

Ing. Ondřej ŠIKULA, Ph.D.  
VUT v Brně, fakulta stavební,  
Ústav TZB

# Simulace VZT systémů pro bytové větrání

## Simulation of Ventilation System For Apartment Ventilation

Recenzent  
prof. Ing. František Drkal, CSc.

V článku předkládá autor CFD simulační řešení proudění vzduchu v třípokojovém panelovém domě v zimním období pro přetlakové a podtlakové nucené větrání. Okna jsou vybavena větracími klapkami umístěnými buď v dolní nebo v horní části okna. Stropní vyústka v předsíni slouží v modelu alternativně pro přívod/odvod vzduchu. V závěru autor hodnotí jednotlivé varianty především z hlediska rozložení teplot vzduchu v blízkosti okna a rizika kondenzace vodních par.

**Klíčová slova:** větrání bytů, okenní větrací klapky, simulace, CFD

*In the article, the author presents a solution to air flow in a panel building, three-room apartment in winter period for the overpressure and under pressure forced ventilations by means of CFD simulation. Windows in the apartment were equipped with ventilation dampers located either at the lower or upper window part. In the model the ceiling outlet at the anteroom served alternatively for the air inlet or outlet. In conclusion, the author evaluates the individual designs, particularly from the point of view of the air temperature distribution close to the window, and the risk of water vapour condensation.*

**Key words:** apartment ventilation, window ventilation dampers, CFD simulation

## ÚVOD

Přirozené větrání bytů je v současnosti nahrazováno kvalitativně lepšími vzduchotechnickými systémy. Mezi VZT systémy pro větrání bytů se stále prosazují takzvané nízkonákladové systémy. Jedná se o jednoduché VZT systémy s nuceným přívodem, či odvodem vzduchu. Obsahují přírodní, či odvodní ventilátor s ohřevem respektive bez ohřevu a konstrukční dílce ve vnější obálce bytu pro odvod, respektive přívod větracího vzduchu. Umožňují tak přetlakové či podtlakové, centrálně řízené větrání bytu, avšak nejčastěji bez sofistikovanějšího systému regulace, který by celý systém výrazně prodražil, viz [1]. Jejich hlavním pozitivem je tedy příznivý poměr kvality dosaženého vnitřního prostředí k pořizovacím nákladům. Takovéto jednoduché systémy mají samozřejmě jisté nedostatky. Hlavní negativa spočívají v jejich nehospodárném provozu. Ten je zapříčiněn neschopností systému reagovat na konkrétní koncentrace škodlivin v jednotlivých místnostech a absence systému zpětného získávání tepla. Jelikož tyto systémy nejsou koncipovány pro eliminaci tepelných ztrát bytu v zimním období, musejí být instalovány současně se systémem teplovodního vytápění. V letním období jsou však schopny manuálním ovládním částečně zajišťovat efekt nočního volného chlazení bytu. Vzhledem ke stále se lepší vzduchotěsnosti stavebních obálek rekonstruovaných bytů a standardnímu situování otopných těles u oken, se jeví jako vhodné využívat pro přívod, či odvod větracího vzduchu okenní klapky. Výrobci oken umožňují jejich umístění v různých polohách vzhledem k oknu.

Tento příspěvek se zabývá některými aspekty volby systému přetlakového, či podtlakového, nízkonákladového větrání v kombinaci s různými možnostmi stavebního řešení otvorů pro přívod respektive odvod vzduchu.

Cílem je na základě vzájemného porovnání vybraných variant zhodnotit vhodnost situování okenních klapek. Porovnání je založeno na výsledcích CFD simulací proudění a přenosu tepla na dispozici vybraného bytu.

## POPIS ŘEŠENÍ

Při řešení byl uvažován třípokojový byt v panelovém domě s centrálně umístěnou předsíní, viz obr. 1. Posuzovaný byt je vybaven deskovými otopnými tělesy umístěnými pod oknem a napojenými na systém ústředního teplovodního vytápění. Byt je po rekonstrukci a stavební obálka má vzduchotěsnost ( $N_{50} < 3$  1/h). Okna jsou vybavena regulovatelnými větracími klapkami a v předsíni je instalovaná stropní vyústka.

Tab. 1 Řešené varianty

Varianta č.	Typ větrání	Umístění klapky	Parapet
1	přetlakové	dole	ne
2	přetlakové	nahoře	ne
3	přetlakové	dole	ano
4	přetlakové	nahoře	ano
5	podtlakové	dole	ne
6	podtlakové	nahoře	ne

Posuzovány jsou následující nízkonákladové VZT systémy:

- větrání nuceným přívodem vzduchu (přetlakový systém),
- větrání nuceným odvodem vzduchu (podtlakový systém).

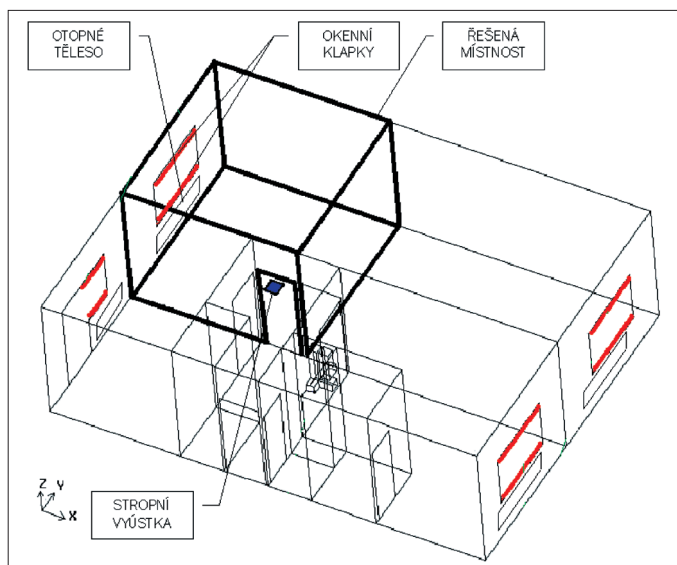
Oba systémy jsou řešeny ve variantě s okenními větracími klapkami umístěnými nad oknem a pod oknem. Ve vybrané místnosti bytu, která je na obr. 1 vyznačena silně, byl sledován vliv použitého VZT systému, situování větracích klapek v okně a použití podokenního parapetu na:

- obrazy proudění v blízkosti okna,
- výkon otopného tělesa  $Q_t$  [W],
- účinnost eliminace kondenzace vlhkosti na okně,
- průměrnou teplotu v místnosti  $t_i$  [°C].

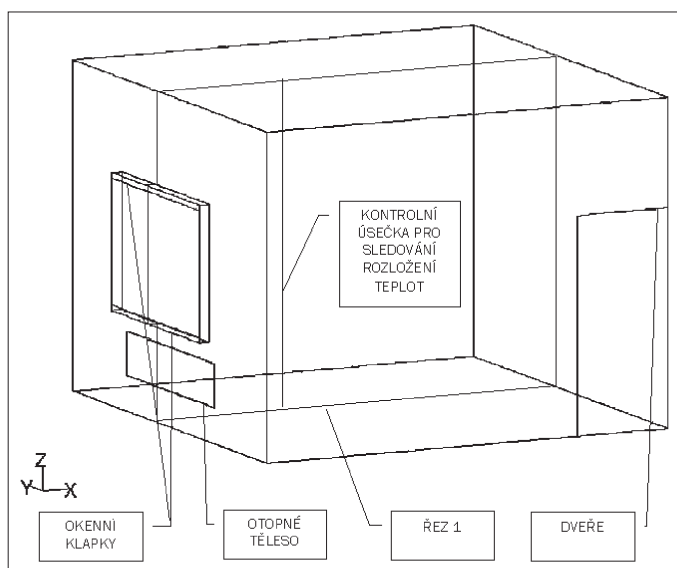
Geometrický model řešené místnosti je zobrazen na obr. 2.

Kontrolní úsečka se nachází ve vzdálenosti 1 m od okna, kde se předpokládá pobyt osoby. Pro posouzení těchto variant větrání byly použity trojrozměrné numerické simulace proudění a sdílení tepla vybrané místnosti programem FLUENT. V první simulaci byla řešena izotermní distribuce vzduchu v celém bytě. Cílem bylo ověřit vhodnost situování vzduchotechnické vyústky na strop v půdorysném středu bytu z hlediska rovnoměrnosti distribuce vzduchu do jednotlivých místností. V dalších simulacích bylo řešeno neizotermní proudění vzduchu a sdílení tepla ve vybrané místnosti pro variantní řešení. Výpočet jednotlivých variant vychází z následujících předpokladů:

- objemový průtok větracího vzduchu připadající na vybranou místnost je 25 m<sup>3</sup>/h,
- všechny vnitřní dveře jsou otevřeny,
- všechny stavební konstrukce jsou zcela neprůvzdušné,
- vstupní dveře do bytu jsou považovány za zcela těsné,
- větrací klapky mají jednotnou tlakovou ztrátu,



Obr. 1 Geometrický model bytu



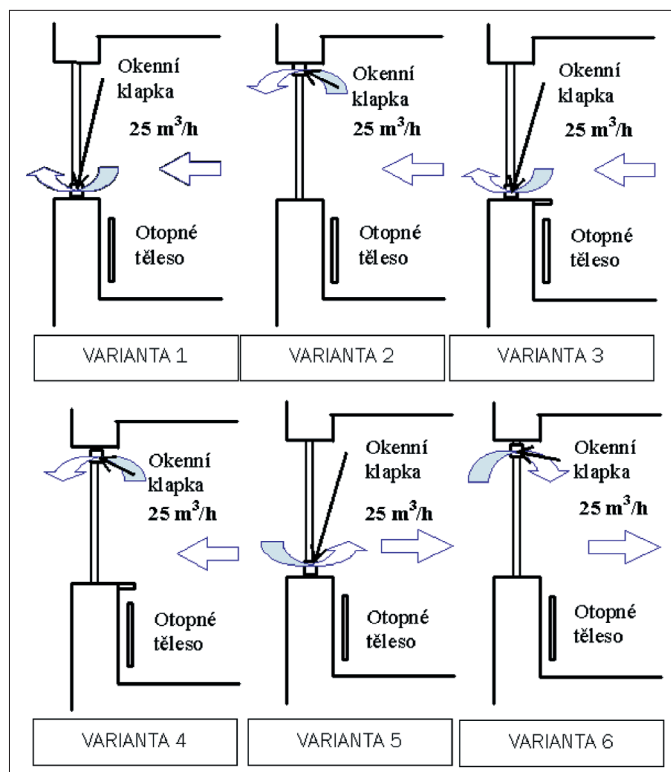
Obr. 2 Geometrický model řešené místnosti

- simulován je stacionární děj,
- pro simulaci byla zvolena noční hodina,
- teplota vzduchu v exteriéru je  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
- zvolené tepelné odpory při vedení tepla stěnami a oknem splňují požadavky dle [3],
- byl použit RNG  $k-\varepsilon$  model turbulence, na stěnách se standardními stěnovými funkcemi,
- přestup tepla konvekcí a sdílení tepla radiací z vnějších povrchů místnosti do okolí byly v CFD simulaci modelovány zjednodušeným způsobem,
- pro simulaci sdílení tepla radiací mezi vnitřními povrchy místnosti byl použit DO (Discrete Ordinates) model radiace,
- vnitřní povrchy byly uvažovány jako šedé, matové zářiče se součinitelem emisivity 0,8.

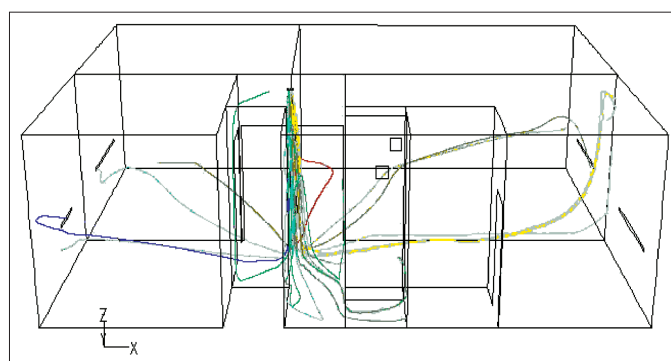
Schematické znázornění řešených případů je zobrazeno na obr. 3.

## VÝSLEDKY

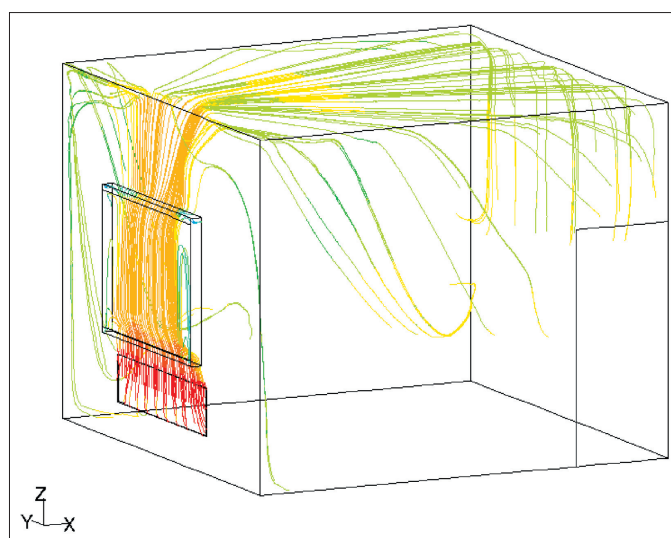
Distribuce vzduchu v bytě je při přetlakovém větrání zobrazena na obr. 4. Obrázek prokazuje vhodnost situování přírodního otvoru do půdorysného středu bytu z hlediska rovnoměrnosti distribuce vzduchu. Rozložení ra-



Obr. 3 Řešené varianty

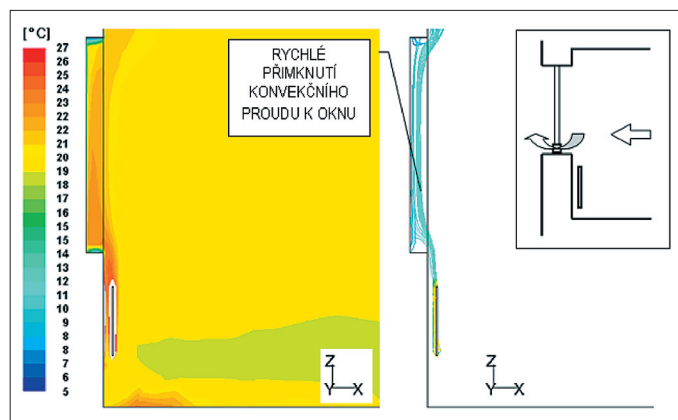


Obr. 4 Distribuce vzduchu v bytě

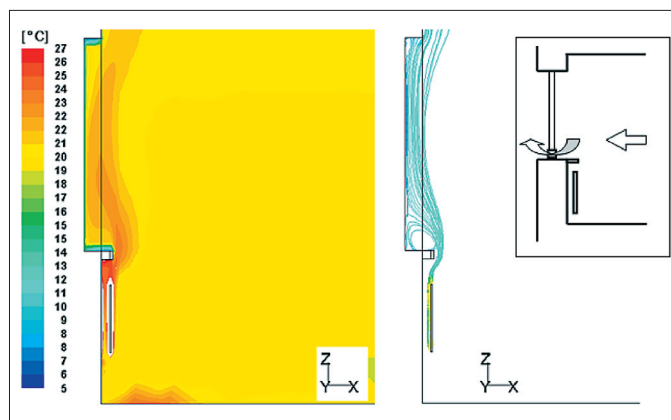


Obr. 5 Proudění vzduchu v řešené místnosti

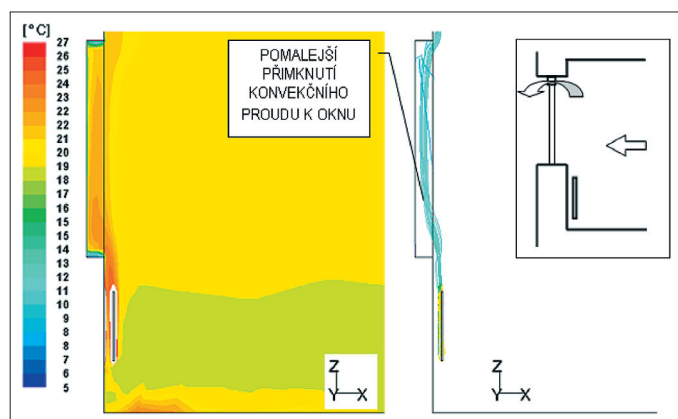
diacní teploty v řešené místnosti je patrné na obr. 5. Ve všech řešených variantách se ukazuje, že na proudění vzduchu ve vybrané místnosti má největší vliv typ větrání (přetlakové-podtlakové) a konvektivní proud vzdu-



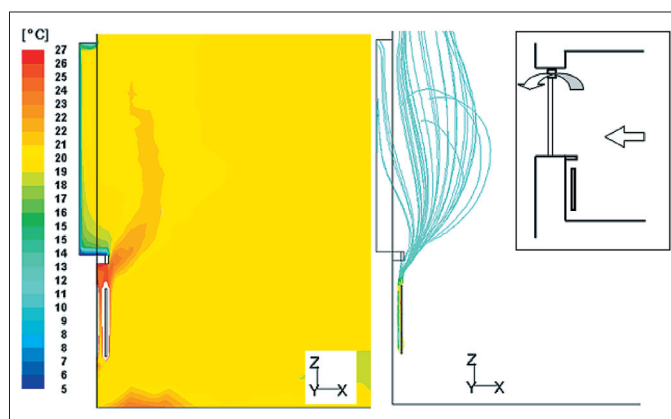
Obr. 6 Varianta č. 1



Obr. 8 Varianta č. 3



Obr. 7 Varianta č. 2



Obr. 9 Varianta č. 4

chu nad otopným tělesem. Konvekční proud vzduchu vystupující z otopného tělesa je dokumentován na obr. 5.

Hlavními faktory tepelného mikroklimatu oblasti u okna jsou teplota a rychlost proudícího vzduchu a radiační teplota. Podrobná analýza a vyhodnocení složek tepelného mikroklima není cílem tohoto článku.

Výsledky proudění vzduchu u okna jsou graficky znázorněny na obr. 6 až 11. Je z nich patrné chování konvekčního proudu teplého vzduchu stoupajícího z otopného tělesa pro jednotlivé varianty. Právě tento teplý vzduch může snížit riziko kondenzace vzdušné vlhkosti na okně a to především v jeho dolní části. Porovnáním obr. 6 a obr. 7 lze dospět k závěru, že situování okenních klapek v dolní části okna je výhodnější z hlediska zamezení kondenzace na oknech.

Porovnání sledovaných veličin pro jednotlivé varianty je uvedeno v tab. 2.

Tab. 2 Porovnání výsledků jednotlivých variant

Varianta č.	$Q_t$ [W]	$T_i$ [K]
1	540	292,6
2	543	292,4
3	533	292,8
4	533	292,7
5	845	291,4
6	842	291,3

Vliv variant situování okenních klapek na výkon otopného tělesa  $Q_t$  a na průměrnou teplotu vzduchu v místnosti  $t_i$  je dle uskutečněných simulací malý. Avšak ve variantách s podtlakovým větráním musel být, vzhledem ke značné tepelné ztrátě přívodem venkovního vzduchu, navýšen výkon otop-

ného tělesa zvýšením jeho povrchové teploty tak, aby průměrná teplota vzduchu  $t_i$  byla udržena okolo 19 °C.

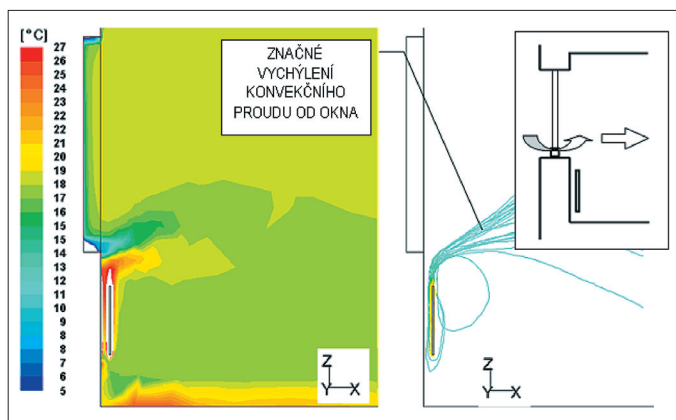
## ZÁVĚR

Z řešených variant se jako nejvýhodnější jeví varianta s přetlakovým větráním a s okenní klapkou v dolní části okna (varianta č. 1 a 3). Přetlakové větrání bytu zajišťuje přívod ohřátého vzduchu do místnosti, a tím eliminuje nebezpečí vzniku oblastí s chladným vzduchem v blízkosti okna. Dále takto vzniklé proudění vzduchu napomáhá k lepšímu ohřevu povrchu dolní části okna oproti variantám s klapkou v horní části okna. Tím je potlačena možnost kondenzace vlhkosti, která nastává v této části okna nejčastěji. Podokenní parapet je dle dosažených výsledků nevýhodný z hlediska eliminace kondenzace vlhkosti na okně.

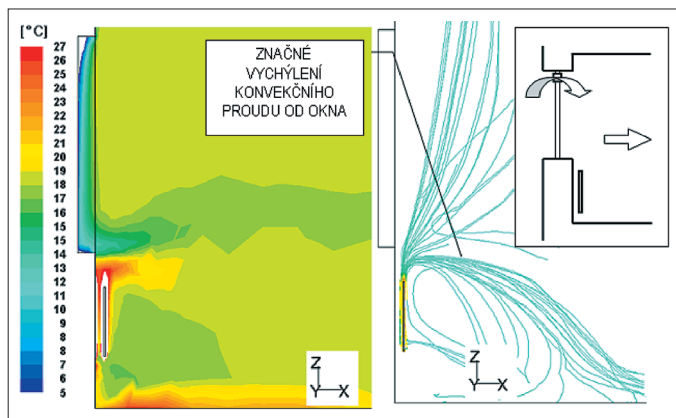
Nejnepříznivější situace z hlediska rozložení teplotního pole nastává při podtlakovém větrání varianty č. 5 a 6. Chladný venkovní vzduch proudící nuceně do místnosti proniká skrz clonu teplého vzduchu stoupajícího z otopného tělesa. Vytváří tak v blízkosti okna oblast s chladným vzduchem, což snižuje tepelný komfort. Aby byla dodržena průměrná teplota vzduchu v místnosti je nutné výrazně navýšit výkon otopného tělesa. Ve variantách s podtlakovým větráním bytu je riziko kondenzace vzdušné vlhkosti na okně nejvyšší. Při podtlakovém větrání by tedy bylo vhodnější z tohoto hlediska situovat přívodní otvor za otopné těleso.

Jednotlivé varianty jsou posouzeny pouze pro stacionární stav odpovídající zimním výpočtovým podmínkám. V průběhu celého roku však nemusí hodnocení podtlakového větrání vycházet tak nepříznivě.

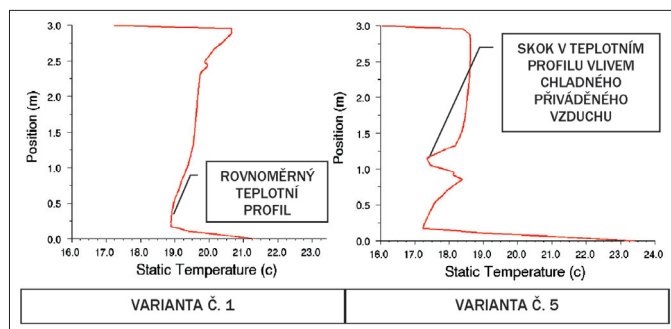
S přetlakovým větráním jsou spojena jistá rizika. V případě, že by nebyla dodržena výše deklarovaná podmínka těsnosti obvodového pláště, může v něm při přetlakovém větrání docházet ke zvýšené kondenzaci vzdušné



Obr. 10 Varianta č. 5



Obr. 11 Varianta č. 6



Obr. 12 Teplotní profily na kontrolní úsečce

vlhkosti. Zkondenzovaná voda pak zvětšuje tepelnou vodivost stavebních materiálů a může působit i na jejich degradaci. Tento jev se vyskytuje především v místech styků stavebních konstrukcí a v těch místech obvodového pláště, kde se nacházejí prostupy, či jiné netěsnosti.

Vlastní CFD výpočty v programu Fluent byly realizovány ve spolupráci s firmou Sobriety s.r.o.

Článek je upraveným příspěvkem autora, který byl přednesen na mezinárodní konferenci Klimatizace a větrání 2006 v Praze.

Kontakt na autora: sikulaondrej@t-email.cz

#### Použité zdroje:

- [1] Charvát, P. a kol.: Hybridní větrací systém pro obytné domy. VVI 2005/3, Praha, 2005
- [2] ČSN 73 4301 Obytné budovy
- [3] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov část 2 požadavky
- [4] FLUENT User's Guide.

## Pollutec 2006

Ve dnech 28.11. – 1.12.2006 se konal v Lyonu mezinárodní veletrh hospodaření s odpady. I letos byly uděleny četné ceny a vyznamenání nejlepším výrobkům.

**První cenu EEP** v kategorii ekoproductů podporujících trvalý rozvoj si odnesla firma **Rowenta za vysavač Shock Absorber**. Udělila ji ministryně životního prostředí. Díky polypropylenu, z něhož je vlastní konstrukce a většina součástí, je vysavač extrémně lehký. Je nárazuvzdorný, tichý a má ekonomický provoz – spotřeba energie je o 20 % nižší než u srovnatelných přístrojů jiných značek. Celý přístroj je recyklovatelný, prodejní cena je 200 €.

**Druhá cena** byla udělena firmě **JC Decaux** (známe ji jako výrobce mobilairé pražské MHD) za stanoviště a systém půjčování jízdních kol. Po názvem „Cyclocity“ byl již s úspěchem ověřen v Lyonu, ve španělském Gijónu a ve Vídni.

Speciální uznání získala firma **Advent Agri** za vývoj požární chladicí pěny Gel Feu, která umožňuje přiblížit se plamenům při záchranných akcích. Je tvořena 100 % přírodními biodegradovatelnými materiály.

V kategorii Environmentální řízení pro trvalý rozvoj byla udělena cena firmě **Renault** za systém tvorby sítě a výběru spolupracovníků (firma dlouhodobě dává přednost obchodním partnerům s jasnou ekologickou politikou).

V kategorii mezinárodní spolupráce pro trvalý rozvoj získala ocenění firma **PSA Peugeot Citroen** za spojení s technologickými vývojovými laboratořemi univerzity v brazilském Sao Paulu při výzkumu biodieselových motorů.

Akademie věd o životním prostředí a časopis Průmysl a technologie udělili tři ceny:

1. Firma **Aprochim** byla oceněna za techniku eliminace PCB ze spalin.
2. Firma **Sanden Manufacturing Europe**, vyrábějící kompresory pro klimatizaci automobilů, za metodu degradace olejového aerosolu z výfukových plynů.
3. **Sklárny Languedoc** za novou technologii ohřevu kyslíku pro sklářské pece na výrobu lahví Perrier.

(Laj)

## \* Nanotechnologií proti listerióze

Pro účinná opatření proti bakteriálním infekcím uvedla německá firma Adexano nový desinfekční prostředek Bacoban®, na jehož působení prodlouženém až po 10 dnů se podílí využití poznatků z nanotechnologicky vytvářených samočisticích povrchů (easy-to-clean).

Při nanosení prostředku, obsahujícího nanokompozitní povrchově aktivní látky na čištění a desinfikování předmět, dojde na jeho povrchu ke vzniku samočisticí vrstvy tzv. „nanohouby“ s uloženými biocidy. Baktericidní, fungicidní a do značné míry i virucidní látky se z této vrstvy uvolňují v účinné koncentraci po dobu až 10 dnů. Vedlejší účinkem nanotechnologicky připravených povrchů s velkou strukturovanou plochou, jehož znakem je mj. i velký kontaktní úhel při smáčení vodou, je jeho snadné čištění a snížení nároků na ošetření povrchu min. o 50 %.

Zkouškami v SGS Institut Fresenius dle ASTM E 2180 byla prokázána účinnost mj. vůči bakterii *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus anthracis*, *Legionella pneumophila*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium tetani*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* aj., plísním *Aspergillus niger*, *Candida albicans* aj., a omezená virucidie vůči virům chřipky včetně ptací, HIV a hepatitid B a C mj. Ještě po 10 dnech byla účinnost vůči mikrobu *Staphylococcus aureus* větší než 99,995 %. Při tom právě podíl jím působených MRSA infekcí v nemocnicích a domovech seniorů stále vzrůstá. Dále byl prokázán vznik easy-to-clean efektu, potlačení zápachu a biokompatibilita prostředku dle ISO 10993-1.

Používá se ve formě alkoholického roztoku, sprejů a napuštěných utěrek pro desinfekci a čištění ve zdravotnických a potravinářských zařízeních a ústavech sociální péče. Právě depozice účinných látek v nanotechnologicky vytvořeném povrchu je podstatou vyšší účinnosti prostředku, založeného na jinak známých desinfekčních látkách a chráněného evropským patentem.

Pramen: Tisková zpráva Adexano GmbH, Neunkirchen, pro veletrh Hannover Messe, Hannover 2006.

(AB)