicí faktory konkrétního typu kompresorového chladicího zařízení se vzduchem chlazeným kondenzátorem. Uvedené zařízení se vyrábí v rozsahu výkonů 20 až 300 kW a bohužel nelze stanovit obecnou závislost chladicího faktoru na jmenovitém výkonu zařízení. Pro přepočet potřeby chladu na potřebu elektrické energie byla použita závislost EER pro jmenovitý výkon 30 kW, která reprezentuje střední hodnoty EER (v obr. 3 zvýrazněné závislosti).

$$P = \frac{\dot{Q}_{ch,e}}{EER} \text{ [W]} \quad (5)$$



Obr. 3 Závislost chladicího faktoru kompresorového chladicího zařízení na teplotě venkovního vzduchu (s použitím firemních materiálů)

Výsledný (sezónní) chladicí faktor během zkoumaného období je dán podílem potřeby energie na chlazení a potřeby elektrické energie

$$EER_v = \frac{\int_0^{\tau} \dot{Q}_{ch,e} d\tau}{\int_0^{\tau} P d\tau} \quad (6)$$

ZKOUMANÉ PŘÍPADY

Energetické analýzy byly realizovány pro průtok venkovního vzduchu:

A) $V = \text{konst.} = 10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$,

B) $V = \text{var.} = 10\,000$ nebo $5\,000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Varianta B) odpovídá případu kdy je teplota venkovního vzduchu $> 26 \text{ }^\circ\text{C}$ a průtok venkovního vzduchu může být snížen až na polovinu (v souladu se závaznými předpisy [2]).

V době, kdy je teplota venkovního vzduchu nižší, než požadovaná teplota přiváděného vzduchu se nechladí. Směšování venkovního vzduchu s oběhovým nebylo uvažováno. Předpokládá se trvalý provoz větrání od 7.00 do 18.00 hodin v období od 1. 5. do 30. 9. Analyzovány byly následující varianty pro extrémní (2003) a typické (TRY) venkovní klimatické údaje.

Varianta 1: 6/12

Návrhový teplotní rozdíl na chladiči vzduchu je $6/12 \text{ }^\circ\text{C}$. Povrchová teplota chladiče je konstantní $t_{ch} = 9 \text{ }^\circ\text{C}$.

Varianta 2: 15/17

Návrhový teplotní rozdíl na chladiči vzduchu je $15/17 \text{ }^\circ\text{C}$. Povrchová teplota chladiče je konstantní $t_{ch} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$. Jedná se o teoretický případ, kdy během roku téměř nedochází k odvlhčování venkovního vzduchu.

Varianta 3: směšování vody

Povrchová teplota chladiče t_{ch} se mění (9 nebo $16 \text{ }^\circ\text{C}$) na základě požadavku na odvlhčení venkovního vzduchu. Chladicí zařízení připravuje vodu o konstantní teplotě $t_{wl} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ a teplota vstupní vody je regulována směšováním.

Varianta 4: regulace zdroje chladu

Povrchová teplota chladiče t_{ch} se mění (9 nebo $16 \text{ }^\circ\text{C}$) na základě požadavku na odvlhčení venkovního vzduchu. Chladicí zařízení připravuje vodu o požadované teplotě (5 nebo $15 \text{ }^\circ\text{C}$).

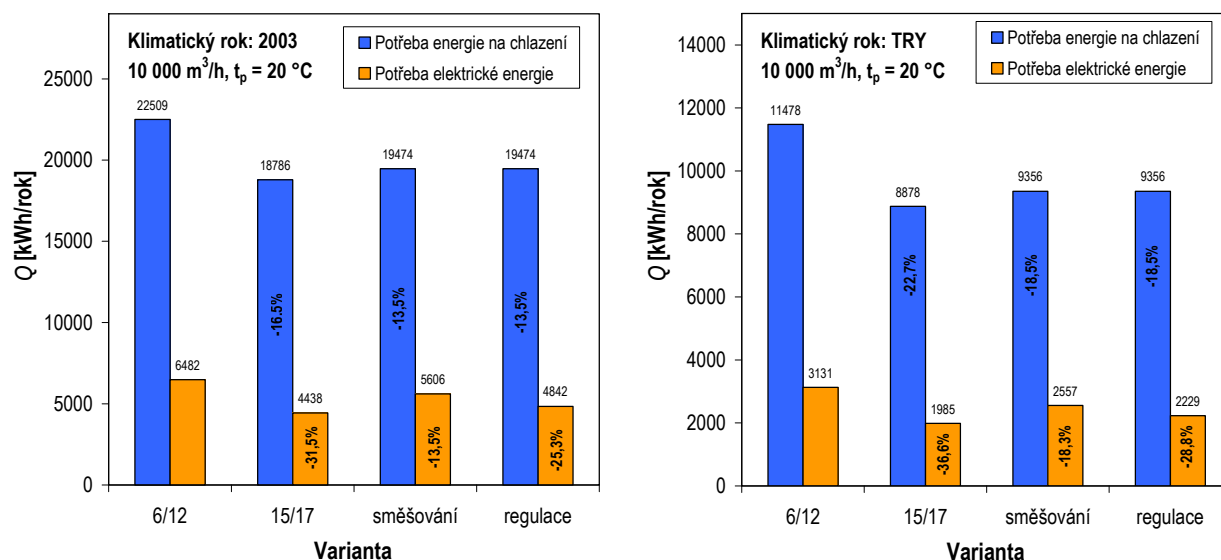
Volba teploty vstupní vody resp. povrchové teploty chladiče u variant 3 až 5 závisí na měrné vlhkosti venkovního vzduchu. Pro realizované analýzy byla jako mezní stanovena měrná vlhkost $x = 10,8 \text{ g/kg}$. Při vyšších měrných vlhkostech je povrchová teplota chladiče $9 \text{ }^\circ\text{C}$, při nižších $16 \text{ }^\circ\text{C}$.

VÝSLEDKY

Na obr. 4 jsou znázorněny výsledky jednotlivých variant v grafické podobě. Výsledky platí pro chlazení venkovního vzduchu na teplotu $20 \text{ }^\circ\text{C}$ pro zkoumané klimatické roky. Z obr. 4a jsou zřejmé úspory tepelné energie (chladu) a elektrické energie pro klimatickou databázi roku 2003. V případě chlazení venkovního vzduchu chladičem s vysokou povrchovou teplotou $16 \text{ }^\circ\text{C}$ (Případ A, varianta 1), jsou úspory v potřebě chladu $16,5 \%$ a díky vyšším chladicím faktorům dochází k úspoře elektrické energie $31,5 \%$. Uvedená varianta 2 je však pouze teoretická, neboť v průběhu léta je žádoucí při určitých stavech venkovního vzduchu odvlhčovat. Úspory této varianty lze považovat za maximální při konstantním průtoku venkovního vzduchu. Varianta 3 a 4 prezentuje možné úspory při proměnné teplotě vstupní vody do chladiče. Úspory energie potřebné na chlazení venkovního vzduchu činí $13,5 \%$ a úspory elektrické energie $13,5 \%$ resp. $25,3 \%$. Zatímco u varianty 3 je teplota vstupní vody regulována směšováním (zdroj chladu připravuje chladicí vodu o teplotě $5 \text{ }^\circ\text{C}$), u varianty 4 je zdroj chladu provozován na základě požadavku na teplotu vody a tudíž jeho celoroční

(sezónní) chladicí faktor je vyšší. Obdobné výsledky byly získány pro klimatický rok TRY (obr. 4b).

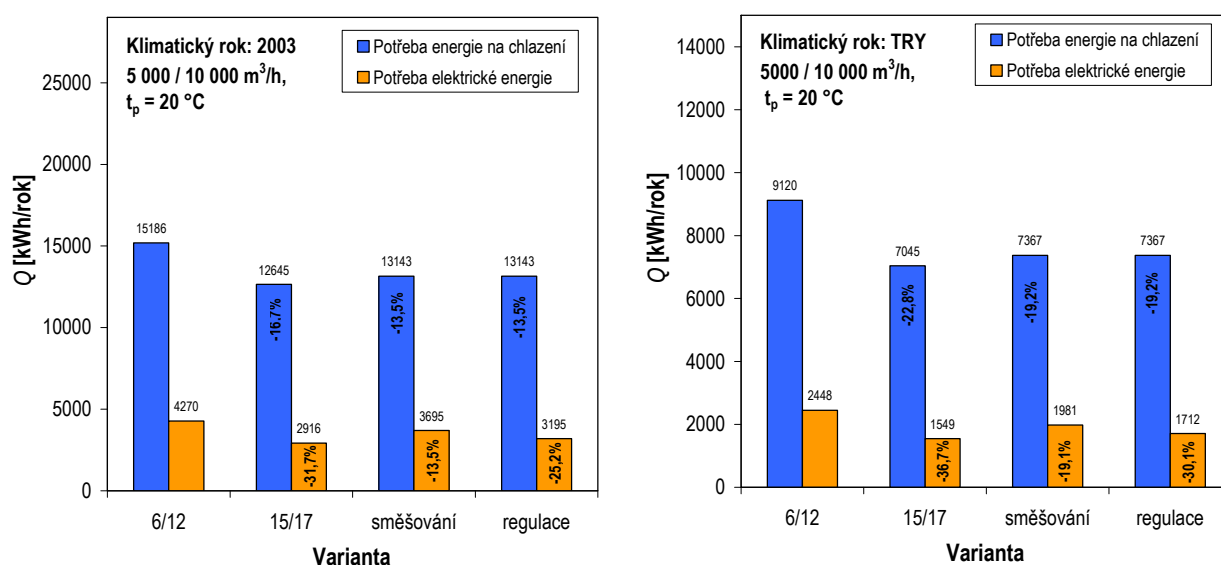
V době, kdy je teplota venkovního vzduchu vyšší než 26 °C, může být průtok venkovního vzduchu snížen až na polovinu (případ B). Úspory energie v takovém případě jsou patrné z obr. 5, opět pro oba zkoumané klimatické roky. Je zřejmé, že oproti variantě A1, která představuje běžné řešení, je možné dosáhnout až poloviční úspory elektrické energie. Výsledky pro typická klimatická data je možné vidět na obr. 5b. Výsledné (sezónní) chladicí faktory *EER* zjištěné na základě podkladů výrobce (obr. 3) pro zkoumané varianty jsou uvedeny v tab. 1.



a) Případ A - klimatický rok 2003

b) Případ A - klimatický rok TRY

Obr. 4 Grafické znázornění výsledků pro chlazení venkovního vzduchu na 20 °C
(Případ A - $V = \text{konst.} = 10\,000\text{ m}^3/\text{h}$)



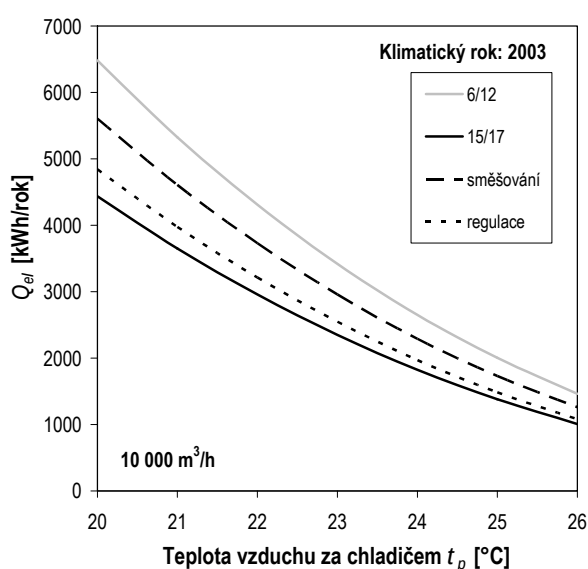
a) Případ B - klimatický rok 2003

b) Případ B - klimatický rok TRY

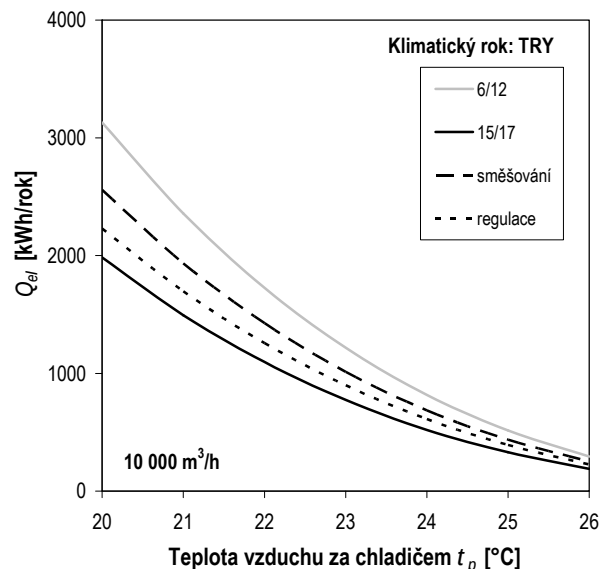
Obr. 5 Grafické znázornění výsledků pro chlazení venkovního vzduchu na 20 °C
(Případ B - $V = \text{var.} = 5000 / 10\,000\text{ m}^3/\text{h}$)

Tab. 1 Výsledné chladicí faktory EER_v v průběhu zkoumaného období

Případ	A				B			
Varianta	1	2	3	4	1	2	3	4
	6/12	15/17	směš.	reg.	6/12	15/17	směš.	reg.
2003	3,47	4,23	3,47	4,02	3,56	4,34	3,56	4,11
TRY	3,67	4,47	3,66	4,20	3,73	4,55	3,72	4,30

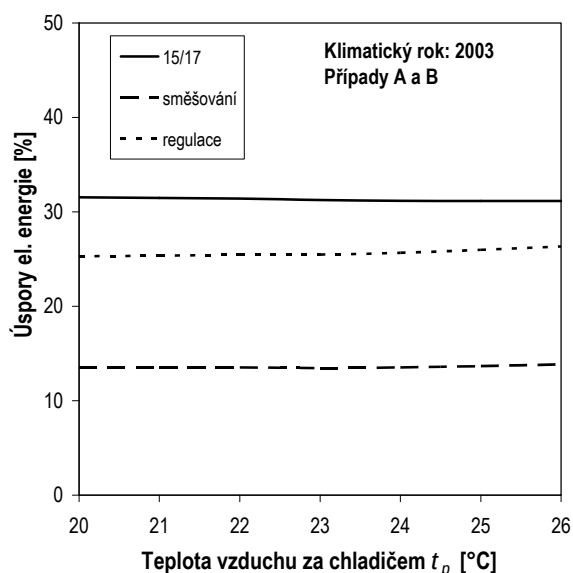


a) 2003

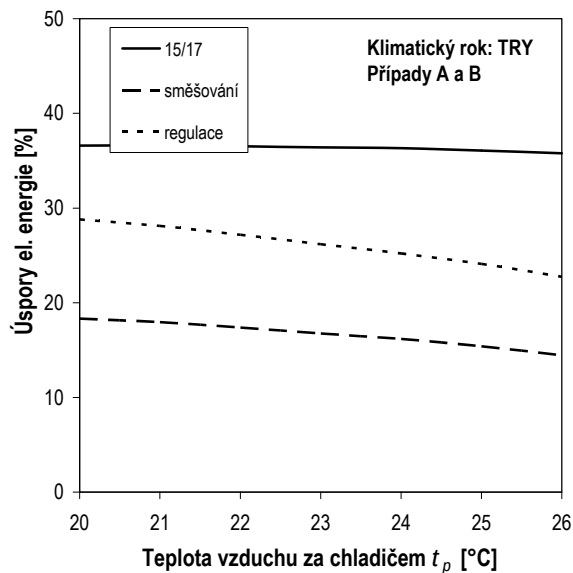


b) TRY

Obr. 6 Potřeba elektrické energie na chlazení venkovního vzduchu
(Případ A - $V = \text{konst.} = 10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$)



a) 2003



b) TRY

Obr. 7 Procentuální úspory energie při chlazení venkovního vzduchu
(Případ A - $V = \text{konst.} = 10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$)

Na obr. 6 jsou uvedeny výsledky potřeby elektrické energie na chlazení venkovního vzduchu pro všechny zkoumané varianty v závislosti na teplotě přiváděného vzduchu. Je logické, že s rostoucí teplotou přiváděného vzduchu, klesá potřeba energie na chlazení. I když se z obr. 6b může zdát, že se zvyšující se teplotou přiváděného (ochlazeného) vzduchu jsou rozdíly v možné úspoře energie minimální, procentuální úspora je energie je pro všechny případy zhruba konstantní (obr. 7).

Na obr. 7 jsou zobrazeny procentuální úspory energie na chlazení venkovního vzduchu pro oba případy A i B v porovnání s variantou 1 (6/12). Je zřejmé, že procentuální úspory potřeby elektrické energie na chlazení s rostoucí teplotou přiváděného vzduchu jsou pro varianty 2, 3 a 4 téměř konstantní.

VÝKON CHLADIČE

U řízené regulace teploty chladicí vody vstupující do výměníku (varianty 3 a 4) je třeba dbát zvýšené pozornosti při návrhu chladiče. Jedná se o kontrolu, zda zvolený chladič je schopen dodávat požadovaný výkon při proměnné teplotě vstupní vody. V tab. 2 jsou uvedeny maximální požadované výkony chladiče vzduchu pro uvažované teplotní rozdíly chladicí vody. Pod údajem maximálního výkonu v tab. 2 jsou pro představu uvedeny parametry venkovního vzduchu, kdy nastává maximální požadavek. K ověření plnění funkce chladiče při proměnných podmínkách byl použit návrhový program výrobce klimatizačních jednotek [4]. Pro případ A (klimatická data 2003) program navrhl pro provoz při teplotním rozdílu 6/12 °C čtyřřadý výměník. Následně bylo ověřeno, že zvolený výměník je schopen dodávat požadovaný výkon i při zvýšeném teplotním rozdílu 15/17 °C.

Tab. 2 Výkony chladiče pro varianty s řízeným směřováním (Varianta 3 a 4)

Případ t_{w1}/t_{w2}	A ($V = \text{konst.}$)		B ($V = \text{var.}$)	
	6/12	15/17	6/12	15/17
2003	76,6 kW 29,9 °C / 66,5 % (10 000 m ³ /h)	53,8 kW 35,95 °C / 23 % (10 000 m ³ /h)	38,4 kW 29,9 °C / 66,5 % (5 000 m ³ /h)	26,9 kW 35,95 °C / 23 % (5000 m ³ /h)
TRY	63,4 kW 30,8 °C / 48 % (10 000 m ³ /h)	40,4 kW 31,2 °C / 39 % (10 000 m ³ /h)	41,0 25,9 °C / 67 % (10 000 m ³ /h)	21,6 26 °C / 52 % (10 000 m ³ /h)

ZÁVĚR

Článek prezentuje možné úspory energie při chlazení venkovního vzduchu vodním chladičem. Analyzované případy předpokládají zařízení, které pracuje pouze s čerstvým vzduchem a to buď s konstantním průtokem vzduchu, nebo se připouští snížení průtoku vzduchu při letních extrémech na polovinu. Celá řada vzduchotechnických zařízení nepracuje pouze s čerstvým vzduchem a často je používán i vzduch oběhový. Využití oběhového vzduchu v analýzách není uvažováno. Rovněž se neřeší vztah mezi stavem venkovního a vnitřního vzduchu resp. neřeší se odvod vodních par z prostoru. Výsledky odpovídají systémům, kdy k odvodu vlhkostních zisků dochází převážně na vnitřní klimatizační jednotce (ventilátorové konvektory, chladičové systémy). Takové systémy představují v našich podmínkách převážnou většinu. Výsledky mohou posloužit provozovatelům, kteří jsou často tlačeni k energeticky úsporným opatřením s cílem snížit náklady na provoz klimatizačních zařízení.

LITERATURA

- [1] ZMRHAL, V. Porovnání spotřeby energie vodních klimatizačních systémů. In: Vytápění, větrání, instalace. roč. 19, č.2, str. 80-83. 2010.

- [2] Nařízení vlády č. 68/2010 Sb., kterým se mění nařízení vlády č 361/2007 Sb. o ochraně zaměstnanců při práci. Sbírka zákonů ČR. 2010.
- [3] CIAT. Podklady výrobce dostupné z domovské stránky <www.ciat.com>.
- [4] AeroCAD. Návrhový software firmy Remak. Dostupný z <<http://www.remak.eu/cz/podpora/software/>>.

SEZNAM OZNAČENÍ

c	měrná tepelná kapacita [J/kgK]
EER	chladicí faktor [-]
h	entalpie [J/kg]
l	výparné teplo [J/kg]
P	příkon [W]
Q	výkon [W]
Q	spotřeba energie [kWh/rok]
t	teplota [°C]
V	objemový průtok [m ³ /h]
x	měrná vlhkost [g/kg]
ρ	hustota [kg/m ³]
ϑ	faktor citelného tepla [-]



PŘEHLED KLIMATIZAČNÍCH SYSTÉMŮ MITSUBISHI ELECTRIC

Kamil Hanyk

CS-MTRADE, s. r. o., Průmyslová 526, Pardubice

hanyk@csmtrade.cz, www.csmtrade.cz

ANOTACE

Tento příspěvek slouží k základnímu popisu některých nových klimatizačních systémů a technologií výrobce Mitsubishi Electric pro roky 2012 a 2013.

ÚVOD

Klimatizační systémy výrobce Mitsubishi Electric jsou každý rok obohaceny o novinky v sortimentu a ani tento rok není jiný. V příspěvku jsou popsány základní údaje o nových jednotkách na trhu a jejich propojení s novou legislativou Evropské unie ohledně sezónních SCOP a SEER (ErP).

NOVÉ DESIGNOVÉ JEDNOTKY KIRIGAMINE ZEN PRO POUŽITÍ V M-SÉRII I VRF CITY MULTI

Novinkou v sortimentu klimatizačních jednotek jsou nové designové nástěnné jednotky MSZ-EFxxVE W/B/S označované jako Premium ZEN. Jednotky se vyrábějí v rozsahu chladicích výkonů od 2,2 kW do 5,0 kW. Výkonové třídy jsou 22, 25, 35, 42 a 50. Jednotky velikosti 22 je možné připojit pouze na multisplitové systémy. Od velikosti 25 se jednotky připojují na venkovní jednotky řady MUZ-EF. Vnitřní jednotky jsou k dodání ve třech barevných modifikacích a to leskle černé (B), bílé (W) a matné stříbrné (S). K jednotkám je dodáván nový designový ovladač SG-11D s týdenním časovačem a mnoha doplňkovými funkcemi. Jednotkám byla udělena designová cena iF product design award v roce 2011.

Novinkou konce roku 2012 bude možnost napojení těchto jednotek na systémy VRF City Multi pomocí speciálního připojovacího LEV kitu, který bude obsahovat lineární expanzní ventil.



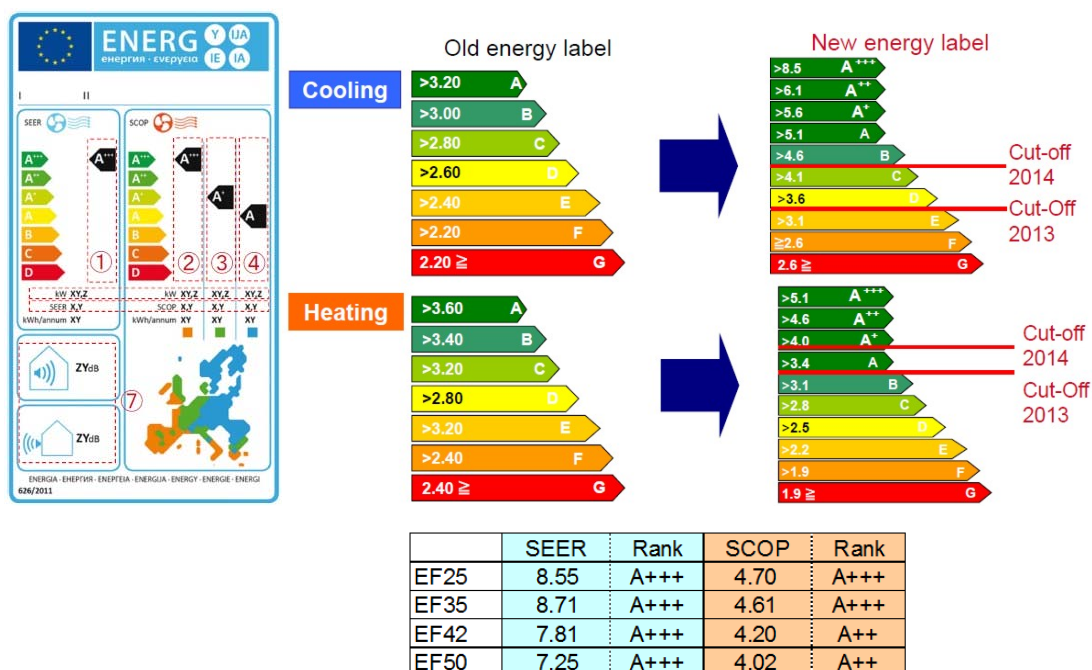
Obr. 1 Nové designové jednotky MSZ-EF a jejich připojení na VRF systém City Multi

Kombinace vnitřních a venkovních jednotek EF byla navržena již s předstihem dle směrnice Evropské unie s označením „Ecodesign“ 2009/125/EG, pro klimatizační zařízení do 12 kW chladicího výkonu. Klimatizační zařízení vyrobená dle této směrnice mají vyhovovat svou energetickou spotřebou, ale i výrobou, požadavkům podporujících životní prostředí a musejí splňovat vysoké nároky na energetickou účinnost a emise CO₂. Tím by tato zařízení měla přispět ke snížení spotřeby elektrické energie do roku 2020 až o 20 %. Jednotky Mitsubishi Electric MSZ-EF/MUZ-EF již nyní splňují tyto nové vysoké standardy a patří do nejvyšší energetické třídy A+++ dle ErP. Do konce roku 2012 musejí výrobci klimatizačních zařízení uvádět energetické účinnosti dle známých veličin COP a EER, které se vypočítávají pro jeden měřící bod při jmenovitém výkonu zařízení tzv. EuP (Energy Using Products), který je definován následujícími parametry - pro chlazení: $t_i = 27\text{ °C}$ (suchý), 19 °C (vlhký), $t_e = 35\text{ °C}$ (suchý), 24 °C (vlhký), pro vytápění: $t_i = 20\text{ °C}$ (suchý), $t_e = 7\text{ °C}$ (suchý), 6 °C (vlhký). Tyto měřící parametry byly určeny proto, aby bylo možné porovnat výkony jednotlivých zařízení mezi sebou. Nutností tak byla standardizace měřících postupů (podmínky měření, metodika atd.).

Horší je, že o reálné energetické účinnosti klimatizačních zařízení tato čísla moc nevypovídala, jelikož se používal pouze jeden výpočtový bod a například pro chlazení tyto parametry nastanou v běžném roce pouze 13 hodin, což vyšlo z četnosti výskytu dané venkovní teploty. Dále tato zařízení byla měřena při jmenovitém, tedy 100% výkonu, ale v reálném prostředí klimatizační jednotky běží během roku většinou při částečné zátěži. Proto bylo nutné legislativu i výrobu zařízení přepracovat a změnit podmínky měření. Od roku 2012 bude k dispozici nové značení energetických štítků dle ErP (Energy Related Products), které se bude tento rok používat současně s původním značením EEL (Energy Efficiency Labels) původní COP a EER), tedy ErP + EEL současně. Od roku 2013 bude nutné klimatizační jednotky štítkovat již dle nové legislativy podle ErP a uvádět sezónní SCOP a SEER. K dispozici bude i rozšířená škála energetických tříd a to až po nejvyšší třídu se třemi + tzv. A+++. Je nutné upozornit, že výpočet sezónního SCOP pro vytápění bude o něco složitější, protože budou brány v úvahu rozdílné výpočtové venkovní teploty a rozdílné body bivalence (nejnižší teplota, při které bude tepelná ztráta plně pokryta výkonem tepelného čerpadla bez přídavného el. ohříváče) pro různé oblasti Evropy. Jednotky tedy budou svým softwarem i hardwarem modifikovány pro použití v určitém podnebním pásmu. Například Evropa bude rozdělena do třech teplotních oblastí (průměrná, teplá a chladná) viz obrázek níže.

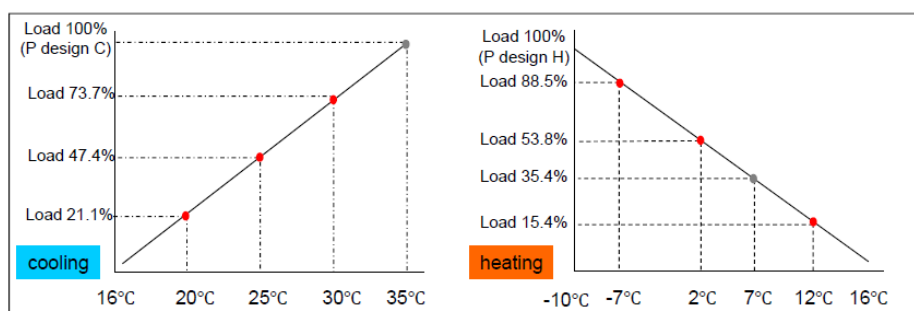
Average (Strasbourg)				Warmer (Athens)				Colder (Helsinki)			
Part load	Air condition			Part load	Air condition			Part load	Air condition		
	outdoor		Indoor		outdoor		Indoor		outdoor		Indoor
	DB	WB	DB		DB	WB	DB		DB	WB	DB
88%	-7°C	-8°C	20°C	-	-	-	20°C	61%	-7°C	-8°C	20°C
54%	2°C	1°C	20°C	100%	2°C	1°C	20°C	37%	2°C	1°C	20°C
35%	7°C	6°C	20°C	64%	7°C	6°C	20°C	24%	7°C	6°C	20°C
15%	12°C	11°C	20°C	29%	12°C	11°C	20°C	11%	12°C	11°C	20°C

Obr. 2 Rozdělení Evropy do 4 teplotních oblastí



Obr. 3 Sezónní SCOP a SEER

Naše nové klimatizační jednotky jsou nyní navrhovány na částečný výkon, s tím, že v chladivovém okruhu bude ještě pomocný okruh, který se sepne pouze v případě špičkového výkonu. Na hodnotu částečného výkonu jsou u jednotek EF dimenzovány i tepelné výměníky, které nám také ovlivňují velikost SCOP resp. SEER. Úspory na materiálu tepelného výměníku byly použity na vylepšení ostatních částí klimatizačních jednotek EF. Dle dané směrnice se nyní budou klimatizační zařízení měřit celkem ve 4 bodech pro částečný výkon. Naměřená COP a EER pro podmínky ErP budou označována jako SCOP resp. SEER (sezónní). Pro případ chlazení byly teploty venkovního vzduchu určeny následovně $t_e = 20^\circ\text{C}$, 25°C , 30°C a 35°C . Podíl těchto teplot na celkovém SEER pro standardní evropské podmínky v běžném roce je 17 % pro 20°C , 33 % pro 25°C , 33 % pro 30°C a 17 % pro 35°C . Pro vytápění se měření bude provádět pro $t_e = -7^\circ\text{C}$, 2°C , 7°C a 12°C .



Obr. 4 Výpočtové body SCOP a SEER

Legislativou budou dány také minimální SCOP a SEER klimatizačních zařízení, která se budou moci dodávat na trh. Předběžně tato čísla pro rok 2013 vypadají následovně: minimální SEER = 3,6, minimální SCOP = 3,2. Od roku 2015 budou tato kritéria dále zpřísněna na hodnoty: SEER = 4,3 a SCOP = 3,5. Nové jednotky EF dosahují již nyní velmi vysokých sezónních energetických účinností. Výše jsou uvedeny i rozsahy jednotlivých energetických tříd. Štítky klimatizačních zařízení dle ErP budou zahrnovat do svých měření a kritérií také hlučnost daných jednotek.

Výrobce Mitsubishi Electric již v této době přizpůsobil své výrobní linky nové legislativě a nově dodávané a vyvíjené jednotky již budou tato kritéria splňovat a tím budeme připraveni na nástup platnosti nové legislativy v roce 2013.

ROZŠÍŘENÍ VÝROBNÍ ŘADY KOMPAKTNÍCH NÁSTĚNNÝCH JEDNOTEK MSZ-SF

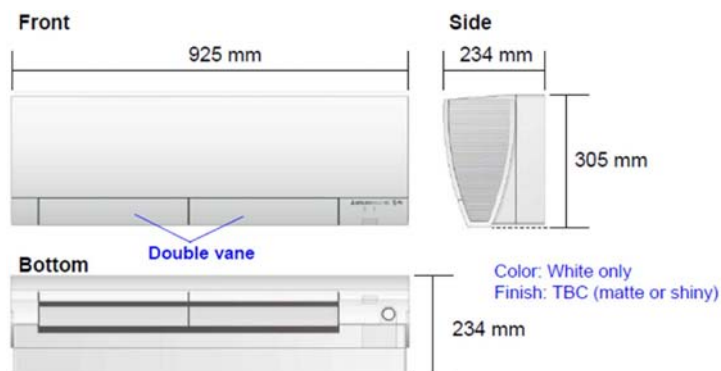
Do této doby byly k dispozici pouze dvě velikosti jednotek MSZ-SF a to s chladicím výkonem 1,5 a 2,0 kW. Tento rok je tato řada rozšířena až do chladicího výkonu 5,0 kW. K dostání tak budou jednotky ve výkonových řadách 20, 22, 25, 35, 42, 50. K jednotkám je dodáván nový designový ovladač SG-11D s týdenním časovačem a mnoha doplňkovými funkcemi. Vnitřní jednotky velikosti 15 a 22 bude možné napojit pouze na multisplitové systémy. Ostatní jednotky se budou dodávat s venkovní jednotkou typu MUZ-SF. Všechny tyto vnitřní jednotky bude možné připojit na systémy VRF City Multi pomocí speciálního LEV kitu. Jednotky jsou charakteristické svou malou šířkou a to pouze 168 (velikost 15-20) resp. 195 (velikost 25-50) mm. Jednotky jsou vyrobeny již s přihlédnutím na ErP a jejich sezónní energetické účinnosti dosahují hodnot SCOP = 7,1 (25). Tyto jednotky časem nahradí současnou řadu standardních jednotek MSZ-GE, kromě modelů MSZ-GE60VA a 71VA.



Obr. 5 Kompaktní nástěnné jednotky MSZ-SF

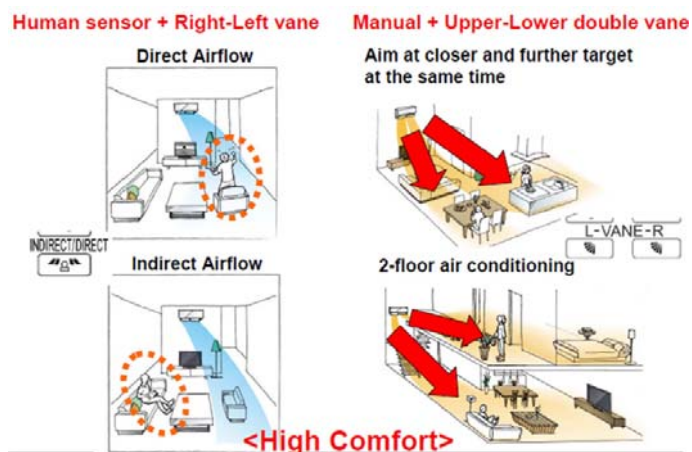
NOVÁ ŘADA NÁSTĚNNÝCH DELUXE JEDNOTEK MSZ-FH

Novinkou tohoto roku budou nové designové nástěnné jednotky MSZ-FH, které v sobě obsahují mnoho inovativních funkcí a neotřelý jednoduchý design. Tato řada nástěnných jednotek je přímým nástupcem současných deluxe jednotek, které mají označení MSZ-FD. Nové jednotky MSZ-FH jsou navrženy dle ErP a spadají do nejvyšší energetické třídy A+++. K dostání bude i speciálně upravený model s názvem Nordic, který bude mít zvýšený tepelný výkon při nízkých venkovních teplotách.



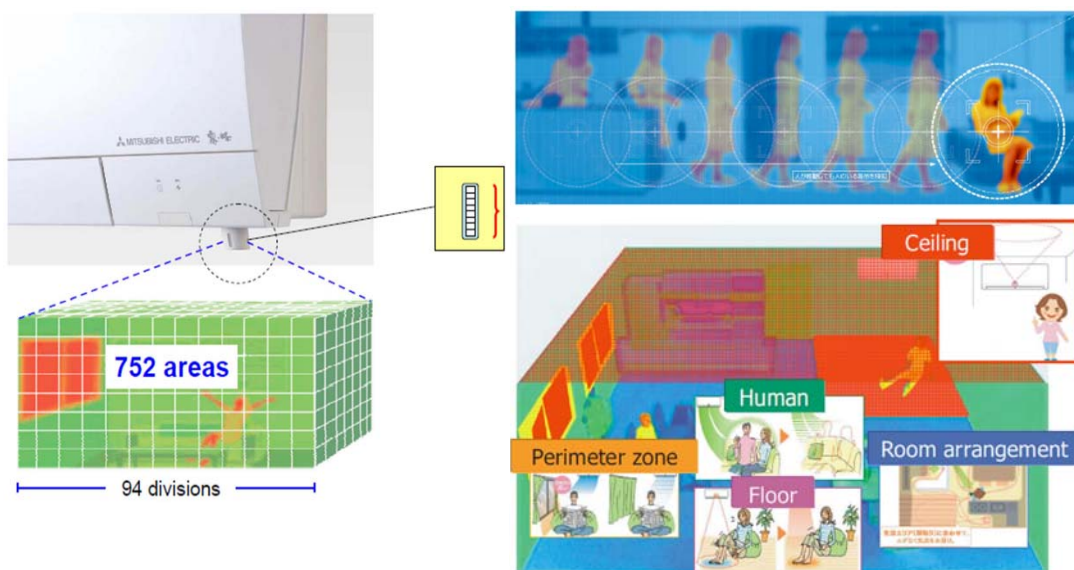
Obr. 6 Deluxe nástěnné jednotky MSZ-FH

Nástěnné jednotky mají dvojitou žaluzii. Její dvě křídla se dají na sobě nezávisle ovládat a díky této funkci jednotka může „zasáhnout“ dvěma proudy vzduchu dva cíle v jeden čas. Dále se tato funkce dá využít v mezonetových bytech, kde je možné jednu žaluzii nastavit do horního patra a druhou do spodního patra.



Obr. 7 Dvojitá žaluzie

Další novinkou je instalace „Human senzoru“ v čelním panelu nástěnné jednotky. Inovovaný i-See senzor, který byl u této řady, díky svým funkcím, přejmenován na „Human senzor“. Je to vlastně termočlánek určený pro měření tepelného záření z povrchu těles. Tento článek se skládá z 8 elementů a vyjíždí na spodní části jednotky. Human senzor může detekovat až 752 oblastí ve třírozměrném prostředí. Senzor velmi přesně detekuje člověka v místnosti a to díky měření teplotních rozdílů. Termočlánekový senzor hledá místo, kde se v místnosti vyskytuje člověk a poté změří množství lidské aktivity v místnosti. Klimatizace pak může v místnosti pracovat daleko efektivněji na základě zjištěných parametrů. Výhodou tohoto senzoru ještě je to, že detekuje teplotu v celém domě a tím zabraňuje plýtvání energií. Zajímají ho teploty stropu, podlahy, zdí, nábytku a lidí.



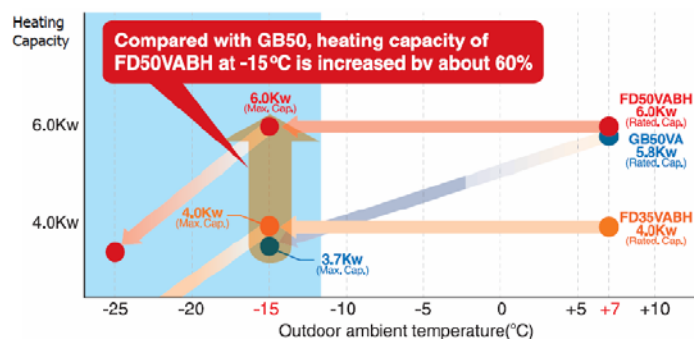
Obr. 8 Human senzor

Jednotky jsou standardně vybaveny W-filtrem pro čištění vzduchu, který je podobný filtru, který byl použit v jednotkách FD s názvem Plasma duo filtr. Jednotka pak je schopna velmi dobře odstranit polévaté viry, houby, plísně, alergenů, ale také prach a zápach.

INOVOVANÉ JEDNOTKY URČENÉ PŘEVÁŽNĚ NA VYTÁPĚNÍ MSZ-FD VABH

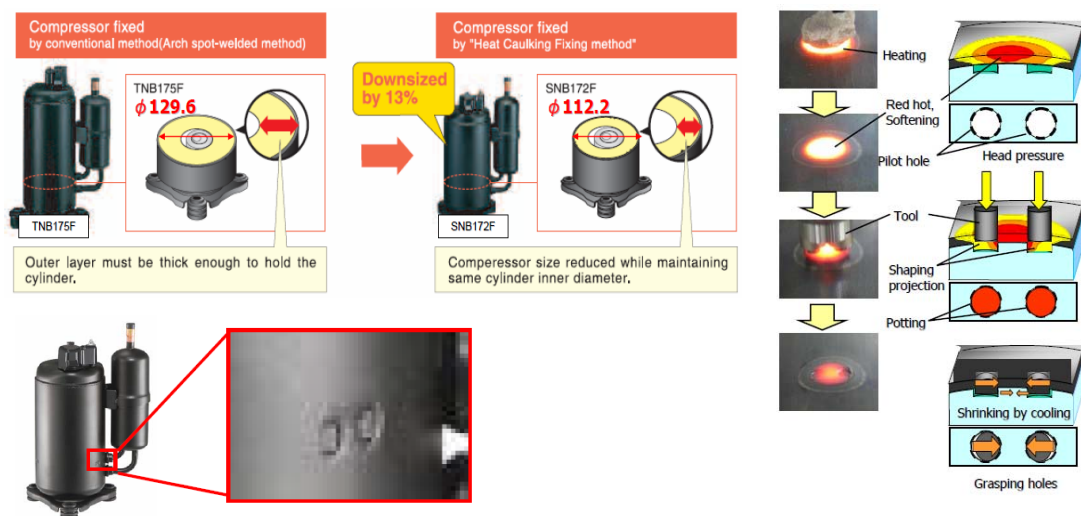
Řada deluxe jednotek MSZ-FD byla rozšířena o modely určené převážně pro vytápění v oblastech s nízkou venkovní teplotou. U těchto jednotek byl navýšen topný výkon, zvýšena energetická účinnost a důraz byl kladen i na tichý provoz. Jednotky jsou standardně vybaveny

i-See senzorem, Plasma duo filtrem a speciálními funkcemi k čištění např. Mold fighter a Quick Clean Body systémem. Konstrukteři se při inovaci těchto jednotek nejvíce zaměřili na nový kompresor, který je schopen udržet 100% topný výkon až do venkovní teploty -15 °C a přitom byly zmenšeny jeho rozměry oproti standardním modelům jednotek. Rozsah garantovaného použití jednotek FD VABH byl rozšířen až do venkovní teploty -25 °C.



Obr. 9 Provozní rozsah použití – režim vytápění

Klíčová technologie s názvem „Heat Caulking Fixing method“, která byla použita při výrobě kompresoru zmenšila jeho rozměry (vnitřní průměr válce), ale ponechala kompresoru stejný výkon. Díky tomu bylo možné do jednotky instalovat výkonnější kompresor o stejných rozměrech jako byl ten původní.

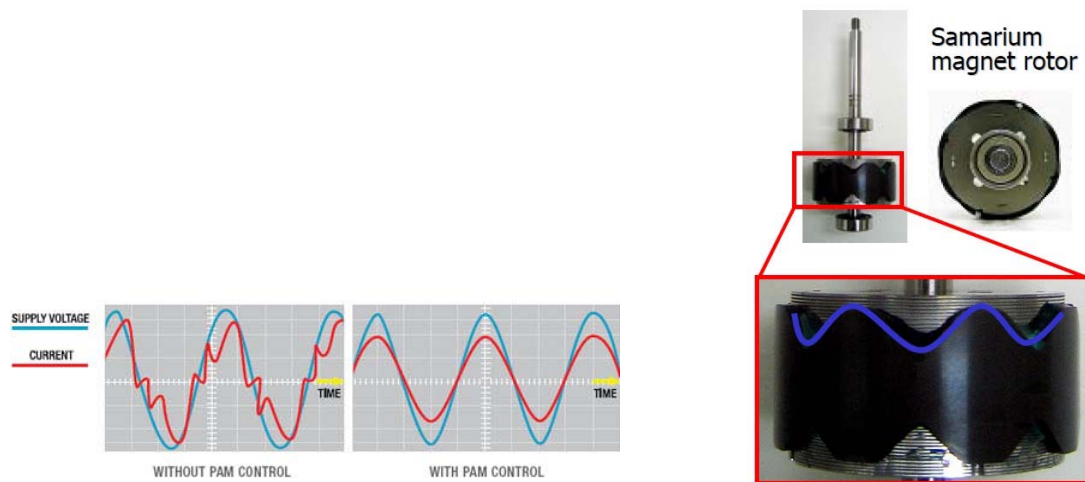


Obr. 10 „Heat Caulking Fixing“ metoda

Technologie „Heat Caulking Fixing method“ je unikátní technologie vyvinutá výrobcem Mitsubishi Electric. Dva otvory jsou předem vyvrtány do styčných ploch mechanických částí. Rozehřátý plášť kompresoru je silou přitlačen na připravené otvory a po vychladnutí vlivem smrštění materiálu utěsní mechanické části kompresoru.

Ve venkovních i vnitřních jednotkách jsou použity invertorem řízené DC motory. Použité motory mají vysokou hustotu magnetické síly, která zaručuje vysokou energetickou účinnost. V motorech jsou použity magnety ze vzácných zemin, které mají až 3x větší zbytkovou hustotu magnetické indukce než feritové magnety. S těmito magnety mají jednotky MSZ-FD vyšší účinnost. Při řízení invertorem je použita technologie na redukci elektrických ztrát tzv. DC Inverter PAM control (pulsní amplitudová modulace). Upravuje vlny el. proudu tak, že se

blíží k vlnám el. napětí. Tím je redukován vznik vyšších harmonických a je zde efektivně využito až 98 % přívodního elektrického napětí. U ventilátorů venkovní jednotky je navíc použita technologie „Samarium Magnet“, která díky speciálnímu tvaru magnetu rotoru dále zvyšuje jeho energetickou účinnost. Jde o to, že vzniklá magnetická síla, díky speciálnímu tvaru magnetu rotoru, se svým průběhem blíží k průběhu provozního elektrického proudu a proto mají vzniklé sinusové vlny hladký průběh bez elektrických ztrát. Standardní výbavou jednotky je i-See senzor, plazma duo filtr s funkcí ionizace pomocí plazmové elektrody (redukce plísní, virů, prachu a alergenů). Všechny tyto funkce jsou zachovány jako u standardního modelu MSZ-FD.



Obr. 11 DC invertorové motory

NOVÉ JEDNOTKY ŘADY MR. SLIM SUPER DELUXE INVERTER PUHZ-ZRP

V sérii Mr. Slim koncem roku 2012 přibude nová řada jednotek Super Deluxe Inverter s označením PUHZ-ZRP. Tyto jednotky budou patřit mezi řady jednotek Power Inverter a Zubadan. Jednotky byly vyvinuty dle ErP a tak dosahují vysokých hodnot sezónních SCOP a SEER. Dle kombinace vnitřního dílu se tyto jednotky zařazují do energetických tříd A, A+ nebo A++. Jednotky se budou dodávat ve výkonových třídách 35, 50, 60, 71, 100, 125 a 140. Tedy v rozsahu chladicích výkonů od 3,5 kW do 14,0 kW.

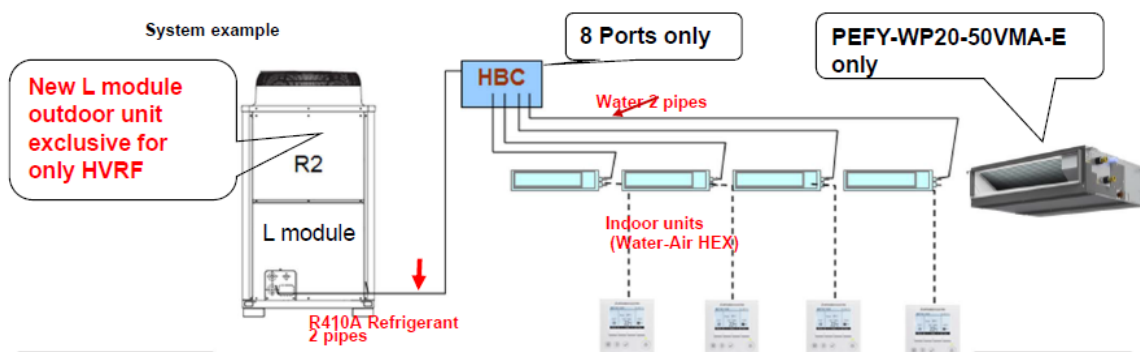
NOVÉ VENKOVNÍ JEDNOTKY ŘADY VRF CITY MULTI S OZNAČENÍM YKM

U těchto jednotek došlo k dalšímu zlepšení energetické účinnosti o cca 6 %, optimalizace jednotek pro sezónní SCOP a SEER. Byly přidány nové funkce jako možnost nastavení dvou bodů teplot (zvlášť pro chlazení a zvlášť pro topení), možnost měření spotřeby integrovaným elektroměrem přímo ve venkovní jednotce, speciální funkce pro úsporu elektrické energie, zredukovaná elektrická spotřeba ve stand-by režimu, rozšíření provozního rozsahu chlazení a vytápění až do venkovní teploty -25 °C. Pro snazší návrh systému bylo zlepšeno maximální převýšení mezi vnitřními jednotkami na 30 metrů a byla prodloužena maximální vzdálenost od první odbočky na 90 metrů. Více detailů bude k dispozici až koncem roku 2012.

VÝVOJ NOVÉ GENERACE VODNÍCH VRF – HVRF (HYDRO VRF)

Mitsubishi Electric tento rok ukončuje vývoj nového vodního VRF s označením HVRF, těsně před spuštěním sériové výroby. Nové hybridní (chladiivo/voda) jednotky budou jedinými svého druhu na trhu. HVRF systémy jsou odvozeny od současných systémů ze série R2. Má se u nich využít možnosti lepší regulace vodního systému a bude redukovat problémy s legislativou ohledně bezpečnosti použití chladiva R410A například v hotelových

komplexech, kde se musí kontrolovat celková náplň chladiva ve venkovní jednotce a objem místnosti, aby se v případě netěsnosti systému zabránilo újmě na zdraví uživatelů dané místnosti. Dále odpadne problém s vyšší hlučností vnitřních jednotek při otevírání a zavírání lineárních expanzních ventilů. Teplota vody je oproti vypařovací teplotě velmi stabilní a proto regulace tohoto systému bude o mnoho stabilnější než u normálního VRF systému. Teploty výstupního vzduchu z vnitřní jednotky budou pro případ chlazení vyšší a tím bude dosaženo dobré tepelné pohody (menší pracovní rozdíl teplot než u klasického VRF).



Obr. 12 Schéma systému Mitsubishi Electric HVRF

Další výhodou bude menší pokles teploty v místnosti v průběhu odmrazování (režim vytápění) a menší množství chladiva v systému. S vodním chladivovým okruhem bude možné využít u 2-trubkového systému zpětné získávání tepla. Systém se bude skládat ze speciální venkovní jednotky označené PURY-WP, vodního/chladivového WBC controlleru CMB-WP (8 portů) a nových vnitřních jednotek s tepelným výměníkem voda/vzduch. Systém bude umožňovat vytápění i chlazení v různých místnostech současně jako standardní systém R2, jen k vnitřním jednotkám bude z WBC přivedena dvěma trubkami chladicí resp. topná voda. Výhodou celého systému je jeho snadná instalace oproti klasickému vodnímu systému se dvěma zdroji tepla resp. chladu a 4-trubkovým rozvodem. Na závěr je důležité podotknout, že COP tohoto hybridního vodního systému je úplně stejné jako COP VRF systému o stejném výkonu.



REGULACE VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY JAKO PROSTŘEDEK PRO ÚSPORY ENERGIE

Jan Hřebec

C.I.C. Jan Hřebec s.r.o
jan.hrebec@cic.cz

ANOTACE

Příspěvek pojednává o možnostech úspor energie při provozu vzduchotechnické jednotky z hlediska vhodně zvoleného způsobu řízení. Ukazuje na místa, kde se energetický potenciál skrývá, možnosti úspor, které jsou dány vhodnou volbou požadavků na kvalitu prostředí, doporučení pro vybavení jednotky a způsoby komunikace řídicího systému jednotky s okolím.

PROJEKTOVÉ STÁDIUM – PROFESE VZDUCHOTECHNIKA

Při projektu vzduchotechniky je obvykle uvažováno s jedním až dvěma projektovými stavy – zimním eventuelně letním výpočtovým provozem.

Při tom v reálném provozu jsou doby (měřeno v hodinách za rok), kdy se provoz blíží projektovaným podmínkám víceméně výjimečné a nastávají pouze v období letních či zimních extrémů.

Z hlediska projektanta vzduchotechniky je samozřejmě správné dimenzovat soustavu pro extrémní podmínky, ať už se jedná například o dimenzování ohřivačů v zimě, nebo o návrh chladičů v letním období.

Při provozu však jednotka dosahuje provozního stavu shodného s projektovaným jen výjimečně.

REALIZACE / SKUTEČNÝ PROVOZ

Shrňme si, které faktory je třeba u vzduchotechnického zařízení zaručit po celou dobu životnosti, které jsou pevně dané, a které jsou proměnné.

Základními požadovanými faktory vnitřního prostředí jsou průtok vzduchu a teploty, eventuelně vlhkost a kvalita vzduchu, kterých má být ve větraném prostoru dosahováno.

Z hlediska zákonných požadavků jsou tyto parametry obsaženy v technických normách a hygienických předpisech. Pro konkrétní stavbu jsou uvedeny v projektu. Není obsahem tohoto vystoupení zde detailně probírat způsoby a určování jejich hodnot.

Je však třeba zde zmínit, že projektované hodnoty (průtok, topný a chladicí výkon) vycházejí z předpokládaného užití větraného prostoru a je třeba zajistit, aby schopnost zařízení dosahovat projektovaných hodnot například při běhu na plný výkon v extrémních teplotních podmínkách zůstala zachována po celou dobu životnosti zařízení.

Na kontrolu takovéto schopnosti se mohou zaměřovat různé kontroly ze strany dozorových orgánů a je to koneckonců i v zájmu provozovatele či vlastníka zařízení.

Nicméně je zřejmé, že projektovaný, tj. maximální výkon nebude jednotka odvádět po celou dobu své životnosti nepřetržitě.

Provozovatel si může zvolit, že v závislosti na různých okolnostech bude provozovat vzduchotechnickou jednotku na nižší, než projektované maximální výkony.

Volitelnými parametry – žádanými hodnotami, které lze měnit obvykle jsou:

- Přiváděné množství čerstvého vzduchu
- Vnitřní teplota / teplota přiváděného vzduchu
- Vnitřní vlhkost / vlhkosti přiváděného vzduchu
- Koncentrace plynů - škodlivin

VSTUPNÍ ENERGIE PRO PROVOZ

Na vzduchotechnickou jednotku, respektive na celou vzduchotechnickou soustavu je možno nahlížet jako na systém, který nám má zajistit vnitřní prostředí v požadované kvalitě. Ale z provozního hlediska je ho možno také vidět jako významný spotřebič různých druhů energie. Je jisté, že čím lépe se nám podaří definovat požadavky na kvalitu vnitřního prostředí v různých provozních stavech a čím se nám lépe podaří provozovat systém ve stavech, které spotřebovávají méně energie, tím vyšších úspor energie dokážeme v provozu dosáhnout.

Vzduchotechnika je obvykle spotřebičem těchto energií:

Tepelná energie na ohřev přiváděného vzduchu

$$P_t \cong V \cdot \Delta T \quad (1)$$

Potřebný topný výkon je úměrný množství ohřívajícího vzduchu a teplotnímu rozdílu, o který se přiváděný vzduch ohřívá.

Z toho nám plyne, že spotřebu tepla ovlivňuje:

- Aktuální průtok přiváděného čerstvého vzduchu
- Teplotní rozdíl, o který je třeba vzduch ohřát

To jsou dvě veličiny, jejichž ovlivňováním lze dosáhnout snížení energetické náročnosti.

Průtok čerstvého vzduchu je možno regulovat:

- zapínáním a vypínáním zařízení dle potřeby
- změnou množství celkového přiváděného vzduchu
- změnou podílu čerstvého vzduchu v přiváděném vzduchu

Teplotní rozdíl je možno snížit:

- snížením požadavku na teplotu přiváděného vzduchu (obvykle dáno a nelze měnit)
- zvýšením vstupní teploty před ohřivačem – zpětné získávání tepla

Energie pro chlazení

$$P_{ch} \cong V \cdot \Delta h \quad (2)$$

Potřebný chladicí výkon je úměrný množství ochlazovaného vzduchu a rozdílu entalpií, o který se přiváděný vzduch chladí.

Pro energii pro chlazení platí totéž, co o energii pro ohřev, avšak ještě s větším důrazem, neboť 1 GJ chladicího výkonu je obvykle násobně dražší než 1 GJ výkonu topného.

Při snížení spotřeby energie na chlazení je možno využívat:

- principy uvedené v bodě o ohřevu přiváděného vzduchu a dále

- tzv. freecooling, kdy je s výhodou využíváno noční předchlazování budovy v letním období chladným nočním venkovním vzduchem
- adibatické chlazení, které má řádově nižší náklady na chlazení, než chlazení strojní – kompresorové

Energie pro pohon ventilátorů

Změna průtoku přiváděného vzduchu:

Tento způsob regulace přináší největší úspory energie. Nejen že snížený průtok snižuje i množství dodávaného tepla či chladu, ale při snížení průtoku dochází i k významnému snížení spotřeby energie pro ventilátory.

Elektrický příkon je úměrný součinu celkové tlakové ztráty a průtoku vzduchu.

$$P_e \cong \Delta p_z \cdot V \quad (3)$$

Celková tlaková ztráta je za předpokladu neproměnné potrubní sítě (což obvykle bývá) úměrná druhé mocnině rychlosti, tedy i průtoku vzduchu [1]

$$\Delta p_z \cong \rho \cdot w^2 \quad (4)$$

Použitím vztahu mezi rychlostí a průřezem a při jistém zjednodušení (většinu členů zahrneme do konstanty k), dojdeme ke vztahu

$$P \cong V^3 \quad (5)$$

Elektrický příkon je tedy úměrný třetí mocnině průtoku vzduchu přes ventilátor.

Tato závislost je velmi strmá a každá malá změna průtoku směrem dolů pronikavě snižuje spotřebu elektrické energie (snížení průtoku o 10% snižuje elektrický příkon o 27%)

Pro snížení spotřeby energie je možno využívat:

- regulace systémem zapnuto/vypnuto
- spojitá regulace výkonu – obvykle frekvenčním měničem nebo přímým řízením motorů s integrovanou elektronikou (např. DC motory).
- regulace na konstantní průtok – snižuje spotřebu energie provozováním soustavy na přesně daném průtoku při proměnném odporu sítě (směšování, připínání a odpínání zón, zanášení filtrů)
- regulace na konstantní přetlak / podtlak v potrubí přiváděného / odváděného vzduchu – mění vzduchový výkon v závislosti na otevírání jednotlivých zón – obvykle vícezónové soustavy s regulátory průtoku v potrubí.

Zařízení (vzduchotechnická jednotka) obvykle není technicky schopno lineárně sjíždět s výkonem až k úplnému zastavení, a je tedy regulovatelné obvykle v rozsahu (0, x..100%).

Nejběžnější asynchronní motory (dnes již pouze třídy IE2, nebo lepší) není doporučeno trvale provozovat pod frekvencí 20Hz, neboť při nízkých frekvencích není zaručeno dostatečné chlazení. Použitím termistorů, měřících teplotu ve vinutí motorů či nuceným chlazením motorů, lze zvýšit ochranu motorů při běhu v nízkých otáčkách.

Vzduchotechnická soustava a změna průtoku přiváděného vzduchu:

- Některé vzduchotechnické soustavy umožňují zachovat řádný obraz proudění vzduchu ve větraném prostoru (například příčné větrání při použití standardních výustek-mřížek) - lze měnit průtok vzduch dle potřeby

- Některé však pro svoji správnou funkci potřebují plný projektovaný průtok vzduchu (např. při distribuci pomocí dýz, trusek nebo textilních rukávů).
- lze měnit jen průtok čerstvého vzduchu (směšování), přiváděný vzduch lze regulovat jen zapnuto/vypnuto
- Některé soustavy umožňují provoz s proměnným průtokem, při zachování přetlaku na výstupu z jednotky (soustavy s regulátory průtoku v jednotlivých větvích)
- lze regulovat na konstantní přetlak v přívodním vzduchu.

Množství čerstvého vzduchu

Nelze-li provozovat soustavu s proměnným průtokem, je vhodné zvolit takovou konfiguraci jednotky, která obsahuje směšování a umožňuje volit množství přiváděného čerstvého vzduchu.

Tímto způsobem lze dosáhnout úspor tím, že ohříváme či chladíme jen to množství čerstvého vzduchu, které je nezbytně nutné.

Množství čerstvého vzduchu je vhodné regulovat na základě koncentrace škodlivin ve větraném prostoru (vlhkost, CO₂)

V případě neexistence těchto čidel lze alespoň odlišně nastavit množství čerstvého vzduchu v jednotlivých pracovních bodech - režimech.

DIMENZOVÁNÍ / SKUTEČNÝ PROVOZ

S jednotkou, která je technicky schopna pracovat v různých provozních režimech lze při správném provozování dosáhnout vyšších úspor spotřebované energie.

Dnes je již prakticky každá námi vyráběná jednotka vybavena frekvenčním měničem a umožňuje regulaci s proměnným průtokem. Toto dnes považujeme za minimální standard.

Pokud způsob distribuce vzduchu neumožňuje měnit průtok přiváděného vzduchu, je vhodné (doporučuji projektantům), aby jednotka umožňovala alespoň směšování čerstvého vzduchu s oběhovým, které umožní při použití vhodných čidel (vlhkost, CO₂) udržovat zadané parametry s minimálním množstvím čerstvého vzduchu a tedy i s minimalizovanými nároky na topnou či chladicí energii.

OVLÁDÁNÍ

Požadavky - stavové veličiny

Základními žádanými výkonovými a stavovými veličinami, se kterými pracuje regulace H-Control, dodávaná s našimi vzduchotechnickými jednotkami jsou:

- Množství přiváděného vzduchu (0-100% projektované hodnoty)
- Poměr čerstvého vzduchu (0-100% přiváděného vzduchu)
- Teplota (°C)
- Relativní vlhkost (%)
- Měrná vlhkost (g/kg s.v.)
- Koncentrace škodlivin, CO₂ (ppm)

Tyto veličiny se zadávají do řídicího systému jako požadované s tím, že dle vybavení každé jednotlivé jednotky lze zadávat jejich horní nebo dolní požadovanou mez.

Zadání požadavků

Základním požadavkem, aby vzduchotechnická jednotka pracovala energeticky optimálně je, aby dostala od okolí požadavek, jaká práce se po ní v daný okamžik chce.

Vodítkem pro klasifikaci možností může být například tabulka z [2], udávající možné typy řízení kvality vnitřního vzduchu:

Tab. 1 Možné typy řízení kvality vnitřního vzduchu (IDA-C)

Třída	Popis
IDA – C1	Systém je nepřetržitě v provozu
IDA – C2	Manuální ovládání Systém je provozován dle manuálně ovládaného spínače
IDA – C3	Časové řízení Systém je v provozu dle časového harmonogramu
IDA – C4	Řízení podle přítomnosti osob Systém je provozován podle přítomnosti osob (vypínač osvětlení, infračervené snímače)
IDA – C5	Řízení podle obsazenosti (počet osob) Provoz systému je závislý na počtu přítomných osob v prostoru
IDA – C6	Řízení podle škodlivin (čidla plynů) Systém je řízen čidly měřícími parametry vnitřního vzduchu nebo podle přizpůsobených kritérií (CO ₂ , vlhkost, koncentrace plynů)

Je vidět, že i autoři normy udávají tento výčet jako příklad možného a praxe ukazuje, že se často může jednat i o kombinaci jednotlivých, zde uvedených typů.

Nejlepší by samozřejmě bylo, kdyby jednotlivé požadované provozní režimy byly již předem v projektové fázi zkonzultovány (projektant s investorem) a bylo pamatováno na to, jakým způsobem budou aktivovány (digitálním vstupem, spojitým signálem)

Z osobní praxe máme častou zkušenost, že technicky nejlépe se způsob nastavení typů provozu domlouvá se zástupcem provozovatele v době uvádění jednotky do provozu. Obvykle totiž budoucí provozovatel (technik, správce) ví, co přesně od vzduchotechniky chce a dokáže si představit i dynamické situace při provozování zařízení.

Praktickým příkladem budiž multifunkční sál, který potřebuje jiný režim větrání při divadelním představení, jiný při rockovém koncertu, přestávkách, zkouškách, tanečních plesech, sportovních událostech atd. Bohužel je někdy již nemožné ve fázi uvádění do provozu splnit všechna přání budoucích provozovatelů a pak se obvykle „vaří z vody“ na místě z toho, co jednotka a její regulace umožňují.

Základem každé kvalitní regulace by měla být možnost regulace umožnit řízení typu C2, C3, či C4, tj. přijímat požadavky (signály ON/OFF) na několik pracovních bodů – režimů, které se mohou realizovat například otočným přepínačem režimů, či soustavou vypínačů/přepínačů. Toto řešení má tu výhodu, že budoucí uživatelé jsou obvykle schopni relativně dobře nadefinovat požadavky v jednotlivých režimech (teplota, průtok, množství čerstvého vzduchu). Stačí pak nastavit jednotlivé režimy a i laická obsluha je schopná mezi nimi bezproblémově přepínat.

Další možností jak zadávat proměnné požadavky na chod je analogový signál (obvykle 0-10V), dálkové ovládání, nebo potenciometr (otočný knoflík). Obvykle se tímto signálem ovládá požadovaná teplota nebo průtok vzduchu.

Řízení typu C4, C5 a C6 již vyžaduje velmi dobrou přípravu již z projektového stádia, kdy nejdůležitějším předpokladem správné funkce bývá získání odpovídajících signálů pro řízení a jejich provázanost s ostatními systémy budovy (topení, chlazení, osvětlení, atd.). Jedná se zejména o signály, udávající obsazenost prostoru. Může se jednat o jednoduché digitální signály z vypínačů osvětlení, pohybových čidel atd. nebo o složitější analogové signály, udávající například počet prodaných lístků v divadle, počet běžících strojů, nebo množství koupajících se lidí.

Často jsou tyto funkce realizovány na úrovni řídicího systému celé budovy (BMS) a regulace vzduchotechniky dostává od tohoto systému již požadavky zpracované do podoby pro ni srozumitelné (průtok vzduchu, teplota, vlhkost).

Nežřídkou se setkáváme se situací, kdy je jednou VZT jednotkou větráno několik zón (pater) v objektu. V takovém případě je jednoduchá logika se spínači v každé zóně a relátky, vytvářejícími vstupní signály pro řídicí systém jednotky ideální levnou kombinací.

Řídicí systém H-Control má možnost rozlišit na vstupech až 8 požadavků na chod dle pracovních bodů. Umožňuje tedy řídit výkon jednotky v třech nezávislých zónách ve všech kombinacích jejich obsazenosti.

Hlášení stavů

Tak jako regulace vzduchotechnické jednotky získává informace o tom, jaké jsou na ni kladeny požadavky, je vhodné, aby též signalizovala ostatním zařízením svoje stavy a požadavky.

Jedná se zejména o poruchové signály (Alarm – velká porucha, Varování – malá porucha), signály o chodu (CHOD/STOP, nebo signál o chodu v daném pracovním bodě).

Typickým příkladem může být požadavek na topnou vodu pro teplovodní ohřívač, kterým regulace sděluje kotelně a oběhovému čerpadlu ve VZT okruhu svůj požadavek na dodávku tepla.

Hlášení poruchových stavů vizuálně, akusticky, či přes SMS bránu, emaily apod. se dnes také stává čím dál více standardem.

Realizovali jsme též případ, kdy byla přes BMS získávána z řídicího systému několika vzduchotechnických jednotek informace o poloze směšovacího ventilu ohřívače a následně z ní (a dalších) byla zpracována informace o požadované teplotě topné vody. Vzhledem k tomu, že zdrojem tepla byl kondenzační plynový kotel, umožnil tento způsob řízení udržovat teplotu topné vody za kotlem na nejnižší možné teplotě a dosahovat tak vyšší účinnosti při práci těchto kotlů.

Příkladem jednoduchého využití předaných informací o aktuálních pracovních bodech může být ovládání potrubních klapek, které uzavírají vzduch do jednotlivých zón. Regulace H-Control umí posílat na digitální výstupy informace o chodu ve čtyřech různých pracovních bodech.

Jiným příkladem je použití invertovaného signálu chod pro spuštění záložní jednotky v provozu, kde je zachování trvalého větrání velmi důležité.

Další možností je blokování či uvolnění chodu chladicích zařízení ve větraném prostoru v závislosti na topení VZT jednotky či naopak – blokování topení při spuštěném chladicím zařízení.

Takovými jednoduchými vazbami je možno dosáhnout provozní úspory energie tam, kde by nesprávně vyladěné systémy (topení, vzduchotechnika, technologie) způsobovaly současný chod protichůdně pracujících zařízení.

SYSTÉM MĚŘENÍ A REGULACE H-CONTROL

Naše společnost C.I.C. Jan Hřebec s.r.o. již 18 let dodává na český i zahraniční trh vzduchotechnické jednotky řady H a HL pro použití v rezidenční sféře, průmyslu a pro odvlhčování bazénů.

Do dnešního dne máme realizováno více než 10 000 instalací jednotek ve více než dvaceti zemích Evropy a Asie.

Od roku 2010 dodáváme k našim jednotkám vlastní řídicí systém H-Control.

Jedná se o malý výkonný systém pro autonomní řízení vzduchotechnických jednotek s webovým ovládáním, který ve světle tohoto článku disponuje následujícími možnostmi:

- Řízení množství čerstvého vzduchu, teploty, vlhkosti, koncentrace plynů
- Řízení průtoku dle otáček, na konstantní průtok, či na konstantní tlak na výtlaku
- Řízení dle čidla v přiváděném nebo odváděném vzduchu nebo dle referenčního čidla v místnosti
- Optimalizované algoritmy řízení při proměnném průtoku vzduchu
- Ovládání přes webové rozhraní
- Práce až v 8 rozdílných pracovních bodech
- Časový program
- Volba pracovních bodů přes digitální a analogové vstupy
- Ovládání dálkovým ovladačem s displejem
- Úplné ovládání a hlášení stavu přes datovou sběrnici MODBUS a webové rozhraní
- Ovládání dalších zařízení na základě pracovních bodů

ZÁVĚR

Závěrem bych chtěl apelovat na to, aby zejména složitějších instalace, které obsahují několik systémů, byly již ve stádiu projektu, kdy je možné vzájemně dohodnout požadavky mezi jednotlivými profesemi, dostatečně mezi profesemi koordinovány a umožnily sladit budoucí provozní požadavky, který jeden systém budovy klade na druhý.

Zejména v současné době, kdy termíny jako „Inteligentní budova“ či „Řízení na základě potřeby“ (DCV) jsou módním tahákem pro investory a provozovatele je vhodné dosáhnout toho, aby systém řízení budovy či inteligentní dům nebyl jen prodlouženým dálkovým ovladačem každého zařízení zvlášť, ale aby jednotlivá zařízení spolupracovala při zajišťování tepelné a jiné pohody v budovách při minimálních nárocích na vnější vstupy energie.

LITERATURA

- [1] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. *Větrání a klimatizace*. Technický průvodce svazek 31, Bolit-B press Brno, 1993, ISBN:80-901574-0-8
- [2] ČSN EN 13779 Větrání nebytových prostor – Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy. ÚNMZ, 2010

SEZNAM OZNAČENÍ

P	příkon, výkon (tepelný, elektrický)	[W]
V	objemový průtok	[m ³ .s ⁻¹]
T	teplota	[°C]
h	entalpie	[J.kg ⁻¹]
p	tlak	[Pa]
w	rychlost	[m.s ⁻¹]



SPOLEČNOST LENNOX VÁM POMÁHÁ ŠETŘIT ENERGII

Product Manager divize chillerů společnosti Lennox

CIUR a.s.

www.ciur.cz

ÚVOD

15 % úspory jsme u našich chillerů Neosys a Ecolean dosáhli použitím technologie čerpadla s proměnlivým průtokem eDrive™.

ÚSPORY ENERGIE

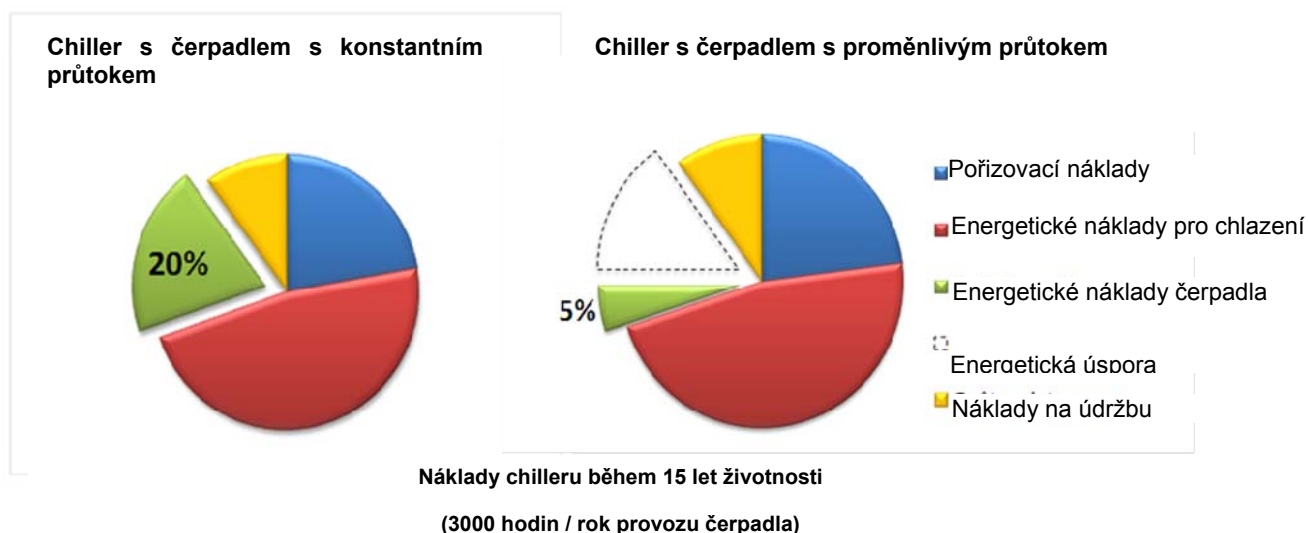
V době, kdy se v naší profesi hledá jakákoli cesta ke zlepšení energetické účinnosti chillerů, bychom si měli uvědomit, že ve vodním systému je čerpadlo jednou z hlavních položek spotřebovávajících energii. Osvědčeným a ekonomickým řešením je použití frekvenčních měničů pro změnu otáček oběhových čerpadel.

Ve skutečnosti, i přestože poptávka po chilleru s vysokou účinností třídy “ A ” je správná a přispívá ke snížení poplatků za energii, je velmi důležité pořídit stroj za nejlepší možnou cenu, jinak se doba návratnosti investice velmi výrazně prodlouží... A v tom tkví problém. Poptávka vysokého faktoru EER při plném zatížení nutí výrobce zvětšovat teplosměnnou plochu, čímž se zvyšují náklady na pořízení chilleru. Je to rozumné, když víme, že 97 % času je chiller v provozu při částečném zatížení? Nebylo by lepší hledat všechny potenciální úspory při snížené zátěži?

Jelikož víme, že energetické náklady čerpání mohou představovat více než 20 % celkové spotřeby chladicí jednotky, společnost Lennox se přiklání k použití čerpadla s proměnlivými otáčkami, které sníží průtok ve chvíli, kdy je požadavek budovy uspokojen. Technologie čerpadla s proměnlivými otáčkami je jedním z vzácných případů, který nabízí návratnost dříve než po jednom roce. U “čerpadlového” systému činí získané úspory energie zhruba 75 %. Toto ekonomické řešení vyvinuté společností Lennox nám odteď umožňuje objednávat chillery Neosys a Ecolean s možností oběhového čerpadla s proměnlivým průtokem.



Obr. 1 eDrive™ čerpadlo s proměnlivým průtokem od společnosti Lennox



Obr. 2 Rozložení nákladů chilleru po 15 letech životnosti (Zdroj: Lennox)

Dosud byly v podstatě možné dva typy hydraulických systémů pro chillery s “přímým” okruhem: se stálým průtokem nebo “zdvojený” primárně-sekundární okruh s konstantním primárním.

Některé chillery nyní nabízejí oběhové čerpadlo s proměnlivými otáčkami a provoz s třetím možným typem hydraulického systému: “přímým” okruhem s proměnlivým primárním průtokem (DPV).

Je nutné určité vysvětlení. Mnoho let podporovali výrobci “jednotek” zákazníky a projektanty, aby se případným problémům vyhnuli tím, že se budou držet konstantního průtoku výparníkem. Ve skutečnosti ale jednotky provozované se základním nastavením nezaručují spolehlivý provoz a snížení průtoku vody výparníkem “bez instalovaného řízení” vede k velikému riziku zamrznutí výparníku, případně dalším závadám. Je také nutné znát rizika provozu s laminárním průtokem přes výparník.

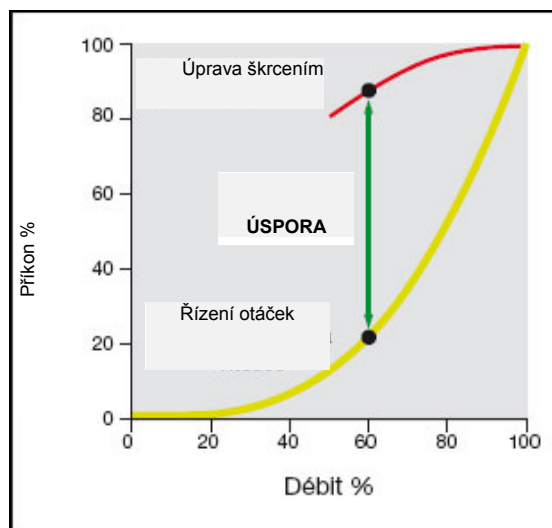
Návrh spolehlivé instalace s proměnlivým průtokem vody v primáru vyžaduje speciální přístup k návrhu jednotky. Díky nové generaci regulace jsou dnes chillery společnosti Lennox schopné udržovat požadovanou teplotu vody s průtokem měnícím se v rozmezí 60 % až 100 %, čímž umožní ušetřit u čerpání až 75 % spotřebované energie za rok.

Pro připomenutí: vztah mezi proměnnými jako průtok, otáčky a spotřeba energie lze získat z tzv. teorie podobnosti. Tuto teorii lze využít i pro ventilátory a oběhová čerpadla. Teoretická spotřebovaná energie čerpadla je proto závislá na třetí mocnině otáček.

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3$$

kde P je příkon motoru a n - otáčky motoru.

- Snížení otáček o 20 % = spotřebovaný příkon klesne o 50 %
- Snížení otáček o 40 % = spotřebovaný příkon klesne o 80%

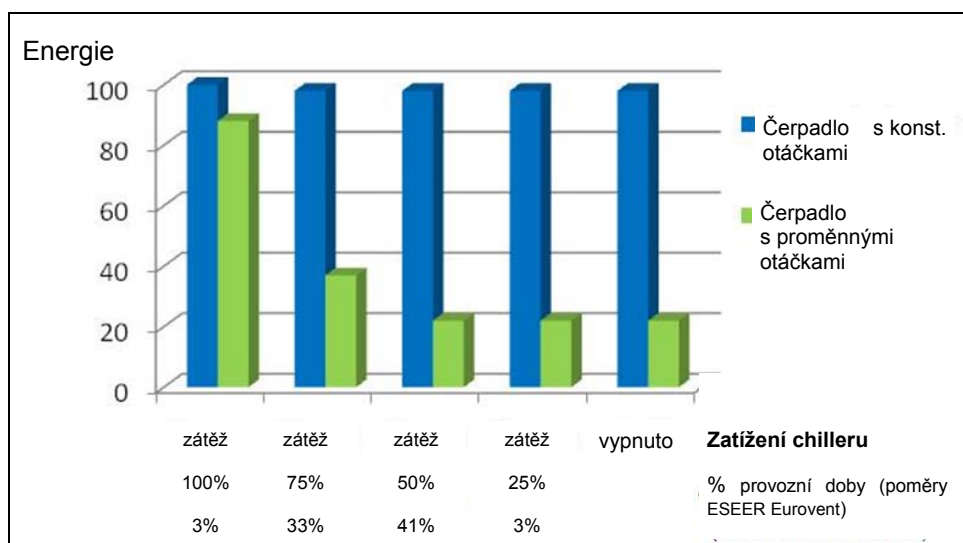


Obr. 3 Zobrazení vztahu mezi průtokem a příkonem a rozdíl v elektrické spotřebě při škrcení regulačním ventilem nebo změnou otáček motoru čerpadla (Zdroj: Honeywell)

Přestože změna průtoku je u daného čerpadla úměrná jeho otáčkám, stačí snížit průtok vody výparníkem o 20 %, abychom dosáhli 50 % úspory energie.

Úspora energie chillerů vybavených čerpadlem s frekvenčním měničem je způsobena několika důvody:

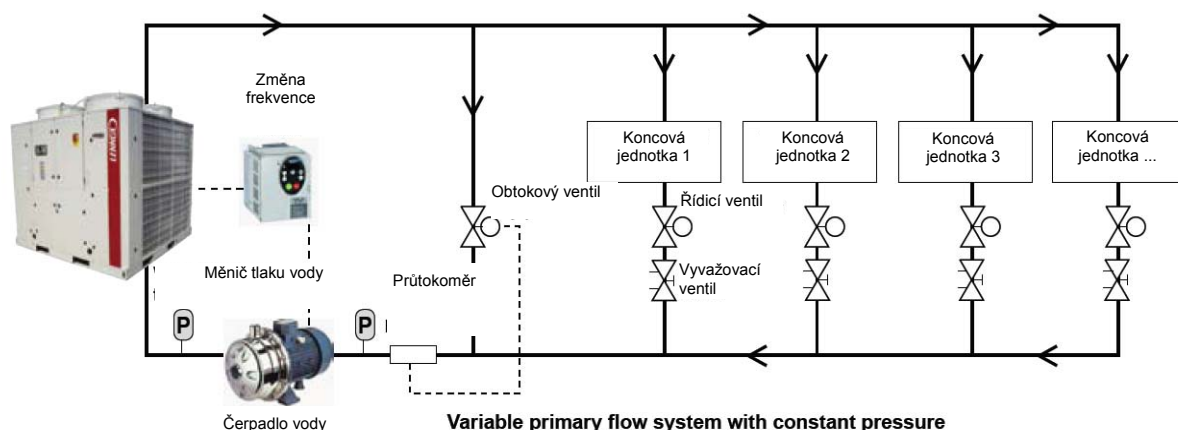
- Při plném zatížení: Ztráta energie běžně způsobená ručním regulačním ventilem průtoku vody je odstraněna. Průtok vody chilleru je poté elektronicky upraven, aby odpovídal aktuálním požadavkům instalace.
- Při částečném zatížení: Otáčky čerpadla se při provozu s částečným zatížením chilleru automaticky snižují. Toto snížení otáček se běžně řídí automaticky, aby se zachoval konstantní tlakový rozdíl v rámci instalace.
- Během období neobsazeného prostoru, kdy je chiller vypnutý (v noci, o víkendech): Regulátor může v podstatě automaticky snížit otáčky čerpadla na minimum a udržet minimální průtok výparníkem a zároveň zajistit, aby v budově nedošlo k zamrznutí.



Obr. 3 Spotřeba energie čerpadla chilleru při změně jeho otáček (Zdroj: Lennox)

REALIZOVANÉ VÝHODY: SNÍŽENÍ INSTALAČNÍCH NÁKLADŮ A EKOLOGICKY PŘÍZNIVÁ TECHNOLOGIE

Kromě úspory energie se musí přidat také možnost snížení nákladů na instalaci. Ve skutečnosti je “přímý” okruh s proměnlivým primárním průtokem (DPV) výhodnější než “zdvojený” (primárně-sekundární) okruh, protože vyžaduje pouze jedno hlavní čerpadlo a lze tak vypustit jeden okruh. K tomu se ještě musí přidat vypuštění regulačního ventilu průtoku vody, jelikož k nastavení podle aktuálních požadavků instalace dochází elektronicky.



Ve srovnání s “přímým” okruhem se stálým průtokem lze okruh s proměnlivým primárním průtokem použít u koncových jednotek s 2cestnými ventily místo 3cestnými, čímž dojde k dalšímu snížení nákladů na instalaci.

Technologie eDrive™ umožňuje velmi podstatnou úsporu nákladů v rámci instalace ventilů.

NĚKOLIK VÝHOD A RYCHLÁ NÁVRATNOST INVESTICE.

Případová studie výhod a návratnosti investice pro chiller

"Chiller s čerpadlem s proměnlivými otáčkami" vs. "Chillery s čerpadlem s konstantním průtokem". Zdroj: Lennox (výpočetní nástroj TCO a CO2)

Typ stroje		se vzduchem chlazeným kondenzátorem		
Požadovaný chladicí výkon za podmínek Eurovent	kW	500 kW		
Výkon zařízení		Stroj č.1	Stroj č.2	Stroj č.3
Výrobce		Lennox	Lennox	Konkurent
Typ stroje		Multi-scroll	Multi-scroll	Šroubový
Chladivo		R410A	R410A	R134a
Energetická třída Eurovent		C	C	A
Jmenovitý příkon stroje	kW	174	174	162
EER (Eurovent certifikace)		2,81	2,81	3,1
ESEER (Eurovent certifikace)		4,01	4,01	3,83
Průměrný příkon stroje	kW	67,3	67,3	
Typ čerpadla		eDrive TM s proměnlivým průtokem	S konstantním průtokem	S konstantním průtokem
Jmenovitý výkon čerpadla	kW	7	7	7
Průměrný příkon čerpadla*	kW	2,15	7	7
Počáteční investice (stroj + čerpadlo)	€	52000 €	51000 €	53000 €
Roční náklady na energii				
Provozních dní stroje v roce	dnů	133		
Provozních hodin stroje za den	hod	12		
Provozních dní čerpadla v roce	dnů	133		
Provozních hodin čerpadla za den	hod	24		
Náklady na elektrickou energii	€/kWh	0,07		
Roční nárůst elektřiny	%	2		
Spotřeba energie stroje (1 rok)	kWh	107,461	107,461	112,512
Náklady stroje na energii**(1 rok)	€	7 522 €	7 522 €	7 876 €
Spotřeba energie čerpadla (1 rok)	kWh	5	22,344	22,344
Náklady čerpadla na energii** (1 rok)	€	409 €	1 564 €	1 564 €
Celková spotřeba energie (1 rok)	kWh	113,309	129,805	134,856
Celkové náklady na energii (1 rok)	€	7 932 €	9 086 €	9 440 €
Celkové náklady na energii za 15 let	€	137 166 €	157 134 €	163 248 €
Emise CO ₂ za 15 let (1 kWh = 0,09 kg CO ₂)	tuny CO ₂	153 T	175 T	182 T

* Výpočet průměrného příkonu čerpadla: Průměrný příkon čerpadla vážený příkon čerpadla stroje při provozních bodech 100 %, 75 %, 50 %, 25 % a 0 % a s provozní dobou váženou podle vzorce ESEER. $P_{moy} = (3\% \times 100\%^3 \times P_{jm}) + (33\% \times 75\%^3 \times P_{jm}) + (41\% \times 60\%^3 \times P_{jm}) + (23\% \times 60\%^3 \times P_{jm})$. Vezměte na vědomí, že nejnižší nastavení průtoku čerpadla je 60 %.

** Roční spotřeba energie je vypočítána následovně:

Počet provozních dní x počet provozních hodin za den x průměrný příkon.

Díky systému eDriveTM od společnosti Lennox se dosáhne úspory energie cca. 15 % na spotřebě jednotky a 75 % na spotřebě čerpadel. Finanční úspora je také 15 % při návratnosti investice zhruba jeden rok a úsporou emisí CO₂ 1500 kg/rok. Uvědomte si, že tyto úspory jsou ještě výraznější u jednotek s reverzním cyklem. Je také zajímavé si uvědomit, že

energetická třída A nemusí nutně znamenat nejnižší spotřebu. To lze vysvětlit tím, že energetická třída Eurovent je dnes stále založena na faktoru *EER* při plném zatížení a nikoli na faktoru *ESEER* (bude následovat...). K tomu musíme přidat také fakt, že dopad čerpadla nebyl dosud při výpočtu faktoru *EER* vůbec brán v potaz.

Příklad výhod a návratnosti investice pro tepelné čerpadlo

“TČ s čerpadlem s proměnlivým průtokem” vs. “TČ s čerpadlem se stálým průtokem”.
(Zdroj: Lennox)

<i>Srovnávané položky</i>	<i>Systém se stálým průtokem s čerpadlem s konstantními otáčkami</i>	<i>Systém s proměnlivým průtokem s čerpadlem s proměnlivými otáčkami</i>
Čerpadlo s výkonem 7 kW	800 €	800 €
Frekvenční měnič + zapojení	-	800 €
Regulace průtoku vody	80 €	-
Měniče tlaku	-	80 €
Rozdíl v nákladech za čerpání	-	+ 800 €
Jednotka i čerpadlo jsou v chodu: 3600 hodin při 0,09 €/kWh* (Dny/období obsazenosti)	2 268 € Konst. otáčky (50 Hz)	697 € Proměnlivé otáčky (30-50 Hz)
Jednotka stojí, čerpadlo v chodu: 5160 hodin při 0,06 €/kWh* (Noci/neobsazená období)	2 167 € Konst. otáčky (50 HZ)	468 € Proměnlivé otáčky (30 Hz)
Roční spotřeba energie čerpáním	4 435 €	1 165 € (- 75%)
Návratnost investice do tepelného čerpadla vybaveného čerpadlem s proměnlivou rychlostí		3 měsíce
* Průměrný denní/noční tarif ve Francii. Tento tarif se může lišit v závislosti na regionu a dodavateli.		

Čerpadlo tepelného čerpadla je obecně velkou částí spotřeby energie, protože je v chodu po celý rok, v létě i zimě. V případě uvedeném výše je návratnost investice na pořízení čerpadla s proměnlivými otáčkami pro tepelné čerpadlo 3 měsíce.

SHRNUTÍ

Společnost Lennox si je dobře vědoma výhod čerpadla s proměnlivými otáčkami. Pokud není průtok v instalaci regulován, běží čerpadla neustále na plný výkon, ale tzv. komfortní aplikace vyžadují maximální průtok jen v opravdu výjimečných případech.

Společnost Lennox dnes nabízí možnost “čerpadel s proměnlivými otáčkami”, která regulují průtok vody výparníkem, čímž výrazně snižují účet za elektrickou energii.

Systém eDrive™ je řešení čerpadla s proměnlivými otáčkami nabízené společností Lennox jako standard pro řadu svých chillerů Ecolean a Neosys.

Společnost Lennox vám může vypočítat celkové náklady na pořízení a návratnost investice svých chillerů vybavených systémem eDrive™ použitím pomocného rozhodovacího nástroje "Kalkulačka TCO a CO2".



Obr. 4 Zprovoznění jednotky s čerpadlem s proměnlivým průtokem (Zdroj: Lennox)



Obr. 5 Chiller NEOSYS (Zdroj: Lennox)



POSLEDNÍ GENERACE EC MOTORŮ EBM-PAPST A JEJICH POUŽITÍ VE HVAC APLIKACÍCH

Tomáš Hason

ebm-papst CZ, s.r.o.

Tomas.Hason@cz.ebmpapst.com

ANOTACE

Článek pojednává o poslední generaci elektronicky komutovaných EC motorů společnosti ebm-papst. Tyto motory můžeme najít všude tam, kde jsou požadovány nízké provozní náklady, dlouhá životnost ale i robustní řešení. V článku jsou představeny základní vlastnosti motoru včetně možností regulace.

ÚVOD

V dnešní době je nejskloňovanější formulí moderních vytápěcích, větracích a klimatizačních technologií úspora provozních nákladů. Ty jdou ruku v ruce s pořizovacími náklady. Dnes již neplatí rovnice z minulých let, která říkala, že kvalitní ventilátor s EC motorem je automaticky drahá hračka hodná jen pro speciální aplikace a fajnšmekry. Poslední vývoj motorů společnosti ebm-papst to jasně dokazuje. Výrobce, investor i provozovatel tedy může těžit z jednoduché instalace, příznivé ceny a nízkých provozních nákladů. Ač by se mohlo zdát, že EC motory jsou novinkou poslední doby, není tomu tak. Samotný koncept EC motoru (elektronicky komutovaný motor) je znám již několik desítek let. Až v posledních letech však pokroky na poli elektrotechnického průmyslu a komponent umožnily, aby si EC motory a ventilátory prokrestily cestu z vysoce specializovaných aplikací k širokému použití téměř ve všech myslitelných odvětvích průmyslu i běžného života.

Není motor jako motor...

V dnešní době je na trhu k dispozici mnoho různých provedení EC motorů. Nejčastěji se rozdělují na motory na střídavé napětí (115, 230, 400 V AC) a na motory na stejnosměrné napětí (5, 12, 24, 48, 72, 115V DC). Zatímco EC motory na stejnosměrné napětí si našly cestu do všech oblastí IT/Telekom, elektrotechnického průmyslu nebo dopravy již před řadou let, motory na střídavé napětí dobývají svět až nyní. Proto se jim pojdme nyní věnovat.

EC motory ebm-papst se řadí do kategorie bezkartáčových DC motorů. Princip EC motoru na střídavé napětí je podobný jako u stejnosměrného. Střídavé napětí je přiváděno na vstupní svorky motoru. Zde je pomocí měniče transformováno ze střídavého na stejnosměrné. Poté je stejnosměrné napětí upraveno pomocí dalších měničů a filtrů. Nakonec je přivedeno na vinutí statoru.

Samotná elektronická komutace motoru je řízena pomocí šesti mikroprocesorů. Tyto mikroprocesory vyhodnocují v reálném čase informace z Hallových sond motoru a zároveň ze vstupu řízení motoru. Na základě požadavku aplikace (zákazníka) je předána informace řídicímu procesoru. Ten vyhodnotí situaci a na základě výpočtů dá povel k upravení otáček motoru. Díky okamžité reakci motoru na podněty vnějších signálů je možné nastavovat výkon ventilátoru a motoru téměř okamžitě. Rychlost reakce lze upravit pomocí integrovaného PID regulátoru (dle typu motoru).

Společnost ebm-papst v současné době vyrábí několik typů motorů podle velikosti a výkonu.

Motory jsou označovány číslicemi podle průměru rotoru motoru (ovlivňující krouticí moment). Nejmenší motory – motor M3G042 mají max. příkon kolem 17W. Ty největší –

motor M3G200 – pak mají max. příkon až 12 kW. Koncept motorů je motor s externím rotorem. Všechny EC motory společnosti ebm-papst jsou v současné době v provedení s integrovanou elektronikou. Díky tomu není potřeba hledat v kompaktních zařízeních další místo pro komutační elektroniku. Nespornou výhodou je i absence jakékoliv další kabeláže kromě napájecí a řídicí. Tím se omezuje riziko potenciálních problémů s vlhkostí, problémy s elektromagnetickou kompatibilitou nebo špatným zapojením. Díky tomu, že celý motor včetně řízení je výrobkem ebm-papst ručí naše společnost za bezchybné sladení a funkci všech komponent.



Obr. 1 Řez elektronicky komutovaným motorem M3G150 s 3kW výkonovou elektronikou

Od tachu výstupu k ModBUSu

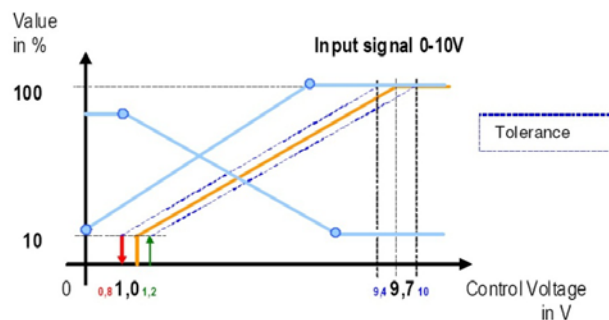
V dnešní době je regulace alfoou a omegou každé aplikace. Díky EC motorům je snadnější než kdy dříve. Díky regulaci ventilátorů můžeme dosáhnout jak snížení příkonu ventilátoru, tak snížení hlučnosti v případech kdy není potřeba plného výkonu.



Obr. 2 Detail svorkovnice motoru M3G150. V pravé části můžete vidět napájecí svorky, v prostřední části zemní svorky a výstupy relé, v levé části pak svorky řízení motoru. Vše v provedení WAGO pro snadnou montáž.

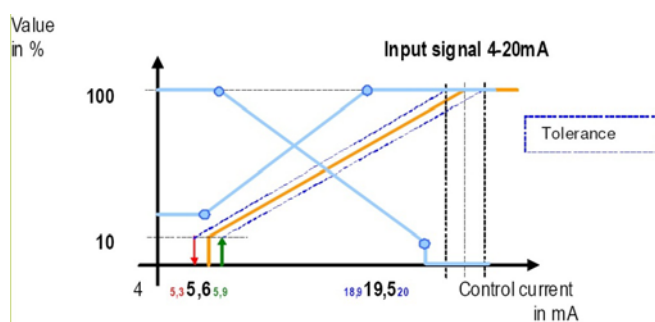
Elektronicky komutované motory ebm-papst umožňují hned několik možností jak upravit výkon.

Nejjednodušší je regulace pomocí analogového vstupu 0-10 V DC nebo digitálního vstupu PWM. V případě přivedení digitálního PWM signálu na vstup je signál pomocí RC členu převeden na analogový, se kterým motor dále pracuje. Spodní a horní hranice lze libovolně nastavit a také je invertovat dle potřeby.



Obr. 3 Možnost nastavení analogového vstupu 0-10V DC/PWM i s jeho inverzním průběhem.

Další možností jak regulovat motor ventilátoru je využití vstupu na 4-20 mA. Tento vstup pak lze využít podobně jako analogový vstup 0-10 V DC s tím rozdílem, že využíváme informaci například ze senzorů tlaku chladiva.



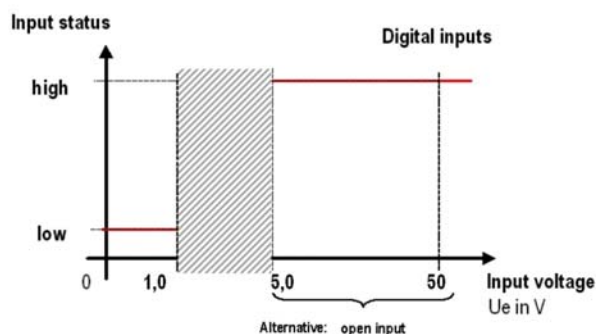
Obr. 4 Možnost nastavení vstupu 4-20 mA a jeho inverzní průběh

Motor též umožňuje využití digitálních vstupů, případně sběrniceového zapojení ventilátorů. Poslední generace motorů ebm-papst již nevyužívá protokolu ebmbus tak jak bylo u našich motorů zvykem, ale přešla na protokol ModBUS. Díky protokolu ModBUS se otevřela cesta k použití širší palety návazných prvků. Motory ebm-papst komunikují rychlostí 19200 baudů. Maximální počet adresovaných jednotek (ventilátorů) na jedné sběrnici je 247. Systém kontroly přenosu povelů je kódován pomocí CRC16. Ventilátory s ModBUS protokolem navíc ukládají až 13 chybových hlášení.

Na svorky RSA a RSB, které jsou využívány pro ModBUS lze kromě převodníku RS232/485, který slouží k propojení s PC připojit i adaptér na Bluetooth a s motorem komunikovat jednoduše bezdrátově. Pro pohodlné ovládání motoru lze použít software dodávaný naší společností. Jedná se o FANcontrol používaný pro PDA a smartphone a ECcontrol pro PC.

V případě, že dojde k vypnutí napájecího napětí (ať již úmyslně či neúmyslně) lze stav motoru dále monitorovat. Umožňuje to svorka pro připojení napájecího napětí 24 V DC. V případě přivedení napětí na tuto svorku je umožněno neustále kontrolovat stav ventilátoru, nebo případně měnit jeho nastavení. A to vše bez nebezpečí, že se ventilátor sám rozběhne.

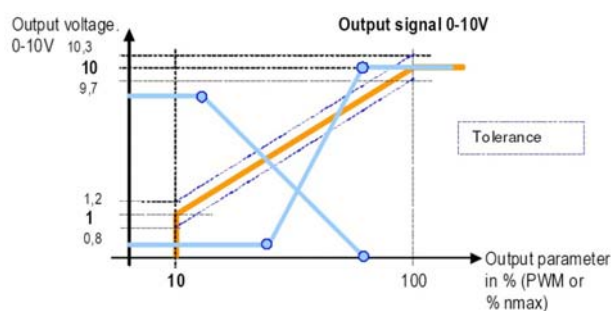
Na svorkách motoru taktéž naleznete digitální vstupy umožňující nastavit například zapnutí/vypnutí vstupu signálu, přepnutí parametrů (nastavení A a B) nebo inverze nastavení vstupních senzorů (funkce chlazení/topení).



Obr. 5 Digitální vstup motoru ebm-papst

Výstupy motoru ebm-papst

Pro jednoduchou kontrolu motoru lze kromě informací získávaných z ModBUS sběrnice v reálném čase použít i některý z mnoha výstupů motoru. Motor má dva analogové výstupy (10V DC, 10 mA a 20V DC, 50 mA). Dále sběrnice motoru obsahuje výstup 10 V DC, který je určen pro MASTER-SLAVE zapojení více ventilátorů nebo ALARM relé.



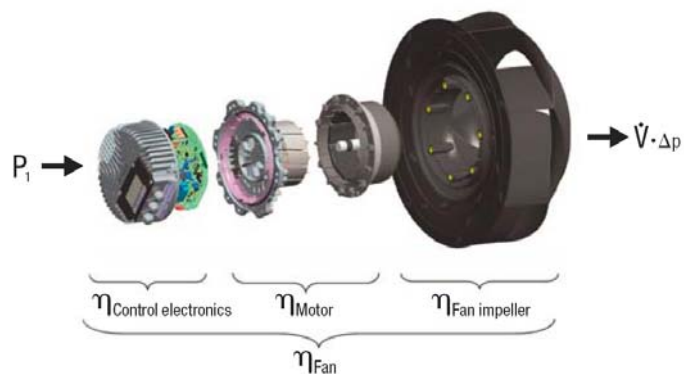
Obr. 6 Analogový výstup motoru

Další funkční prvky motoru

Kromě již zmiňovaného PID regulátoru motor obsahuje integrovaný PFC korektor (korekce účinníku motoru), soft start, omezovač proudu motoru a dvě ALARM relé. Motor má vestavěná dvě termočidla, která okamžitě motor vypnou v případě přehřátí. Jedno je umístěno ve vinutí motoru, druhé je u komutační elektroniky. Motor má ochranu proti výpadku fáze a také ochranu proti přímému a nepřímému dotyku částí pod napětím (SELV).

Aplikace ventilátorů

Elektronicky komutované EC motory ebm-papst dnes najdeme v celé řadě aplikací. Jelikož se celková účinnost ventilátoru počítá ze všech komponent ventilátoru, jsou vždy EC motory doplněny vysoce účinnými lopatkami a oběžnými koly, které společnost ebm-papst používá. V poslední době jsou lopatky a oběžná kola čím dál více v provedení z kompozitních materiálů, které nabízejí novou dimenzi při jejich profilaci a výrobě.



Obr. 7 Účinnost EC motoru je vždy počítána jako celková účinnost všech komponentů – tedy komutační elektroniky, samotného motoru a oběžného kola.

ZÁVĚR

Dnes si již nikdo nedovolí říci, že EC motory jsou jen zbytečným výstřelkem techniky, který nemá při standardním použití opodstatnění. Jednoduchá regulace, modulárnost a robustnost řešení dovolují nasadit EC ventilátory všude tam kde jich je potřeba. Tedy od malých domácích zařízení s motory o výkonu pouhých pár wattů až po složité systémy datacenter nebo čistých prostor kde jsou použity výkonné EC ventilátory na chladičích nebo přesných klimatizačních jednotkách. Společnost ebm-papst každý rok vyrobí přes 50 miliónů motorů a máme radost, že více než polovina z nich jsou právě elektronicky komutované motory.

O SPOLEČNOSTI EBM-PAPST

Společnost ebm-papst světovým lídrem ve výrobě ventilátorů a motorů a také průkopníkem ve vývoji a výrobě vysoce energeticky účinných EC motorů. V posledním fiskálním roce 2010/2011 dosáhla společnost ebm-papst obrátu 1, 3 miliardy EUR. O vývoj, výrobu a distribuci se stará více než 11 000 zaměstnanců po celém světě. Vývoj je centralizován v laboratořích situovaných v Německu. Samotná výroba motorů a ventilátorů probíhá v 17 výrobních závodech včetně mateřského Německa, dále v ČR, Číně nebo USA. Společnost má 57 poboček, které zaměstnávají specialisty, ti jsou vždy připraveni poskytnout zákazníkům a uživatelům potřebnou pomoc a podporu ať už se jedná o aplikaci ventilátorů v průmyslu, automatizaci, větrání, vytápění, chlazení, IT/telekom nebo v automotive.

NOVÉ SYSTÉMY S KOMPAKTNÍMI FILTRY – EFEKTIVNÍ ŘEŠENÍ S MINIMÁLNÍMI ENERGETICKÝMI NÁROKY

Yveta Čechová, Jiří Beseda

KS Klima-Service, a.s.

yveta.cechova@ksklimaservice.cz; jiri.beseda@ksklimaservice.cz

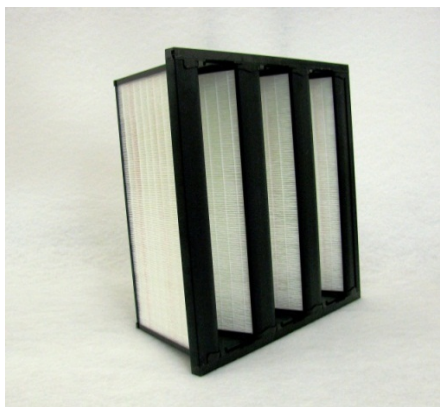
ÚVOD

Kompaktní filtry jsou novým, moderním a velmi efektivním řešením, které je stále více využíváno ve vzduchotechnických a větracích systémech u nových a rekonstruovaných velkých budov a také v provozech, kde jsou požadavky na dokonalou filtraci jemných prachových částic a zároveň eliminaci kontaminujících plynných škodlivin. Nízké tlakové ztráty a vysoká jímavost kompaktních filtrů zaručují vysoce ekonomický provoz VZT zařízení.

TYPY KOMPAKTNÍCH FILTRŮ

Kompaktní filtry KS FP-V3 pro zachyt jemných částic a aerosolů

Nový kompaktní filtr KS FP-V3 (obr. č.1, tab. č. 1) je speciálně vyvinut pro zachyt jemného prachu a aerosolů na přívodech vzduchu do kancelářských budov, obchodních center, průmyslových hal, lakovacích linek a používá se také jako předfiltr VZT jednotek pro zdravotnictví, čisté prostory a farmacie. Filtry KS FP-V3 jsou ideální pro nasazení tam, kde jsou vyžadovány vysoké průtoky a současně dlouhá životnost s vynikající odlučivostí ve třídách filtrace F6 – F9 (dle EN 779). Kompakt KS FP-V3 je vyroben z robustního plastového rámu, do kterého jsou těsně zality vysoké minipleat složence. Unikátní konstrukce filtru umožňuje výrazně snížit počáteční tlakové ztráty a filtr má tímto velmi nízké energetické náklady při plném zatížení. Filtry KS FP-V3 jsou vhodné pro osazení do všech běžných ukládacích rámců pro kapsové filtry. Filtr ve všech parametrech odpovídá požadavkům EN 779. Celoplastové provedení a filtrační složenec ze skelného vlákna nebo z polypropylenu, umožňují bezproblémovou likvidaci – filtr je kompletně spalitelný.



Obr. 1 Kompaktní filtr KS FP-V3, F7 592 x 592 x 292 mm; detail média a jeho utěsnění

Tab. 1 Základní technické parametry kompaktního filtru KS FP – V3

Parametr	Technická data
Třída filtrace EN 779	F6 – F9; nově i E10 – H13 (dle EN 1822)
Jmenovitý objemový průtok m ³ /h	max. 4 250 m ³ /h
Provozní podmínky	max. relativ. vlhkost vzduchu 100 %, teplotně odolný do 65 °C krátkodobě do max. 80 °C

Výpočet energetických nákladů na kompaktní filtr KS FP-V3, F7 592 x 592 x 292 mm

$$E = \frac{V \cdot \Delta p \cdot t}{1000 \cdot \eta} = \frac{0,94 \cdot 85 \cdot 6000}{0,5 \cdot 1000} = 958,8 \text{ [kWh/rok]}$$

Náklady na energii (3,99 Kč/kWh) 3 825,- Kč/ rok

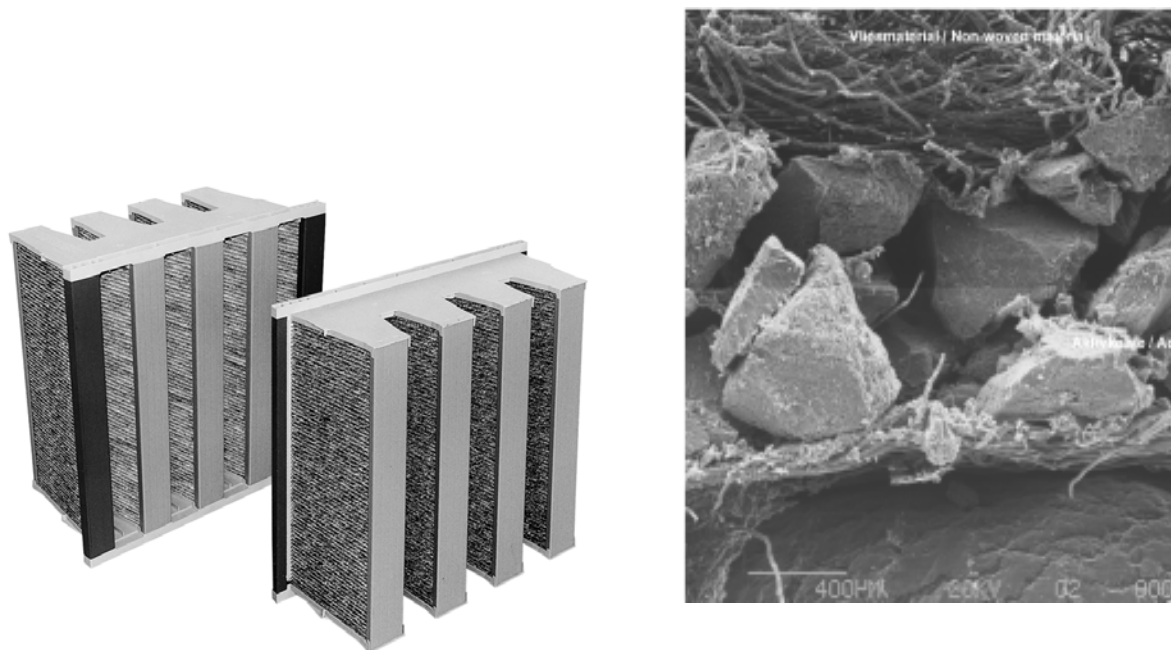
V porovnání s jinými druhy filtrů jsou náklady na elektrickou energii u nového kompaktního filtru **velmi nízké** a filtr splňuje zařazení do kategorie „A“. Vzhledem ke skutečnosti, že spotřeba energie na filtr je jednoznačně největší položkou celkové ceny filtru, a vezmeme-li v úvahu také poměr **cena / výkon**, můžeme nasazení nových kompaktních filtrů provozovatelům a investorům jednoznačně doporučit.

Kompaktní filtry KS AFP s aktivním uhlím - pro zachyt plynů a zápachů ze vzduchu

Aktivní uhlí je doposud nejúčinnějším adsorbentem pro zachyt tzv. molekulárního znečištění, tj. organických sloučenin, tabákového kouře, zplodin hoření, výfukových plynů, bioaerosolů a dalších látek ze vzduchu. Kompaktní filtry KS AFP jsou vyrobeny z nového speciálního syntetického filtračního média s příměsí aktivního uhlí (viz obr. č 2). Toto médium má unikátní vícevrstvou síťovou strukturu, na kterou jsou při filtraci navázány a pevně fixovány i ty nejmenší absorbovatelné částice – plynné škodliviny.

Odlučování lidmi „vytvářených“ nepříjemných zápachů a sloučenin nebo škodlivých kontaminantů, které jsou přisávány do klimatizačních a větracích systémů z okolního vzduchu, bude stále důležitější. Zatímco doposud byl brán zřetel především na dokonalou filtraci prachových částic a nepříjemných aerosolů, stává se předmětem pozornosti stále více eliminace cizích plynných látek tak, aby byla ve vnitřních prostorech vytvořena ta nejlepší kvalita oběhového vzduchu.

Kompaktní filtry AFP jsou vyráběny ve třech různých provedeních = označeny jsou jako AZ, AS a AA a to v závislosti na typu škodlivin, které filtr dokáže odloučit. Příklady typických kontaminací, které je možno dle typu filtru KS AFP ze vzduchu eliminovat, jsou uvedeny v tab. č. 2.



Obr. 2 Kompaktní filtr KS AFP, struktura média s aktivním uhlím

Tab. 2 Typy kompaktních filtrů KS AFP pro odloučení nežádoucích plynných škodlivin

	KS AFP - AZ	KS AFP - AS	KS AFP - AA
Popis	Filtry s vysoce aktivním neimpregnovaným aktivním uhlím (mikrogranule) na bázi skořápek kokosových ořechů a maximální fyzisorpční kapacitou pro širokou oblast použití.	Filtry se dvěma mikrogranulovými, vysoce aktivními a speciálně impregnovanými typy uhlí v jedinečném dvouvrstevném uspořádání pro chemisorpci kyselých a korozivních plynů. Díky dvouvrstvé konstrukci nachází KS AFP-AS široké spektrum použití.	Filtry s novým druhem polymeru (mikrogranule) k adsorpci aminů prostřednictvím iontové výměny. KS AFP-AA vykazují vyšší adsorpční kapacitu než produkty na bázi impregnovaného uhlí. Filtrační materiál je kombinován s koncovou vrstvou vysoce aktivovaného a specificky impregnovaného aktivního uhlí (mikrogranule) k chemisorpci případných vedlejších produktů.
Účinné pro škodliviny	Těkavé organické látky, výfukové plyny, tělesné zápachy	Kyselé plyny např. SO ₂ , H ₂ S, H ₂ SO ₄ , dále oxidy chlóru a další ...	Zásady, čpavek, aminy

Výpočet energetických nákladů na kompaktní filtr KS AFP – AZ 592 x 592 x 292 mm

$$E = \frac{0,94 \cdot 65 \cdot 6000}{0,5 \cdot 1000} = 733,2 \text{ [kWh/rok]}$$

Náklady na energii (3,99 Kč/kWh) 2 925,- Kč/ rok

Energetická náročnost kompaktního filtru s aktivním uhlím KS AFP – AZ je ještě nižší, než u předešlého kompaktního filtru KS FP-V3. Kombinace obou kompaktních filtrů nám nabízí širokou škálu možností jejich nasazení při velmi nízkých provozních nákladech.

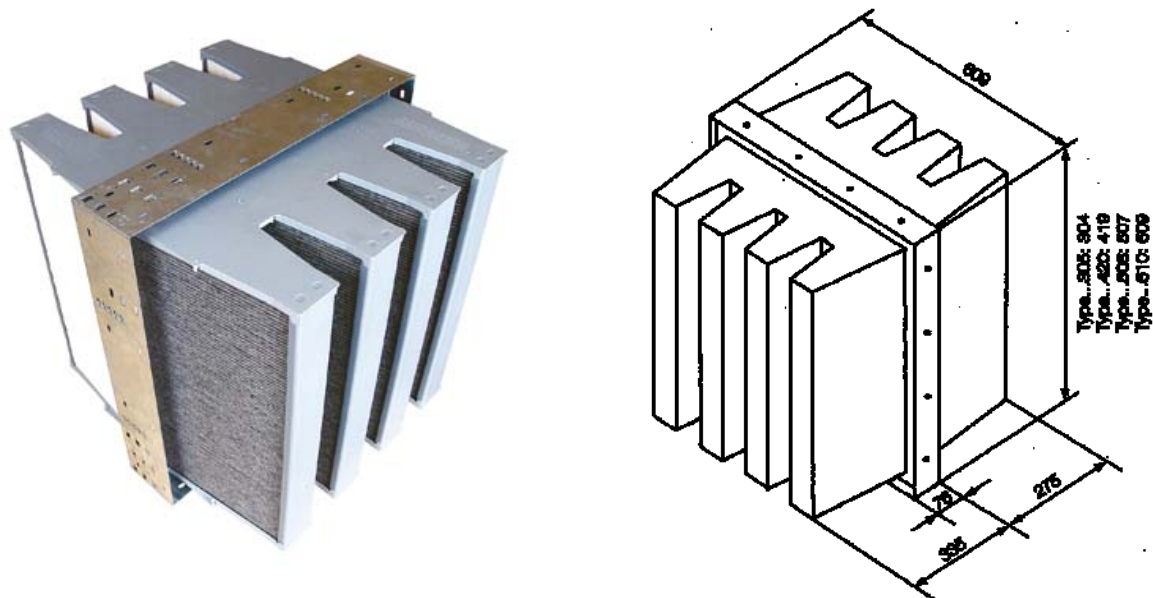
MOŽNOSTI APLIKACE OBOU TYPŮ KOMPAKTNÍCH FILTRŮ

Syndrom nemocných budov – velký problém pro uzavřené VZT a větrací systémy

V současné době se kompaktní filtry nejvíce prosazují při nasazení ve VZT a klimatizačních systémech v budovách, které vykazují tzv. syndrom nemocných budov, známý jako SBS (z angl. Sick Building Syndrome). Je definován jako soubor nespecifických obtíží, především bolesti hlavy, nevolnosti a jiné symptomy. Zpravidla nejsou tak závažné, aby způsobily pracovní neschopnost pro nemoc, ale značně zneprůjemňují život v uzavřených prostorech, kde lidé tráví svůj pracovní i případně soukromý čas. Nejvíce se objevují např. ve velkoplošných kancelářích a postihují obvykle větší počet osob. Tyto obtíže výrazně zhoršují pohodu lidí a negativně ovlivňují jejich pracovní výkonnost.

Příčina SBS není dostatečně objasněna, ale dosud známé a dlouhodobé studie ukazují, že se na vzniku podílí více příčin. Zejména vlastnosti budov a použitých materiálů, kontaminace vnitřního ovzduší, náplň práce a osobnostní charakteristika pracovníků. Z vlastností budov je na prvním místě systém větrání a klimatizace s malým podílem přísávání čerstvého vzduchu, nemožnost otvírat okna, nedostatečná údržba a úklid, syntetické podlahové krytiny, závěsy v interiéru pracovišť, časté používání kopírek a laserových tiskáren dlouhodobá práce s počítači aj. Z kontaminujících látek jsou nejčastější: těkavé organické sloučeniny, aromatické uhlovodíky, tabákový kouř, zplodiny hoření, včetně do budovy vnikajících výfukových plynů, vláknitého prachu, bioaerosolů a také radonu.

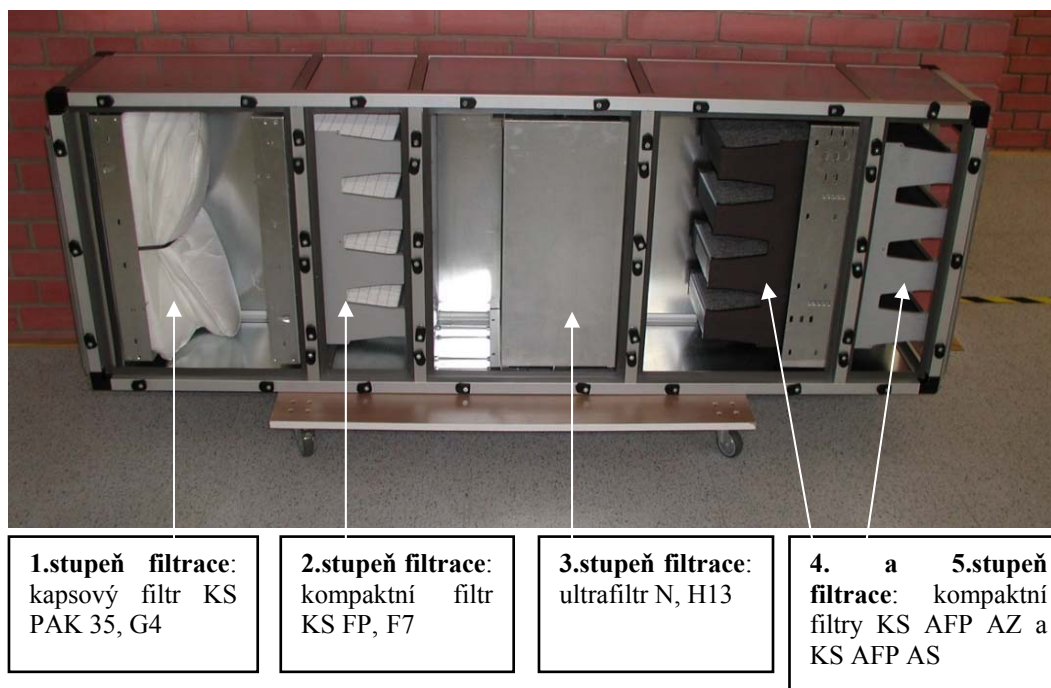
Odstranění výše uvedených škodlivých látek jednoznačně řeší kompaktní filtry. Nasazením tzv. **dual fáze** (obr.č. 3) můžeme velmi dobře vyřešit zachyt jemného prachu, mikročástic a aerosolů a to kompaktním filtrem KS FP-V3 a zachyt kontaminujících látek, škodlivin a zápachů kompaktním filtrem KS AFP s filtračním médiem, do kterého je zakomponováno aktivní uhlí. Tato kombinace částicové a molekulární filtrace přináší vynikající výsledky při čištění oběhového vzduchu.



Obr. 3 Dvoufázová kombinace kompaktních filtrů KS FP V3 a KS AFP – tzv. DUAL fáze

Dalšími typickými oblastmi nasazení, kde lze aplikovat kompaktní filtry v osazení duál-fáze, jsou např. elektronický průmysl, chemický průmysl, letiště, hotely, restaurace, muzea, knihovny, nemocnice, mikroelektronický průmysl a další průmyslové obory.

Pro některé náročné aplikace čištění přívodního (odtahového) vzduchu dokážeme navrhnout a vyrobit speciální filtrační jednotky obsahující několik stupňů filtrace (obr. č. 4).



Obr. 4 Využití kompaktních filtrů ve víceetapových filtračních jednotkách

ZÁVĚR

Společnost KS Klima-Service a.s. neustále pracuje na nových produktech a filtračních technologiích, které koncovému spotřebiteli přinesou příjemné a čisté prostředí a ochranu zdraví. Trendem a současným fenoménem ve všech oborech, a to nejen ve vzduchotechnice, je zásadní snižování energetických nákladů. Kompaktní filtry jsou špičkovým produktem, které tento požadavek jednoznačně splňují.

LITERATURA

- [1] Čerpáno z výsledků vývojového střediska a zkušební laboratoře KS Klima-Service, a.s.
[2] Produktové katalogy KS Klima-Service, a.s.

SEZNAM OZNAČENÍ

E	spotřeba el.energie
V	průtok vzduchu (m^3/s)
Δp	průměrná tlaková ztráta (Pa)
t	provozní doba (h/rok)
η	účinnost soustrojí elektromotor/ventilátor (přibližně 0,5)



KOMPLEXNÍ VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ TEPLA V RODINNÝCH DOMECH A BYTECH

Jan Neckář

Multi-VAC s.r.o.

jan.neckar@multivac.cz

ÚVOD

Řízené větrání aneb komplexní větrání s úsporou energie je typ větrání známý jako větrání s rekuperací. Systém je založen na tzv. zpětném získávání tepla. Vzduch, jehož kvalita je ovlivněna oděry, vysokou vlhkostí nebo zvýšenou koncentrací CO_2 , je odváděn ven z našich domácností. Tento vzduch má ovšem tepelnou energii, která se hygienicky předává v rekuperátoru a lze ji použít pro ohřev nebo ochlazení přicházejícího čerstvého vzduchu.

TEORIE VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

Kvalita vnitřního prostředí budov je dána v ČR řadou platných předpisů, nicméně závazné požadavky především pro větrání obytných domů stanoveny nejsou. Vychází se pak pouze z doporučení našich ČSN z Pettenkoferova normativu (vyžaduje se $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na osobu nebo intenzita výměny vzduchu $0,5 \text{ h}^{-1}$), příp. ze zahraničních norem a doporučení typu ASHRAE nebo VDI.

Existuje celá řada znečišťujících látek, které mohou vyvolávat pocit nepohody, a také dalších látek, které sice neovlivňují subjektivní pocit pohody, ale mohou mít dopad na zdraví lidí. Tyto znečišťující látky jsou obecně odlišné, podle toho, zda vznikají v uvnitř budov nebo v exteriéru (obr. 1).

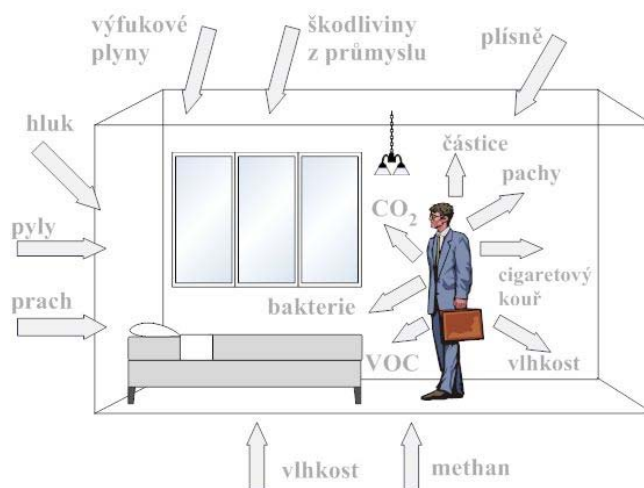
Znečišťující látky vznikající uvnitř budov

Oxid uhličitý CO_2 je produktem metabolismu lidí (průměrně 19 litrů CO_2 za hodinu na osobu) a také hoření paliv ve zdrojích tepla a při vaření. Optimální dlouhodobě přípustná hladina CO_2 uvnitř obytných místností by se měla pohybovat do 1000 p.p.m. Většina domácností v ČR má hladinu koncentrace CO_2 až kolem 2000 p.p.m., což přispívá k pocitu únavy a bolesti hlavy.

Vlhkost vzniká v důsledku praní prádla, koupání nebo sprchování a vaření – všechny tyto činnosti jsou zdrojem významného množství vodní páry. Při nedostatečném větrání může docházet k její kondenzaci v chladnějších místech obvodových zdí (oblasti tepelných mostů). Následkem je pak vznik spórů plísní a drobných roztočů, přispívající ke zdravotním problémům vzniku astmatu a jiných respiračních onemocnění. V krajním případě může zvýšená vlhkost vést i k degradaci obvodových zdí. Relativní vlhkost v domácnostech by se měla pohybovat v rozmezí 50 až 60 %.

Izovalerický odér v podobě tabákového kouře v sobě nese jak chemické sloučeniny, tak drobné znečišťující částice. V domech, kde se kouří, může tabákový kouř představovat nejvýznamnější složku znečišťující prostředí interiéru.

Prchavé organické složky (Volatile Organic Compounds/VOC) zahrnují velké množství chemikálií s nízkým bodem varu, které unikají z nábytku a ze stavebních materiálů.



Obr. 1 Vlivy prostředí působící na vnitřní pohodu prostředí

Znečišťující látky z vnějšího prostředí

Přírodní znečišťující látky jsou z velké části sezónní záležitostí, ale mohou vyvolávat alergické reakce, jako je astma nebo senná rýma. Mezi typické znečišťující látky patří: spóry, plísňe, pyly, prach. Prachové částice o velikosti nad 10 μm (PM_{10}) poškozují kardiovaskulární a plicní systém.

Hluk vznikající v důsledku dopravy, průmyslových procesů a ostatních činností probíhajících venku může představovat uvnitř bytů a rodinných domů významný rušivý prvek, pokud není fasáda domu vybavena vhodnými bariérami, které brání přenosu hluku. Norma udává hladinu zvuku, v důsledku vnějšího hluku, 35 dB(A).

Pro zajištění pohody vnitřního prostředí je z hlediska komfortu nejvýhodnější systém komplexního řízeného větrání s rekuperací tepla. Firma MULTIVAC s.r.o. nabízí mnoho variant řešení větrání pro byty, přízemní i patrové rodinné domy.

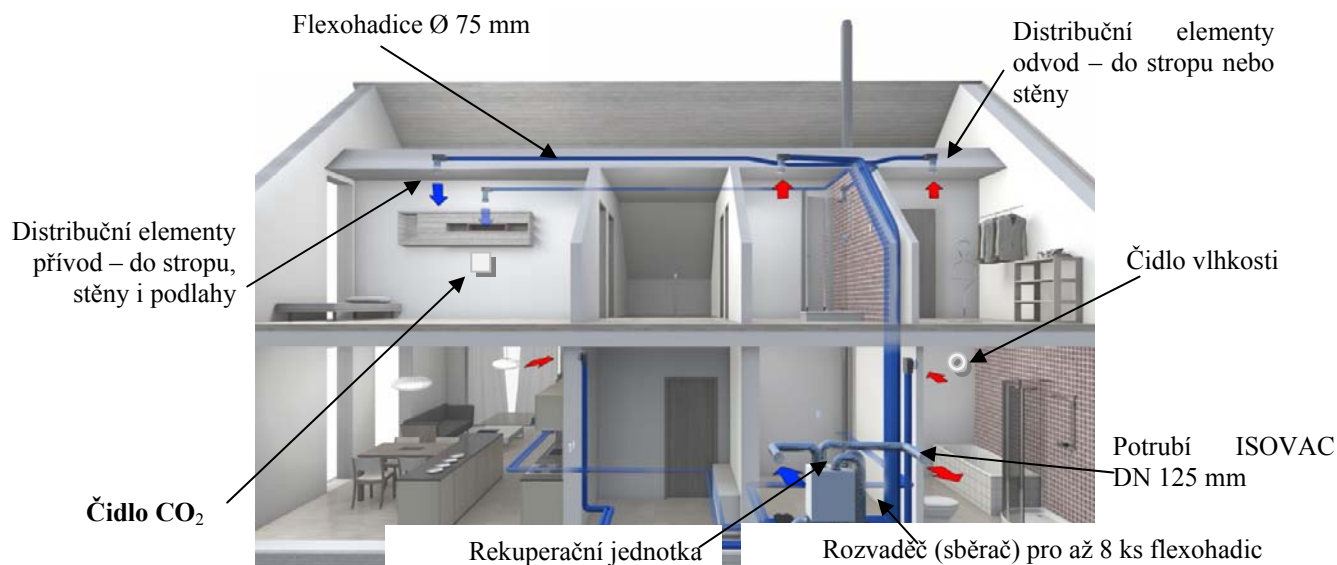
OBECNÝ POPIS SYSTÉMU

Rovnotlaký systém se skládá ze samostatného přívodu a odvodu vzduchu, který je řešen centrálně. Systém přívodu vzduchu přivádí čerstvý vzduch přes mřížku ohebným vzduchovodem do rekuperační jednotky. Zde se filtruje, ohřívá nebo chladí v rekuperátoru, případně dohřívá ve speciálním zařízení, které je součástí jednotky. Z jednotky vzduch vystupuje potrubím stejného průměru, které je následně napojeno na rozdělovač. Ten rozdělí přiváděný vzduch tak, aby již mohl nízkoprůměrovými flexohadicemi proudit k distribučním elementům a z nich do jednotlivých místností.

Systém odvodu vlhkého vzduchu z místnosti, v nichž vlhkost vzniká, tj. kuchyně, koupelna, toalet odvádí opačnou cestou zpět do rekuperátoru. Zde předá tepelnou energii, která se využije pro částečný ohřev čerstvého vzduchu.

Při zvýšené potřebě odtahu znehodnoceného vzduchu je do jiných místností automaticky přiváděno stejné množství čerstvého vzduchu a naopak. Místnosti by neměly být od sebe vzduchově odizolovány, aby se tlak mezi jednotlivými místnostmi postupně vyrovnal.

Pro zajištění distribuce vzduchu od rekuperační jednotky firma Multi-VAC s.r.o. používá stavebnicový systém navržený pro domácnosti (obr. 2). Celý systém je kompatibilní se všemi typy rekuperačních jednotek. Mezi prvky systému ROZ patří ohebná hadice Duotec, rozvaděč, vyústky pro sání i výfuk do stropu (dvě velikosti), do stěny a do podlahy.

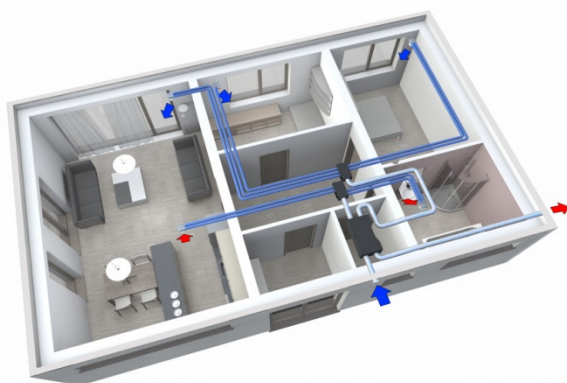


Obr. 2

Stavebnicový systém navržený pro rozloženou ventilaci s rekuperací tepla

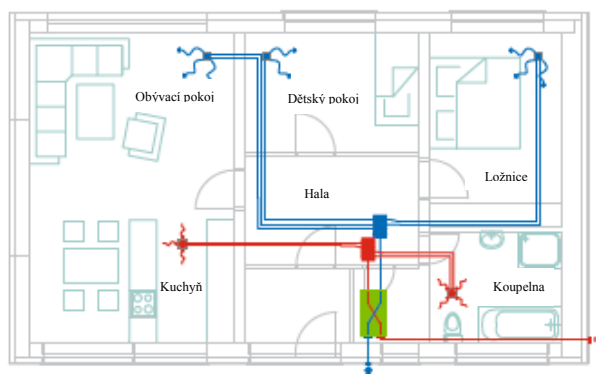
PŘÍKLADY KOMPLEXNÍCH VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ TEPLA

Komplexní řešení pro přízemní rodinný dům



Pro tento případ je použita rekuperační jednotka VENUS umístěná v technické místnosti.

Pro přívod čerstvého vzduchu do jednotky je nutné vytvořit jeden otvor na vnějším plášti RD. Flexohadice povedou vzduch od rozvaděče v podhledu až k jednotlivým distribučním prvkům. V hale je nutné mít minimální výšku podhledu 18 cm, v dalších místnostech 12 cm. Odvod vzduchu se řeší podobně. Výfuk lze vyvést i na střechu.



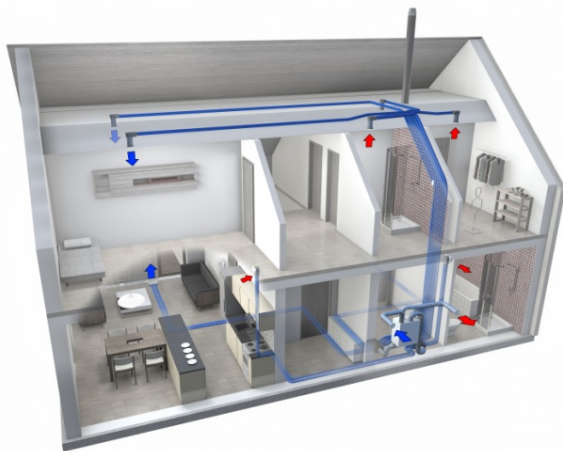
VENUS

- nástěnná nebo podstropní instalace
- max. průtok $300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- diagonální rekuperátor s účinností až 90 %
- integrovaná protimrazová ochrana
- jednoduchá regulace



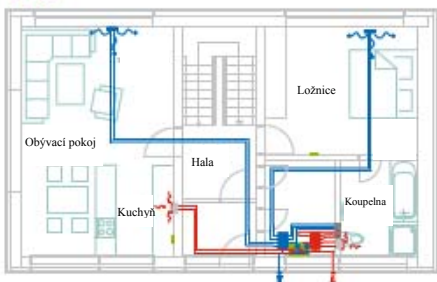
Elektrické připojení	230 V; 50 Hz
Elektrické krytí	IP20
Ventilátory	AC
Odvod vzduchu 65 W; 0,3 A	$230 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ při 100 Pa
Přívod vzduchu 65 W; 0,3 A	$230 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ při 100 Pa
Rekuperátor	protiproudý ($\mu > 80 \%$)
Filtry pro přívod vzduchu	G4
Filtry pro odvod vzduchu	G4
Hmotnost	18 kg
Regulace výkonu	přepínač otáček SM

Komplexní řešení pro dvoupodlažní rodinný dům

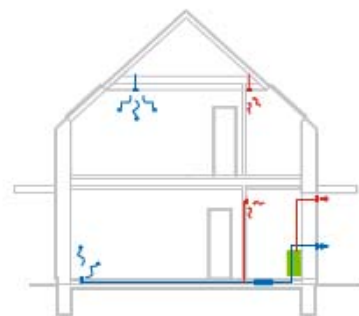
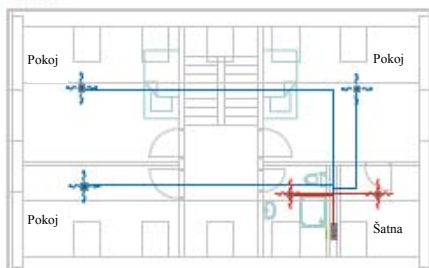


Flexohadice povedou vzduch od rozvaděče, umístěného v podlaze technické místnosti. V přízemí budou vzduchovody položené v podlaze a vyvedeny podlahovými vyústkami. V kuchyni a koupelně bude potrubí vyvedeno předstěnou nebo zdí do stěnového elementu. Potrubí do 2. NP bude vyvedeno šachtou a dále rozvedeno nad stropem – v podkrovní části. Využije se tak izolace, do které se hadice skryjí tak, aby nedošlo k tepelné ztrátě a případné kondenzaci.

1. NP



2. NP



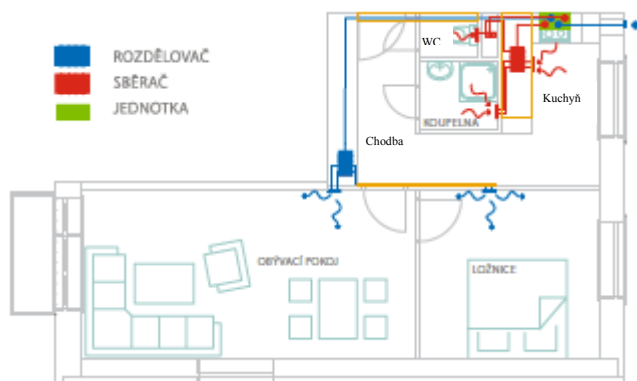
VX90SE

- vysoká účinnost rekuperace tepla > 80 %
- energeticky úsporné DC motory
- elektronická digitální SED regulace pro automatické řízení větrání
- elektronicky řízená automatická protimrazová ochrana
- automatický bypass rekuperátoru v letních měsících
- připravené vývody pro měření průtoku vzduchu



Elektrické připojení	230 V; 50 Hz
Elektrické krytí	IP34
Ventilátory	DC
Odvod vzduchu 65 W; 0,3 A	306 m ³ .h ⁻¹ při 100 Pa
Přívod vzduchu 65 W; 0,3 A	252 m ³ .h ⁻¹ při 100 Pa
Rekuperátor	protiproudý (μ > 80 %)
Filtry pro přívod vzduchu	G3 + F7
Filtry pro odvod vzduchu	G3
Předehřev	elektrický 900 W; 3,9 A
Dohřev (volitelný)	elektrický 900 W; 3,9 A
Hmotnost	42 kg
Regulace výkonu	ovládací panel, čidla CO ₂ a RH; dálkové řízení LON, řízení vstupním signálem

Komplexní řešení pro bytovou jednotku



Pro přívod vzduchu lze jako jednu z možností využít spíž v bytě. Distribuce vzduchu v bytě je provedena stěnovými nebo stropními distribučními prvky. Sběrač lze umístit do skříně nebo pod strop. Vzduchovody vedené v chodbě lze schovat do malého podstropního sádkartonového kastlíku. Rekuperační jednotka standardně bývá díky integrované digestoři umístěna v kuchyni.

VX70, VX70K Obývací pokoj - vysoká účinnost rekuperace tepla cca 70 % - velmi tichý provoz - regulace otáček přepínačem nebo z digestoře - funkce Krb (volitelné příslušenství) - protimrazová ochrana - manuální bypass rekuperátoru v letních měsících - připravené vývody pro měření průtoku vzduchu		Elektrické připojení	230 V; 50 Hz
		Elektrické krytí	IP34; IP 30
		Ventilátory	AC
		Odvod vzduchu 65 W; 0,3 A	205 m ³ .h ⁻¹ při 100 Pa
		Přívod vzduchu 65 W; 0,3 A	175 m ³ .h ⁻¹ při 100 Pa
		Rekuperátor	2x křížový (μ = 70 %)
		Filtry pro přívod vzduchu	G3 + F7
		Filtry pro odvod vzduchu	G3
		Předehřev	elektrický 900 W; 3,9 A (PTC)
		Dohřev (volitelný)	elektrický 900 W; 3,9 A (PTC)
		Hmotnost	40 kg
		Regulace výkonu	přepínač otáček VX-SC (VX70); digestoř (VX70K)

ZÁVĚR

Důvody, proč použít komplexní řešení větrání s rekuperací pro obytné budovy od společnosti Multi-VAC, můžeme rozdělit na dvě skupiny: důvody zdravotní a komfortní. Základem je vždy zabezpečení dostatečného přívodu čerstvého vzduchu pro dýchání všech přítomných osob. Ohled na zdraví osob bychom měli brát i při posuzování odvodu škodlivin.

Klady komplexního větrání lze shrnout do následujících bodů:

- úspora nákladů na vytápění
- úspora energie
- jedna jednotka pro celou domácnost
- čerstvý vzduch s možností dohřevu
- inteligentní kontrola teploty, koncentrace CO₂ a odvodu vlhkosti
- žádný hluk z okolí a tichý provoz zařízení
- filtrace příchozího vzduchu
- rovnotlaké řešení
- malý stavební zásah do obálky budovy

Vedle zdravotních hledisek toto řešení přináší i nástroje na zvýšení kvality vnitřního prostředí – tepelnou pohodu a pocit čistoty ovzduší.

KLIMATIZAČNÍ SYSTÉMY HAIER S PROMĚNLIVÝM PRŮTOKEM CHLADIVA - MRVII

Marek Begeni

SOKRA s.r.o.
marek@sokra.cz

ANOTACE

V následujícím textu je uveden stručný popis vlastností, užití a funkcí klimatizačních systémů Haier s proměnlivým průtokem chladiva MRVII.

ÚVOD

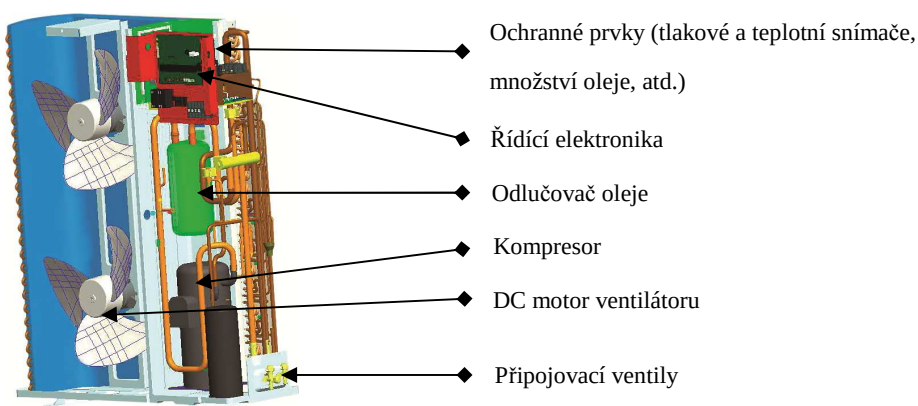
Jelikož se často setkáváme s potřebou klimatizovat více prostorů s využitím pouze jedné venkovní (kondenzační) jednotky, z důvodu nemožnosti aplikace více venkovních jednotek na fasádu, popřípadě na střechu objektu. Elegantním řešením je pak využít systému VRF (variable refrigerant flow). Typickým příkladem jsou památkově chráněné budovy. Společnost Haier jakožto přední světový výrobce nabízí pro obdobné aplikace zařízení s označením MRV (modulate refrigerant value).

ROZDĚLENÍ A POPIS SYSTÉMŮ S PROMĚNLIVÝM PRŮTOKEM CHLADIVA

Společnost Haier nabízí dva typy systémů s proměnlivým průtokem chladiva, MRVII-S a MRVII-C. Oba systémy jsou v provedení tepelné čerpadlo a využívají jako teplotonosnou látku chladivo R410A.

Systém MRVII-S

Systém MRVII-S je určen pro aplikace s maximálně devíti vnitřními jednotkami a celkovým nominálním chladicím výkonem (dále výkonem) celého systému 8 kW, 15 kW a 18 kW. Venkovní jednotka o výkonu 8 kW je vybavena kompresorem s rotačním pístem a jednotky o výkonech 15 kW a 18 kW jsou vybaveny spirálovým kompresorem (scroll). Veškeré jednotky jsou vybaveny plynulou regulací výkonu digitálním frekvenčním měničem otáček kompresoru.



Obr. 1 Model venkovní kondenzační jednotky AU60NFIERA

Systém MRVII-C

Systém MRVII-C je určen pro rozsáhlé aplikace, jako je klimatizace administrativních objektů, hotelů apod. Jedná se o modulový systém, který je možné sestavovat z pěti základních modelů venkovních jednotek. Základní venkovní jednotky mají výkony 22.6 kW,

28 kW, 33.5 kW, 4 kW a 45 kW. Je možné je sestavit až do nominálního výkonu 135 kW s maximálním možným počtem připojených vnitřních jednotek na jeden systém - 64. Venkovní jednotky jsou vybaveny spirálovými kompresory s plynulou regulací výkonu frekvenčním měničem otáček. V případě použití modulárního systému je jeden modul vždy řídicím a zbylé dva jsou řízené. Po 24 hodinách provozu se přepíná logika ovládání venkovní jednotky. Tedy u systému s třemi moduly se po 72 hodinách vrátí logika řízení do počátečního stavu. V případě poruchy jednoho modulu je systém schopen pokračovat v provozu po dobu nezbytně nutnou k jeho opravě.

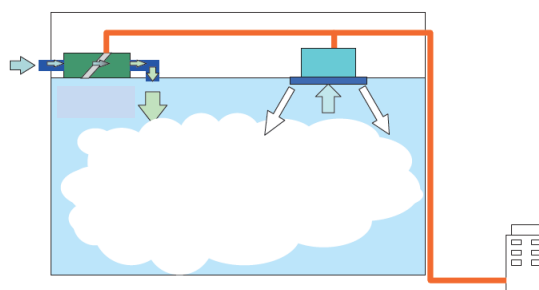


Obr. 2 Venkovní kondenzační jednotka AV48NMVERA

Vnitřní jednotky

Vnitřní jednotky jsou univerzální pro oba systémy MRVII-S a MRVII-C. Vnitřní jednotky jsou dodávány v následujících provedeních: - nástěnné, kazetové, podstropní, parapetní, kanálové (20 –100 Pa) a nově pro rok 2012 je možné k systému připojit větrací jednotky.

Větrací jednotky jsou určeny pro přívod čerstvého filtrovaného vzduchu do klimatizovaného prostoru. Jednotky jsou opatřeny výměníkem, který má za úkol přiváděný vzduch ochladit či ohřát. Na obr. 3 je znázorněn příklad zapojení systému s kazetovými jednotkami a vnitřní větrací jednotkou.



Obr. 3 Typické schéma zapojení větrací jednotky na systém MRVII-C

Ovládání systémů

Systémy je možné ovládat individuálně (každá vnitřní jednotka samostatně), centrálně (jeden nebo více systémů společně) nebo pomocí nadřazeného ovládacího systému budovy. Ovládání nadřazeným systémem je řešeno pomocí rozhraní komunikačního protokolu BACnet.

ZÁVĚR

Problematika systémů MRVII je velmi široká a proto v případě zájmu o bližší seznámení a informace kontaktujte společnost SOKRA s.r.o. Pro návrh systémů je k dispozici projekční software v českém jazyce, který je na vyžádání a zdarma.

LITERATURA

[1] Firemní podklady společnosti SOKRA s.r.o.



MODERNÍ ZPŮSOB CHLAZENÍ A VYTÁPĚNÍ – ABSORPČNÍ JEDNOTKY BROAD

Radek Begeni

SOKRA s.r.o.

radek@sokra.cz

ANOTACE

Již řadu let se na českém trhu instalují absorpční jednotky pro chlazení. Jen málo z nás si dokáže představit absorpční jednotku jako samostatný zdroj pro chlazení a vytápění. Tento moderní trend je běžnou praxí ve všech vyspělých státech světa, především pak Japonsko používá jako hlavní zdroj energetické centrály absorpční jednotky poháněné plynem. Tyto jednotky jsou takto využity pro diverzifikaci energetického zdroje a umožňují snížit náročnost klimatizačních systémů na příkon elektrické energie.

ÚVOD

Společnost SOKRA, s.r.o. dováží do České a Slovenské Republiky absorpční jednotky BROAD již od roku 2002. Zařízení se vyznačují vysokou mírou spolehlivosti a díky konstrukčním vlastnostem a chráněným patentům také s nejvyšším možným koeficientem účinnosti COP. Do dnešního dne je dodáno a zprovozněno 21 ks jednotek od výkonu 45 kW až do 7000 kW. Celkový instalovaný výkon společností SOKRA, s.r.o k 04/2012 je 25 947 kW.

O SPOLEČNOSTI BROAD

BROAD je 100% soukromá společnost založená bratry Zhangovými v roce 1988 jako inženýrská společnost. Tito dva pánové vyvinuli a zkonstruovali první vakuový plynový kotel, který výrazně pomohl rychle se rozvíjející ekonomice v Asii, která potřebovala řešit energetickou krizi v zimním období, zejména pak dostatek elektrické energie pro vytápění a chlazení komerčních budov a v průmyslu nových asijských ekonomických „tygrů“.

Vakuový kotel byl prvním velkým krokem v historii asijské energetiky. Tento patent společnosti Broad byl prodán několika společnostem. Finanční prostředky byly investovány do rozvoje firmy BROAD Air conditioning. Na základě zvyšujícího se požadavku na chlazení firma díky zkušenostem s vakuovou technikou vyvinula první vlastní absorpční stroj. V roce 1992 byl po dlouhodobém vývoji představen první absorpční stroj s přímo-vytápěným vysokoteplotním vypuzovačem. V současné době probíhá sériová výroba desáté generace absorpčních strojů, která vyniká svou vysokou účinností, kompaktními instalačními a přepravními rozměry a moderními komponenty s vysokou a dlouholetou spolehlivostí.

Továrna společnosti BROAD se nachází v provincii Hunan ve městě Changsha. Komplex budov se rozprostírá na ploše 320 000 m² zelené plochy, která vytváří perfektní pracovní zázemí pro zaměstnance a realizuje symbiózu mezi vyráběným zařízením (neelektrické, bez uhlíkové stopy) a životním prostředím. Ve výrobním komplexu se nachází i ubytovací kapacity pro zaměstnance, hotely a vily pro zahraniční návštěvy, relaxační a odpočinkové centrum pro hosty a širokou veřejnost.

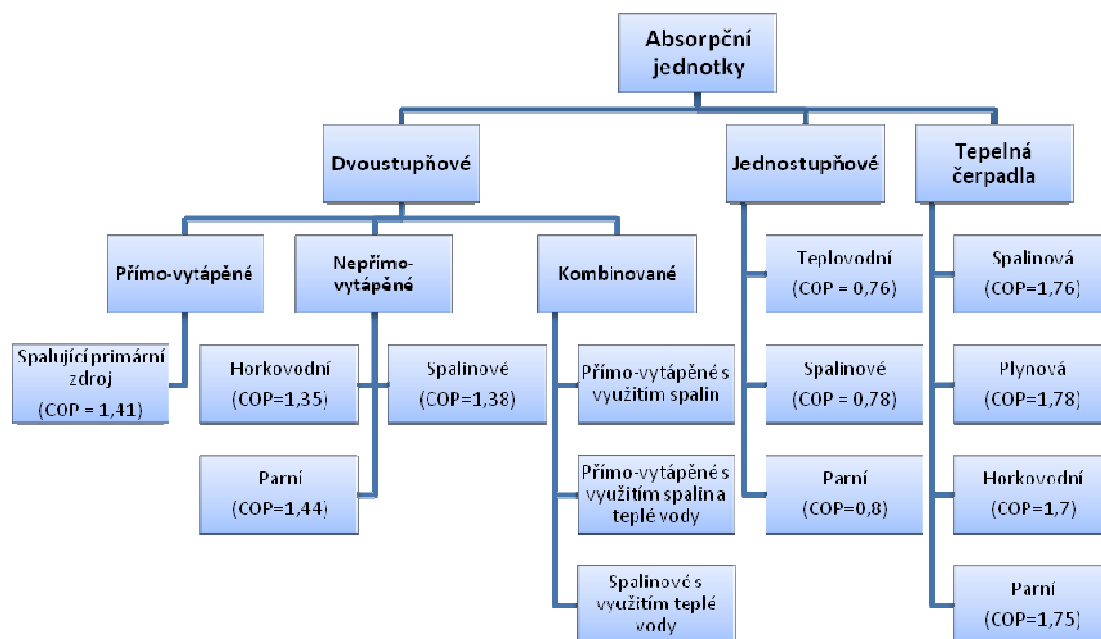
VÝROBKY SPOLEČNOSTI BROAD

Společnost BROAD nabízí široké spektrum absorpčních chladicích jednotek od výkonu 23 kW až do 11 630 kW. Portfolio produktů se skládá z jednostupňových a dvoustupňových zařízení, které využívají jako napájecí médium zemní plyn, lehký topný olej, naftu, a další kapalná nebo plynná paliva. Pro nepřímou-vytápěné stroje lze pro napájení využít páru, teplou

vodu, spaliny nebo kapaliny s teplotou vyšší než 75°C (pro jednostupňové zařízení) a 120 °C (pro dvoustupňové zařízení).

Mezi zajímavé aplikace chladicích jednotek patří instalace v trigeneračních systémech (kombinace kogenerační a absorpční jednotky = výroba tepla, chladu a elektrické energie) nebo v kombinaci se solárním systémem pro letní využití tepla pro výrobu chladu. Klasickou aplikací jsou pak systémy pro rekuperaci odpadního tepla a mezi novinky patří využití plynu pro výrobu chladu.

Již řadu let se využívají absorpční jednotky pouze tam, kde je k dispozici „tzv. odpadní“ teplo. Tento názor je však překonaný a moderní absorpční jednotky mohou sloužit jako hlavní zdroj tepla a chladu díky spalování zemního plynu. V tomto případě se již mluví o dvoustupňových jednotkách, které dosahují účinnosti využití primární energie až 1,41.



Legenda: uvedené účinnosti jsou průměrné hodnoty a mohou se lišit podle konkrétní aplikace jednotky. Horkovodní jednotky = voda s teplotou od 120°C, Teplovodní jednotky = voda s teplotou 75°C do 120°C .

Obr. 1 Rozdělení absorpčních jednotek

V tab. 1 níže je uvedeno porovnání účinnosti chladicích zařízení na primární zdroj energie, jelikož dvoustupňové absorpční jednotky využívají zemní plyn. Zemní plyn je primární energií a využívá se pro výrobu elektrické energie a tepla. Z uvedené tabulky je zřejmé, že v současné době nejrozšířenější blokové kompresorové chladicí jednotky mají menší účinnost při porovnání na primární zdroj než námi nabízené absorpční jednotky, které mohou být použity pro chlazení a vytápění.

Tab. 1 Porovnání účinností chladicích zařízení

	Chladicí	Energie	Účinnost	Účinnost zdroje	Celková
1	Kompresorový	Elektrická	2,5 až 4,5	27	0,68 až 1,22
2	Absorpční	Tepelná	0,7 až 0,89	75 až 85	0,52 až 0,76
3	Absorpční	Plyn	1,4	95	1,33

Z porovnání je zřejmé, že absorpční jednotky jsou vhodné pro aplikace chlazení a vytápění nejrozličnějších objektů. Především pak pro jejich snadné využití pro chlazení a vytápění při

zachování konstantního výkonu. Zároveň je jejich výhodou široká výrobní řada pro různé typy aplikací a dále pak velký rozsah výkonů od několika desítek kilowatt až po více jak deset megawatt v jediné jednotce.

PŘÍKLAD APLIKACE A NÁVRATNOSTI

Jako příklad vhodnosti aplikace absorpční jednotky s přímým spalováním plynu oproti kompresorové vodou chlazené jednotky je níže uveden příklad výpočtu. Tento výpočet naznačuje, že při chladicím výkonu 300 kW je prostá návratnost 8 let.

Tab. 2 Výpočet návratnosti ACHJ vs. BCHJ

Jednotka	Cena	Provozní	Úspora provozních nákladů	
BCHJ	700 000	1 152 347	212 486	5 312 156
ACHJ	2 300 000	939 860	za rok	za 25 let

Z uvedeného příklady plyne, že v případě zvýšení chladicího výkonu a zachování ceny vstupních energií lze dosáhnout zkrácení návratnosti. U aplikací s chladicím výkonem 1000 kW a více lze dosáhnout zkrácení na 5 až 7 let.

ABSORPČNÍ TEPELNÁ ČERPADLA

Speciální a novou oblastí na českém trhu jsou tzv. absorpční tepelná čerpadla, která dokáží rekuperovat tepelnou energii za pomoci odpadního tepla v podobě spalin, páry, horké vody a tímto způsobem využít teplo z okruhů chladicích věží pro vytápění objektů, v CZT nebo ohřev technologických okruhů.

REFERENČNÍ PROJEKTY

V České republice existovalo několik instalací absorpčních chladicích strojů, avšak s příchodem společnosti Broad na český trh bylo všeobecné a odborné povědomí o této technologii systematicky uvědomováno a přetvářeno. K dnešnímu dni je v ČR instalováno 21 zařízení o celkovém chladicím výkonu 25 947 kW.

Mezi spokojené zákazníky s aplikací absorpčních jednotek BROAD v ČR a SR patří IKEA, Nestlé, Vítkovice Group, Tesco, RWE, OKD Koksovný, Momentive, Panasonic, Visteon-Autopal a další. Velmi zajímavým projektem z poslední doby je aplikace absorpční chladicí jednotky o výkonu 168 kW pro hypermarket TESCO v Jaroměři, kde je hybridní tepelný systém s využitím solárního tepla z trubicových kolektorů a tepla kogeneračních jednotek vyrábějících elektrickou energii a teplo z řepkového oleje. Tzv. solární klimatizace.

ZÁVĚR

Absorpční jednotky jsou ve velké míře využívány v projektech jako zařízení, zvyšující energetickou účinnost systémů. Je možno konstatovat, že absorpční jednotky nacházejí uplatnění jak v komerční sféře při chlazení administrativních budov, tak v průmyslových aplikacích, což je pro některé projekty velké n novum s překvapivým ekonomickým efektem.

LITERATURA

[1] Firemní podklady společnosti SOKRA s.r.o.

