

# Teplovzdušné vytápění obytných budov

## Warm air heating of residential buildings

Ing. Karel KABELA, CSc.  
ČVUT Fakulta stavební

Príspevek informuje o možnostiach a vlastnostiach teplovzdušného vetrania vzhľadom k tepelně-izolačným vlastnostem stavební konstrukce

**Klíčová slova:** teplovzdušné vytápění, rodinný dům, tepelná ztráta

Recenzent  
Ing. Václav Šimánek

The contribution informs about possibilities and qualities of warm-air ventilation with regard to heat-insulating properties of construction structures

Key words: warm-air ventilation, one-family house, heat loss

Vývoj v oblasti systémů budov, zajišťujících požadované parametry vnitřního prostředí, je odrazem současného stavu poznání ve všech oblastech techniky v civilizovaném světě. Každá stavba je kompromisem, který je výsledkem rozhodovacího procesu optimalizovaného podle mnoha kritérií. Pomineme-li subjektivní kritéria, která jsou dána schopnostmi a znalostmi toho, kdo stavbu a její části navrhuje, jsou zde kritéria objektivní, formulovaná především zadavatelem stavby, případně státem v podobě vyhlášek a zákonů. Přelom druhého tisíciletí v evropském pojetí stavitelství je z hlediska státu charakteristický poměrně striktními požadavky na komfortní vnitřní prostředí při minimální energetické a ekologické náročnosti staveb, z hlediska investora je zde tlak na ekonomickou stránku a často bývá kladen důraz na individuální přístup k řešení objektu.

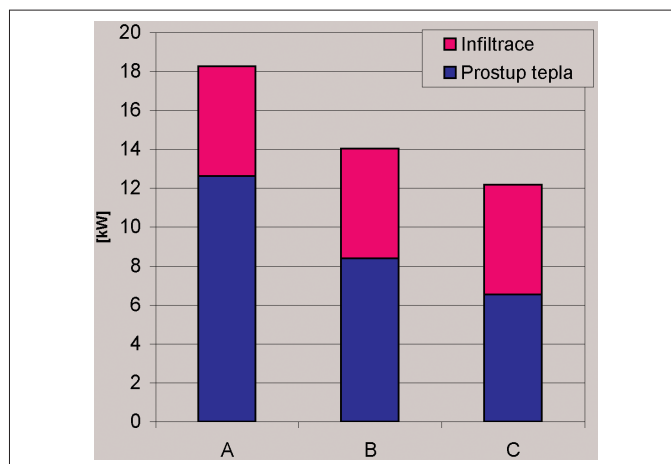
Hledání optimálního řešení z hlediska výše uvedených kritérií pak nutně vede k novým přístupům ve volbě koncepce, dimenzování i provozování takových budov. Období, kdy jednotlivé systémy budov byly navrhovány víceméně bez ohledu na ostatní systémy, je v současné moderní výstavbě překonáno a hledají se řešení, kde se jednotlivé systémy mezi sebou doplňují a vytvářejí tak jeden harmonický systém, zajišťující co nejvyšší vnitřní prostředí při minimální spotřebě energie a ekologické zátěži vnějšího prostředí. Tento požadavek začíná být v současnosti realizovatelný díky dramatickému pokroku v oblasti regulace a ovládnutí. Tato řešení vedou k tak zvaným inteligentním budovám, které umožňují citlivě reagovat na požadavky uživatelů i klimatické změny.

Velmi důležitým faktorem v navrhování energetických a ekologických systémů je interakce těchto systémů s vlastní budovou, která svou konstrukcí, umístěním a provozním režimem určuje požadavky na časové a prostorové rozložení výkonu daného energetického a ekologického systému. V oblasti vytápění budov se jedná především o trvalý trend zlepšování tepelně-technických vlastností obvodových konstrukcí (neprůhledných částí i oken), optimalizaci množství větracího vzduchu, kterým se minimalizuje vliv klimatu na vnitřní prostředí a budova tak svou konstrukcí tvoří stále kvalitnější bariéru mezi vnějším a vnitřním prostředím z hlediska úniku tepla. V tab. 1 jsou hodnoty součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí pro jednotlivé typy budov [9] [2].

Tab. 1 Součinitele prostupu tepla v různých typech budov

Charakter budovy	Hodnota	Běžná	Doporučená	Nízkoenergetická
k stěny	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	0,46	0,33	0,2
k okna	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	2,7	1,5	1,1

Na obr. 1 je na příkladu rodinného domu znázorněn poměr tepelné ztráty prostupem a infiltrací při výměně vzduchu 0,3 h<sup>-1</sup> při různých hodnotách součinitele prostupu tepla.

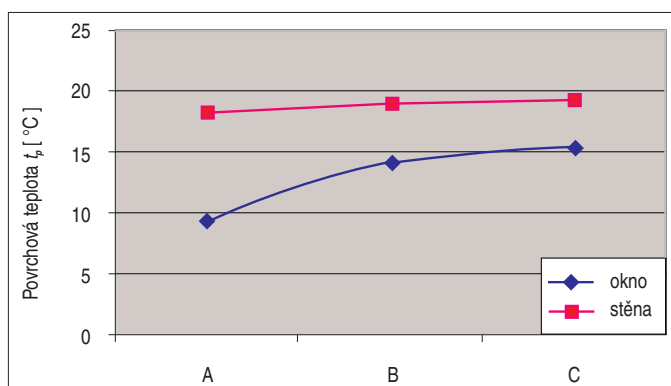


Obr. 1 Tepelné ztráty budovy – poměr infiltrace a prostupu tepla (příklad rodinného domu o užitné ploše 188 m<sup>2</sup> při výpočtové teplotě -15°C)

A – budova s běžnou potřebou tepla B – budova se sníženou potřebou tepla C – budova nízkoenergetická (viz tab.1)

Dalším důsledkem zlepšení izolačních vlastností obvodových konstrukcí je zvýšení vnitřní povrchové teploty, které je obzvlášť patrné u oken. Omezuje se tak účinek chladných stěn na výsledný stav vnitřního prostředí se všemi z toho vyplývajícími důsledky. Na obr. 2 je znázorněna povrchová teplota konstrukcí při venkovní výpočtové teplotě -12 °C a vnitřní teplotě vzduchu +20 °C při různých tepelně-izolačních vlastnostech konstrukcí.

Výsledkem těchto trendů je zásadní změna v poměrech a v pojetí zajištění tepelné pohody vytápěcím zařízením, které musí pokrýt tepelnou ztrátu budovy



Obr. 2 Vnitřní povrchové teploty konstrukcí v ustáleném stavu při t<sub>i</sub> = +20 °C a t<sub>e</sub> = -12 °C

prostupem i větráním. Zatímco tepelná ztráta prostupem trvale klesá, tepelná ztráta větráním zůstává víceméně stejná a je dána hygienickými požadavky na minimální výměnu vzduchu v interiérech budov.

Tradiční objekty jsou větrány přirozeným způsobem infiltrací a případně provětráváním a množství vyměňovaného vzduchu je velmi obtížné optimalizovatelné.

Snahy o snížení potřeby energie vedou logicky k myšlenkám na snížení potřeby energie na větrání budov regulovanou výměnou vzduchu, kterou podporují i výrobci oken, kde dochází k podstatnému snížení součinitele infiltrace a přirozené větrání v moderních objektech nefunguje. Regulovaná výměna vzduchu tak umožňuje přesnější dávkování přiváděného vzduchu. V tomto okamžiku je však nutné v objektu vyřešit technické zařízení na distribuci čerstvého vzduchu a vedle klasické otopné soustavy se v moderních budovách nově objevují soustavy vzduchotechniky.

Vedle snah o snížení potřeby energie se samozřejmě hledají řešení nejen nízkoeenergetická ale i nízkonákladová, zajímavá pro investory.

V tomto kontextu je již logická úvaha o sjednocení systému vytápění a větrání. Takový systém může dodávat tepelnou energii do jednotlivých místností nikoliv ve formě otopné vody a sdílet teplo otopnými plochami, ale v podobě teplého vzduchu a využít jednoho systému vzduchotechniky pro vytápění i větrání objektu.

Teplovzdušné vytápění obytných budov je technologií známou již řadu let a v některých oblastech světa je standardním řešením vytápění budov. V našich zemích se tato technologie po negativních zkušenostech v 60. letech přestala používat téměř úplně. V současnosti se však tato myšlenka stává opět aktuální v souvislosti s dramatickou změnou poměru tepelných ztrát prostupem a větráním budov. V budově se sníženou potřebou energie se totiž množství vzduchu, které je do objektu třeba přivést pro zajištění minimální hygienické výměny vzduchu již blíží k množství vzduchu, které je potřeba pro distribuci tepla nutného pro zajištění tepelné pohody.

Dalším faktorem, nutícím k zamyšlení nad tímto systémem vytápění budov je řešení ochrany budov proti nadměrné koncentraci radonu.

## PRINCIPY TEPOVZDUŠNÉHO VYTÁPĚNÍ

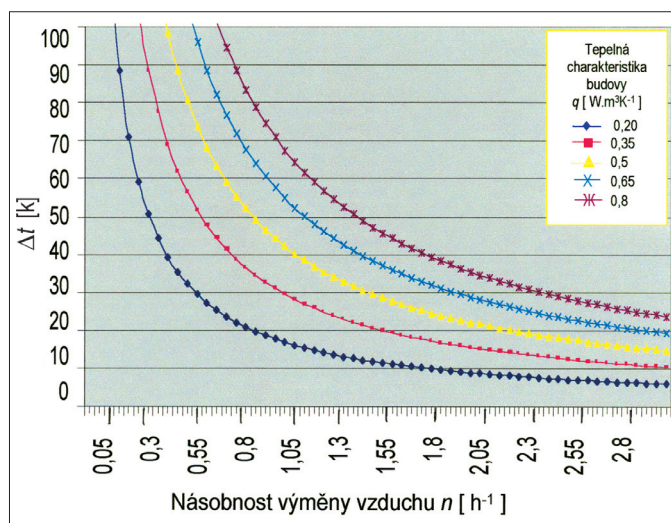
### Systémy s cirkulačním provozem

Systémy s plně cirkulačním provozem patří ke klasickým systémům teplovzdušného vytápění, používaným v USA, Kanadě a některých skandinávských zemích. Srdcem tohoto systému je teplovzdušný agregát, na který je napojen rozvod vytápěcího vzduchu do jednotlivých místností bytu nebo domu. Zpětné nasávání cirkulujícího vzduchu je většinou chodbou, transport vzduchu mezi obytnými místnostmi a chodbou je zajištěn netěsnostmi kolem dveří, případně větracími mřížkami ve dveřích. Tento systém neřeší větrání objektu, které se předpokládá přirozené infiltrací bez možnosti regulace v rámci vzduchotechnického zařízení.

Z hlediska tepelné pohody se absence sálavé složky řeší vždy umístěním krbu v hlavní místnosti bytu nebo domu.

### Systémy s ventilačním nebo kombinovaným provozem

Teplovzdušné vytápění integrované s řízeným větráním objektu představuje moderní koncepci, která je využitelná především v dobře zateplených objektech s nízkou potřebou energie na vytápění. Na rozdíl od systému s cirkulačním provozem je zde regulovaný přívod čerstvého vzduchu do systému, který



Obr. 3 Zvýšení teploty přiváděného vzduchu oproti teplotě v místnosti pro teplovzdušné vytápění v závislosti na tepelné charakteristice budovy  $q$

zajišťuje hygienickou výměnu vzduchu v budově. Množství přiváděného čerstvého vzduchu může však být optimalizováno podle aktuální potřeby a jistě zajímavá úvaha je o spolupůsobení celého objemu vzduchu v budově na udržení minimální hygienické výměny [7]. Množství čerstvého vzduchu lze totiž stanovit jednak podle násobnosti výměny vzduchu v místnostech nebo také podle dávky čerstvého vzduchu na osobu.

Tento rozdíl si lze nejlépe uvědomit na jednoduchém příkladu rodinného domu o obestavěném prostoru 600 m<sup>3</sup>, obydleném 4 osobami. Při stanovení množství čerstvého vzduchu podle násobnosti výměny 0,3 h<sup>-1</sup> je množství čerstvého vzduchu 600 · 0,3 = 180 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>, zatímco při stanovení množství čerstvého vzduchu podle počtu osob při dávce 30 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup> je množství potřebného čerstvého vzduchu jen 4 · 30 = 120 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>.

Diskutovaným problémem u teplovzdušného vytápění jsou teplotní a výkonové parametry zdroje tepla. Pokud budeme charakterizovat tepelně-technické vlastnosti budovy měrnou tepelnou ztrátou  $q$  [W.m<sup>-3</sup>.K<sup>-1</sup>], rozdíl mezi teplotou přiváděného vzduchu a požadovanou teplotou v budově  $dT$  [K], a množství větracího vzduchu násobností výměny  $n$ , platí závislost teploty na násobnosti výměny vzduchu dle obr. 3.

## OTOPNÉ ZDROJE PRO TEPOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ

Otopný zdroj zde musí být řešen tak, aby byl schopen ohřívat čerstvý venkovní vzduch na požadovanou vnitřní teplotu a musí být dostatečně pružný na to, aby byl schopen okamžitě reagovat na změny venkovních podmínek. Podle druhu primární energie, dodávané do budovy, je možné použít zdroje na plyn (zemní i kapalný), olej nebo elektrických.

Při použití plynu se jako nejučinnější a nejjednodušší jeví aplikace plynového teplovzdušného agregátu, i když v současnosti jsou díky zakořeněným tradicím v Evropě většinou instalována zařízení s tradičním plynovým teplovodním kotlem a výměníkem v teplovzdušné jednotce. Hlavní předností tohoto řešení je možnost použít teplovodní kotel nejen pro ohřev vytápěcího vzduchu, ale řešit i vytápění části budovy klasickou teplovodní soustavou a případně zajistit ohřev TUV nebo vody v bazénu. Díky nízkým pracovním teplotám ve všech částech těchto systémů je možné aplikovat kondenzační kotle.

Všechna tato řešení však vedou k topenářsky poměrně náročným zapojením se všemi známými problémy hydraulické stability a přechodových jevů v teplovodních otopných soustavách. Využití elektrické energie je možné dvojím způ-

sobem. Nejjednodušší řešení je aplikace odporového ohřevu buď přímo vzduchu nebo akumulace tepla do vody a řešení s hydraulickým přenosem tepla. Přímý ohřev vzduchu elektrickou energií je sice teoreticky jednoduchý z hlediska technického řešení, nicméně klade velké nároky na regulaci a zátěž elektrické sítě. Naprosto zde chybí akumulace tepla, což v kombinaci se snahou o využití výhodnějších sazeb elektrické energie v podstatě v našich podmínkách vede k neřešitelným problémům a zkušenosti s tímto způsobem ohřevu jsou zatím spíše negativní.

Druhý způsob otevírá další možnosti řešení energetického systému budovy s využitím solární energie prostřednictvím teplovodních kolektorů s akumulací tepla do vody. V případě systémů v nízkoenergetických domech lze použít i tepelných čerpadel, která předávají teplo do systému teplovzdušného vytápění buď přímo (sekundární strana čerpadla ohřívá přímo vzduch), nebo prostřednictvím hydraulického okruhu (sekundární strana čerpadla ohřívá vodu a ta teplovodním výměníkem ohřívá vzduch). Tepelná čerpadla vzduch-vzduch mají v tomto případě výhodu v snazším přepojení na letní provoz, kdy je možné využít tepelného čerpadla v reverzním provozu pro chlazení.

Na druhou stranu je třeba upozornit na to, že topný faktor tepelného čerpadla vzduch-vzduch je závislý na teplotě ochlazovaného vzduchu a v zimním období se výrazně snižuje.

Teplovzdušné vytápění s ventilačním provozem je systém, u kterého by bylo technickým proheškem nevyužít zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu. Odváděný vzduch není většinou nadměrně znečištěn mechanickými příměsami a tak je možné použít prakticky všech známých principů zpětného získávání tepla. Nejčastěji se používá deskových rekuperačních výměníků, které mohou za optimálních podmínek dosáhnout výpočtové účinnosti kolem 80 %, v běžném provozu dosahují účinnosti kolem 60 %.

Teplovzdušné vytápění rodinných domů je zajímavým technickým řešením vytápění a řízeného větrání, které má své výhody a nevýhody.

K hlavním výhodám patří:

- jednoduchost systému
- pružná reakce na tepelné zisky s okamžitou odezvou na zdroji
- řízené větrání celého objektu.

K hlavním nevýhodám v porovnání s tradičním teplovodním vytápěním patří:

- absence sálavé složky vytápění
- obtížnější regulace teploty nezávisle v jednotlivých místnostech
- akustické problémy (přeslechy mezi jednotlivými místnostmi)

**Použitá zdroje:**

- [ 1 ] ASHRAE *Handbook HVAC Systems and Equipments*, ASHRAE, Atlanta 2000
- [ 2 ] HUMM, O. *Nízkoenergetické domy*. Grada Publishing 1999
- [ 3 ] KABELE, K. *Teplovzdušné vytápění nízkoenergetických domů*. Topenářství Instalace, 2001, č. 4
- [ 4 ] Kolektiv autorů Topenářská příručka. Gas 2001
- [ 5 ] RECKNAGEL, SPRENGER, SCHRAMEK *Taschenbuch für Heizungs + Klimatechnik* 94/95. R. Oldenbourg Verlag Munchen Wien
- [ 6 ] RWE Energie. *Bau-handbuch* 1998, 12. ausgabe
- [ 7 ] Duplex RD *Teplovzdušné vytápěcí a větrací jednotky s rekuperační tepla*. Atrea, Jablonec n. Nisou 1998. <http://www.atrea.cz>
- [ 8 ] Wright soft – *Right Suite Residential*
- [ 9 ] ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov
- [10] ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát při ústředním vytápění.

*Příspěvek byl přednesen na Konferenci Klimatizace a větrání 2002 ve dnech 29.–30. 1. 2002 a byl zpracován v rámci Výzkumných záměrů ČVUT CEZ J04/98: 210000005 a 210000011.* ■

### \* Ochrana budov před chemickými útoky

Od října 2001, kdy média podávala zprávy o antraxových atentátech na budovy v USA, dostala bezpečnost budov nové hledisko. Nyní nejde již „jen“ o vloupání, ochranu dat, vandalismus a bezpečnost osob pro případ požáru, ale i ochranu před atentáty chemickými nebo biologickými látkami, které lze, zejména u větších budov, snadno rozptýlit do všech místností větracími zařízeními. Tato skutečnost vedla k tomu, že v lednu 2002 se v Atlantic City uskutečnilo zasedání komise 400 odborníků ASHRAE na téma „Směrnice pro snížení rizika při ochraně budov a bezpečnosti osob za neobvyklých podmínek“. Výsledkem zasedání je osmibodový plán:

1. Pro mnoho biologických nebo chemických látek, které mohou být použity k teroristickému útoku nejsou zatím k dispozici žádné senzory nebo varovná zařízení.
2. Nejdůležitější radou pro provozovatele budov je podrobně se seznámit s budovou a jejím vybavením. Neprovádějte na budově a jejím technickém vybavení žádné změny, aniž byste s odborníky dokonale analyzovali možné důsledky těchto změn.
3. Vzduchotechnická zařízení osadte filtry s pokud možno nejvyšším stupněm účinnosti. Protože většina instalovaných vzduchotechnických zařízení je předimenzována, nemělo by mít doplnění zařízení o vysoce účinný filtr a tedy s vyšší tlakovou ztrátou podstatnější vliv na větrání místnosti.
4. Učiňte opatření, aby se minimalizoval průnik vzduchu okolo filtrů, nebo jejich netěsnostmi.
5. Ověřte si, že jsou skutečně dodrženy minimální podíly venkovního vzduchu (k rozředění případně vniklých škodlivin do vzduchovodů) a dodávány do všech místností. Dojde-li k útoku chemickými nebo biologickými látkami, nechte vzduchotechnická zařízení běžet!
6. Zabraňte přístupu nepovolaným osobám do všech technických místností a tyto trvale zamykejte. V případě oprav externí firmou musí být přítomen vždy v budově zaměstnaný odpovědný pracovník.
7. Ověřte si, že všechny nasávací otvory venkovního vzduchu jsou tak vysoko nad zemí, že nejsou dosažitelné. Pokud tomu tak není, nutno je přemístit nebo chránit, např. plotem. Jinak by měl být i plášť budovy co nejtěsnější (okna a dveře zavřít!).
8. Pro případ útoku chemickými a biologickými látkami je třeba vypracovat evakuační plány obdobné plánům pro případ požáru. Přítom je třeba udržovat a pravidelně kontrolovat technická zařízení a únikové cesty.

CCI 3/2002

(Ku)

Podrobnější informace přineseme ve VVI 5/2002

### \* Ještě k problematice teroristických útoků

Teroristický útok v tokijském metru v březnu 1995, na který si jistě řada lidí pamatuje, kde byl použit nervový plyn sarin, měl za následek tucet mrtvých a několik set zraněných cestujících. Jestliže teroristé na celém světě upřednostňují biologické/chemické zbraně, nelze vyloučit jejich použití i ve střední Evropě. Podle bezpečnostních orgánů USA disponuje takovými zbraněmi minimálně 16 zemí a teroristé mají k nim přístup. Jako cíle přicházejí především dopravní cesty (tunely, podchody, stanice metra) a budovy kde se shromažďuje více lidí (veřejné budovy, divadla, koncertní sály, musea, ale i banky, nákupní centra apod.).

Opatření proti takovýmto útokům spočívají spíše než v potlačování atmosférického znečištění, v předvídání a omezení šíření jedovatých látek unášených vzduchem v objektu vzhledem k místu zdroje (venku/uvnitř), v řízení provozu technických zařízení a v závislosti na okamžitých atmosférických podmínkách. Cílem optimální bezpečnostní koncepce je zmenšit riziko průniku látek pláštěm budovy, jakož i omezit nebo potlačit jejich šíření v budově vhodnými opatřeními, pokud se týče stavby a technických zařízení vč. regulace. Kromě toho nutno vypracovat katastrofický scénář zahrnující i evakuaci, která spočívá především v rukou hasičů a záchranné služby. Pokud se týče vzduchotechnických zařízení, je třeba tato podrobit průzkumu z hlediska možného šíření jedovatých látek na základě simulace pro různé povětrnostní podmínky a z toho pak odvodit jejich vhodné úpravy, popř. záchranná opatření, při účasti provozních techniků budovy, hasičů a záchranné služby.

CCI 4/2002

(Ku)