



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

# TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ RODINNÝCH DOMŮ

WARM AIR HEATING SYSTEMS IN FAMILY HOUSES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

JOSEF JANKŮJ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. JAN KOŠNER, Ph.D.

BRNO 2008



## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce na téma „Teplovzdušné vytápění a větrání rodinných domů“ je shrnout používané systémy, jejich jednotlivé komponenty, posoudit přednosti a nedostatky tohoto systému. První část je zaměřená na všeobecné seznámení s teplovzdušným vytápěním, posouzení výhod a nevýhod oproti klasické teplovodní soustavě. Druhá část se zabývá základními systémy větrání budov, jejich rozdělením a seznámení s jednotlivými principy.

### **Klíčová slova**

Teplovzdušné vytápění, tepelná pohoda, infiltrace, větrání, přirozené větrání, nucené větrání.

## **ABSTRACT**

The aim of my work on the theme “Warm air heating systems in family houses” is to summarize used systems, it’s individual components, pass judgment on preferences and shortcomings of this systems. First part is oriented on general familiarization with air rating, examination advantages and disadvantages against classic warm-water system. Second part put mind to elementary systems of airing buildings, their parting and identification with their particular principle.

### **Key words**

Air rating, thermal comfort, infiltration, ventilation, self-ventilation, forced air.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

JANKŮJ, J. Teplovzdušné vytápění a větrání rodinných domů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 32 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Košner, Ph.D.



## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Teplovzdušné vytápění a větrání rodinných domů vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne:

.....

podpis



## **Poděkování**

Děkuji tímto Ing. Janu Košnerovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.



# OBSAH

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Úvod.....</b>                                                  | <b>13</b> |
| <b>1. Teplovzdušné vytápění.....</b>                              | <b>14</b> |
| 1.1 Systémy s cirkulačním provozem.....                           | 15        |
| 1.1.1 Teplovzdušný kotel.....                                     | 16        |
| 1.1.2 Rozvody.....                                                | 17        |
| 1.2 Systémy s ventilačním nebo kombinovaným provozem.....         | 18        |
| 1.2.1 Zdroje tepla.....                                           | 18        |
| 1.2.2 Distribuční síť.....                                        | 19        |
| <b>2. Základní systémy větrání budov.....</b>                     | <b>20</b> |
| 2.1 Přirozené větrání.....                                        | 20        |
| 2.1.1 Princip přirozeného gravitačního větrání.....               | 20        |
| 2.1.2 Princip přirozeného větrání vyvolaného působením větru..... | 21        |
| 2.1.3 Aplikace přirozeného větrání v budovách.....                | 23        |
| 2.1.4 Hodnocení přirozeného větrání a jeho vhodné použití.....    | 28        |
| 2.2 Nucené větrání.....                                           | 28        |
| <b>Závěr.....</b>                                                 | <b>31</b> |
| <b>Seznam použitých zdrojů.....</b>                               | <b>32</b> |



# Úvod

V současné době se kladou velké nároky na úspory energie a omezení škodlivin v životním prostředí. Nové technologie stavebních materiálů umožňují stavět domy s velmi kvalitní obvodovou konstrukcí a nízkým součinitelem prostupu tepla. Snahou je začlenit novou výstavbu do kategorie nízkoenergetických domů. To znamená snížit spotřebu energie na vytápění pod 50 kWh/m<sup>2</sup> za rok. Nesmí dojít k omezení komfortu bydlení, ani ke zhoršení hygienických podmínek v obytných místnostech. Tyto stavby používají moderní okna a dveře, které neumožní ani minimální přirozenou výměnu vzduchu, což způsobí zhoršení kvality vzduchu v interiéru. Aby nedocházelo ke vzniku plísní a bakterií, díky nimž se zvyšuje nemocnost, časté nevolnosti a alergie, je nutné tuto stavbu opatřit řízeným větráním s nuceným příívodem i odvodem vzduchu. Tento systém zajistí dostatečnou výměnu vnitřního vzduchu za čerstvý venkovní vzduch, který se dá upravovat. Pro zajištění tepelné pohody v nízkoenergetických domech je nutné zvolit vhodný způsob vytápění, které zajistí dostatečnou tepelnou pohodu v obytných místnostech, a zároveň splňuje požadavky na nízkou energetickou náročnost. Jedním z možných způsobů je teplovzdušné vytápění. Tyto systémy napomáhají nejen ke zvyšování komfortu bydlení, ale také zajišťují dostatečné hygienické podmínky. Rozborem systému teplovzdušného vytápění a větrání se zabývá tato bakalářská práce.

# 1. Teplovzdušné vytápění

Je systém vytápění, při kterém se teplo do vytápěné místnosti přivádí proudícím teplým vzduchem. Vlivem tepelných ztrát se vzduch v místnosti ochladí na požadovanou teplotu a následně se odvádí mimo ni. Teplonosnou látkou je vzduch. Při porovnání fyzikálních vlastností vody a vzduchu zjistíme, že vzduch je díky podstatně menšímu měrnému teplu a nižší teplotě horším nosičem tepla.

| Parametr                                                | Voda  | Vzduch |
|---------------------------------------------------------|-------|--------|
| Měrné teplo $c$ [J/kg · K]                              | 4186  | 1010   |
| Hustota [kg/m <sup>3</sup> ]                            | 980   | 1,28   |
| Teplotní spád používaný pro vytápění obytných budov [K] | 10-25 | 20-30  |

tab. 1.1 Porovnání fyzikálních vlastností vody a vzduchu.

To vede k většímu dimenzování rozvodů teplovzdušného vytápění, a k většímu zásahu do stavby. Ve srovnání s klasickým teplovodním vytápěním nepotřebujeme otopné plochy a navíc teplovzdušné vytápění reaguje rychleji na změnu výkonových požadavků. Vzhledem k absenci sálavé složky potřebujeme pro dosažení tepelné pohody vyšší teplotu vzduchu, která nám zvyšuje tepelné ztráty a odlišné vnímání tepelné pohody uživatele. Kvůli těmto důvodům je teplovzdušné vytápění rodinných domků v ČR tak málo rozšířené. Výjimku tvoří rekreační objekty, které pro lokální teplovzdušné vytápění používají teplovzdušná kamna na pevná paliva.

Z ekonomických důvodů se pohled na tento způsob vytápění v posledních letech změnil a kromě zděných staveb se začínají objevovat lehké dřevěné stavby s vyhovujícími tepelně izolačními vlastnostmi, ale s minimální akumulací tepla. V těchto stavbách je tradiční teplovodní otopná soustava málo pružná a návrhově velmi citlivá na nedodržení projektových hodnot. Tento typ budov používá teplovzdušné vytápění s cirkulačním provozem, to znamená s nulovým řízeným přívodem čerstvého vzduchu. Negativnímu chladnému sálání obvodových konstrukcí zabránujeme instalací doplňkového lokálního zdroje sálání tepla (krb, kachlové kamna), který v hlavní místnosti domu zajistí potřebnou tepelnou pohodu i v případě nižší teploty vzduchu.

Další důvod vedoucí k přehodnocení pohledu na způsob vytápění je zapříčiněn celosvětovým trendem snižování spotřeby energie (tab. 1.2), které mění požadavky na vlastnosti obalových konstrukcí budov. Jde o zvýšení požadovaného tepelného odporu obvodových konstrukcí, oken, dveří a o minimalizaci infiltrace (nekontrolovatelná výměna vzduchu). Tento vývoj vyústil v paradoxní stav, kdy u moderních oken vzniká tak malá infiltrace, že nezabezpečuje ani minimální hygienickou výměnu vzduchu v místnosti. V počáteční fázi používání těchto oken způsobila nedostatečná výměna vzduchu v obytných místnostech hygienické problémy, jako vznik plísní apod. Vyřešit tento problém můžeme dvěma způsoby. Zaprvé umělým zvýšením infiltrace oken vytvořením větracích štěrbin v rámu oken. Druhým řešením je řízené větrání těchto místností. Při zvýšení infiltrace dojde opět ke zvýšení tepelných ztrát, a proto vývoj snižování spotřeby energie vede k řízenému větrání. Tento druh větrání nám však zvýší investiční náklady. Je tedy možnost spojit větrání s vytápěním a využijeme jeden systém dvakrát. Řízené větrání má přívod i odvod vzduchu kontrolovaný. Můžeme využít prvky ke snížení spotřeby energie, jako cirkulační provoz nebo zpětné získávání tepla a objekt se dostane do kategorie

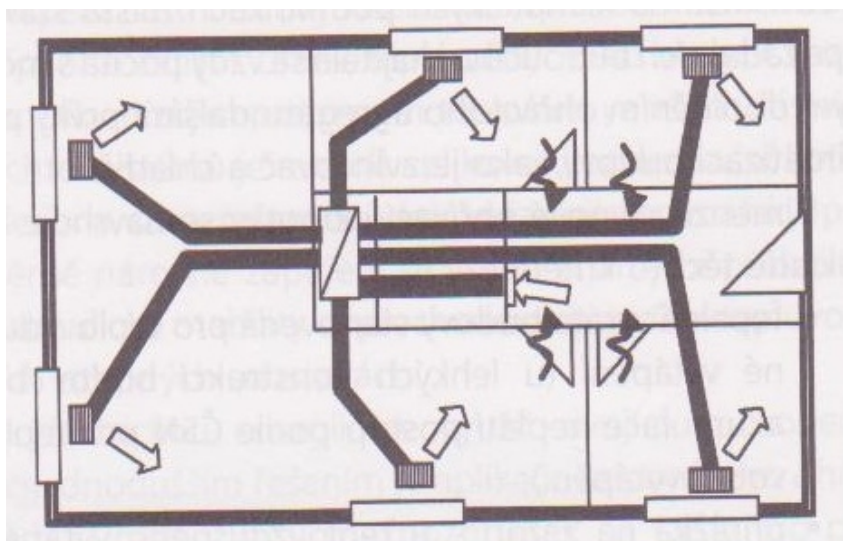
nízkoenergetických budov. Tyto objekty mají velmi kvalitní obvodovou konstrukci a nevzniká problém s nízkou povrchovou teplotou. Sníží se i význam sálavé složky klasického otopného tělesa.

| Kategorie                | Roční potřeba energie pro vytápění [kWh/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------|----------------------------------------------------------|
| Běžná výstavba           | 100 – 250                                                |
| Energeticky úsporné domy | 50 – 100                                                 |
| Nízkoenergetické domy    | 5 – 50                                                   |
| Kvazi nulové domy        | 0 – 5                                                    |

Tab. 1.2 Roční spotřeba energie pro vytápění

## 1.1 Systémy s cirkulačním provozem

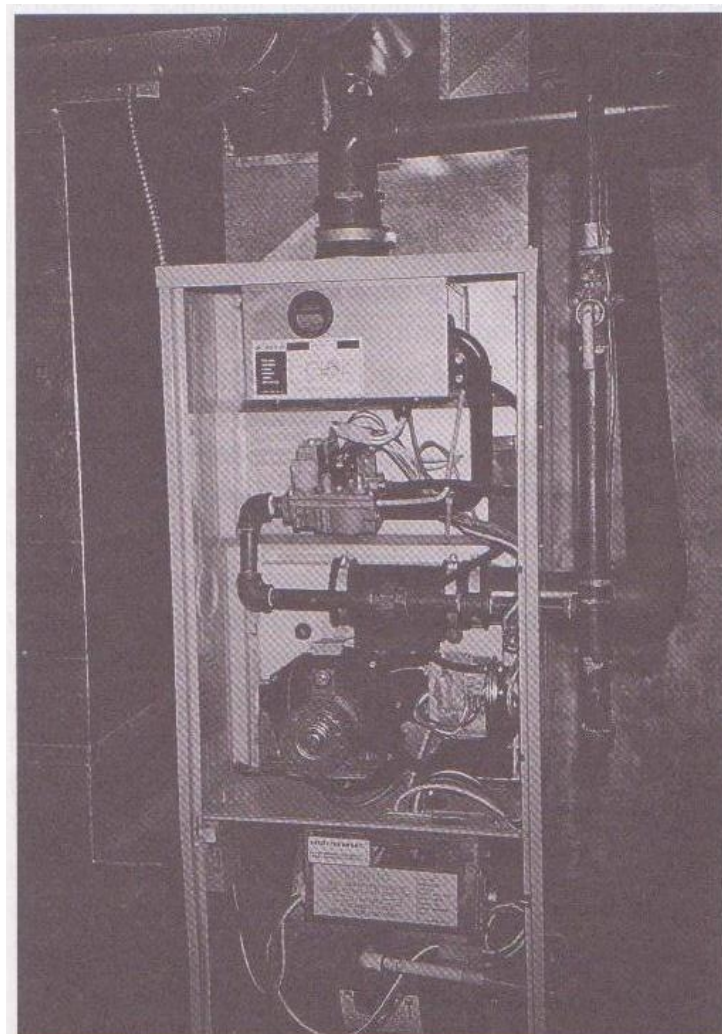
Cirkulační provoz patří ke klasickým druhům teplovzdušného vytápění, používaných v Kanadě, USA a některých skandinávských zemích. Základem tohoto systému je teplovzdušný agregát, na který je napojen rozvod vytápěcího vzduchu v domku. (Obr. 1.1). Pro zpětné nasávání cirkulujícího vzduchu se většinou používá chodba. Mezi místnostmi se vzduch vyměňuje netěsnostmi dveří, nebo větracími mřížkami, které jsou umístěny ve dveřích. Absence sálavé složky se řeší umístěním krbu v hlavní místnosti domu.



Obr. 1.1 Teplovzdušné vytápění rodinného domku s cirkulačním provozem

### 1.1.1 Teplovzdušný kotel

Teplovzdušné kotle se používají plynové, elektrické nebo olejové. Jsou složeny vždy z ventilační a filtrační jednotky, ohřívacího dílu a regulace (Obr. 1.2).



*Obr. 1.2 Přímě ohřívání plynová teplovzdušná jednotka*

Jsou osazeny radiálním ventilátorem, který zajistí nízkou hlučnost při potřebném tlaku a dopravním množství vzduchu. U plynových a olejových agregátů tvoří ohřívací díl hořák a výměník tepla mezi spaliny a ohříváním vzduchem. Používají se jednotky s atmosférickým hořákem otevřené nebo uzavřené, ale vždy s nuceným odtažením spalin, protože na straně spalin je vysoká tlaková ztráta výměníku a nízká teplota spalin neumožní zabezpečit odvod spalin přirozeným komínovým tahem. Nejvyšších účinností dosahují jednotky v kondenzačním provedení, kde se využívá nejen spalné teplo, ale i kondenzační teplo spalin. Použití kondenzační techniky je nejlepším způsobem využití tohoto principu ve vytápění. Oproti teplovodnímu vytápění zde nevzniká problém s nízkou teplotou ohřívání složky (teplota vytápěcího vzduchu bývá do 50°C). Pro rozmístění jednotek v budově se používají stejná pravidla jako pro ostatní plynová zařízení. Z hlediska bezpečnosti provozu se používají uzavřené jednotky s nuceným odtažením spalin a venkovním přívodem vzduchu. Teplovzdušné agregáty se od sebe liší polohou připojovacích

přírub a možnostmi osazení v budově. Bezpečný provoz zajistí základní regulace plynové jednotky jedno nebo dvoustupňového hořáku včetně automatického zapalování (bez věčného plamínku). Provozní regulace je většinou jednozónová, podle prostorového termostatu, který je umístěn v referenční místnosti. V závislosti na požadavcích majitele a klimatických podmínkách se počítá s možným doplněním ohřívacího agregátu a jiných prvků, jako je chladič a zvlhčovač.

Ohřívací jednotky se navrhují na základě těchto kritérií:

- tepelná ztráta budovy pro teplovzdušné vytápění,
- přírážka na zátop – počítá se s nočním útlumem, po němž je třeba budovu ráno rychle vytopit,
- vliv vnitřních zdrojů tepla – pouze u trvale působících zdrojů,
- energie potřebná k vlhčení vzduchu,
- vliv doplňkových zdrojů tepla – teplovzdušné vytápění můžeme kombinovat s elektrickým vytápěním, které slouží pro pokrytí potřeb ve špičce,
- jednotka by měla mít výkonovou rezervu vzduchového ventilátoru pro případné rozšíření o klimatizaci.

Plynové agregáty jsou konstruovány pro ohřev o 35 až 55 K, v kondenzačním provedení do 20 K. Jednotky se vyrábějí v rozmezí výkonu od 7 do 28 kW. Účinnost plynových teplovzdušných jednotek pro klasické provedení je kolem 80 % a pro kondenzační jednotky až 96 %.

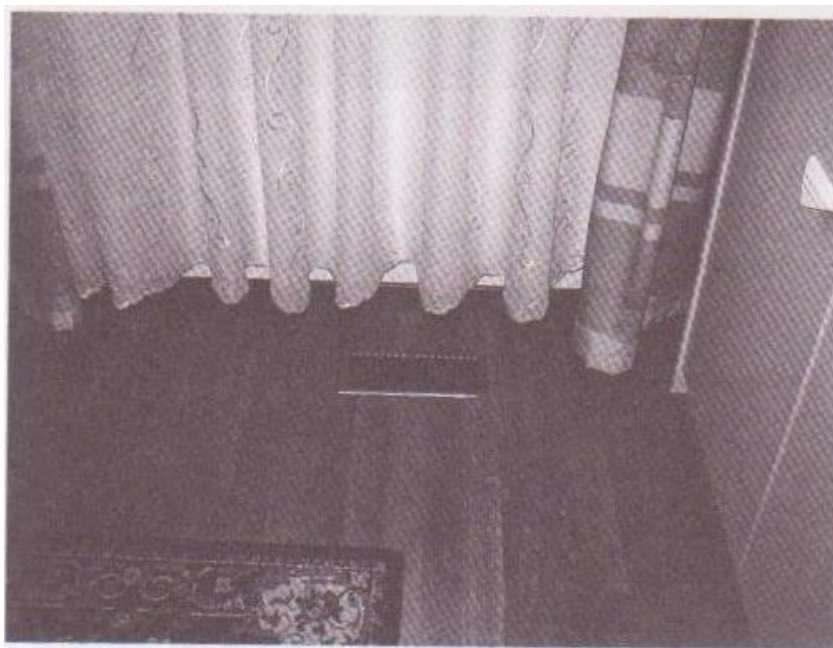
Teplovzdušné agregáty používají paliva jako zemní plyn, propan nebo lehký topný olej. V ČR jsou certifikovány některé jednotky na zemní plyn a propan.

Kromě olejových a plynových jednotek můžeme používat i plně elektrické agregáty. Vzniká zde problém s využitím sazby pro přímotopy, kdy se dodává elektrická energie 20 hodin s maximálně dvouhodinovými přestávkami, což vystačí u teplovodního vytápění, kde lze počítat s akumulací tepla. U lehkých staveb je tato přestávka příliš dlouhá a dojde k poklesu teploty. Instalace elektrické jednotky je tedy velmi riskantní.

### 1.1.2 Rozvody

Rozvody ohřátého vzduchu jsou vedeny v kovových kanálech v podlaze, pod stropem, nebo v půdním prostoru ve spiro potrubí. Vyústky se umísť do podlahy v každé vytápěné místnosti (Obr 1.3). Potrubí musí být vzduchotěsné a v chladných místnostech tepelně izolované, a navržené i s ohledem na hluk. Při použití cirkulačního systému se snižuje prašnost prostředí, protože vzduch se při každém průchodu agregátu filtruje. Problém vzniká při zapnutí po delší pauze, neboť může dojít ke zviření prachu usazeného v potrubí. V zahraničí tento problém řeší specializované firmy, které potrubí vyčistí před začátkem otopné sezóny.

Systémy s cirkulačním provozem neumožňují větrání místností a používají se pouze pro přízemní domy. U budov s obytným podkrovím se z ekonomického hlediska teplovzdušné vytápění používá pouze v přízemí a podkroví se vytápí například elektrickými přímotopy.



*Obr 1.3 Umístění vyústek teplovzdušného vytápění*

## **1.2 Systémy s ventilačním nebo kombinovaným provozem**

Systém teplovzdušného vytápění s řízeným větráním představuje moderní koncepci, kterou lze využít hlavně v dobře zateplených domech s nízkou spotřebou energie pro vytápění. Tyto objekty se od jiných odlišují v těchto aspektech:

- poměr tepelné ztráty se mění prostupem a větráním, kdy hygienické větrání tvoří více než 50 % ztráty,
- díky zateplení a moderním oknům se zvyšuje vnitřní povrchová teplota stěn, snižuje se potřeba eliminace negativního sálání a také význam sálavé otopné plochy v místnosti.

Systém kombinace teplovzdušného větrání s ventilačním provozem se skládá ze zdroje a z distribuční sítě.

### **1.2.1 Zdroje tepla**

Otopný zdroj musí být dostatečně pružný, aby dokázal reagovat na změny venkovního prostředí, a musí být schopen ohřívat venkovní vzduch na požadovanou teplotu. Zdroje mohou být na zemní i kapalný plyn, olej, nebo na elektřinu. Použitím plynu nebo oleje je nejjednodušší a nejučinnější teplovzdušný agregát. V současnosti se používá tradiční plynový teplovodní kotel a výměník v teplovzdušné jednotce. Předností tohoto systému je, že teplovodní kotel můžeme použít pro ohřev vzduchu, a také pro ohřev vody na klasické teplovodní vytápění. Všechny části systému mají nízké teploty, proto zde můžeme použít kondenzační kotle. Toto řešení si vyžaduje velmi náročné zapojení se všemi problémy hydraulické stability a přechodových jevů v teplovodních otopných soustavách.

Dále můžeme použít elektrickou energii, kterou lze realizovat dvěma způsoby. Nejjednodušší je aplikace odporového ohřevu vzduchu (pozor na tarify pro přímotopy), nebo akumulace tepla do vody. Druhý způsob je využití solární energie teplovodních kolektorů s akumulací tepla do vody.

Systémy teplovzdušného vytápění umožňují získat teplo z odváděného vzduchu. Odváděný vzduch není znečištěn, a tak lze použít známé principy zpětného získávání tepla. Nejčastější jsou rekuperační výměníky, které mají účinnost kolem 80 %.

### **1.2.2 Distribuční síť**

Oproti cirkulačnímu systému je distribuční síť teplovzdušného vytápění složitější. Musí zajišťovat jak vytápění, tak i větrání celého objektu. Musí se vyřešit rozmístění přívodních a odvodních otvorů, aby nedocházelo k přenášení škodlivin. Přívody větracího a vytápěcího vzduchu jsou umístěny v místnostech s malou produkcí škodlivin, jako obytné místnosti, chodby a šatny. Odváděcí otvory jsou v místnostech produkující škodliviny, jako WC, koupelna a kuchyně. Musí být zajištěny i akustické požadavky, zvuková izolace jednotlivých místností. I když ventilační provoz zajišťuje rovnoměrnou výměnu vzduchu ve všech místnostech, doplňují se lokální větrací prvky, jako je podtlakové větrání WC a kuchyňský odsavač par.

## 2. Základní systémy větrání budov

Hlavním úkolem větrání je výměna vzduchu v prostorách budov. Ta nastane pouze v důsledku tlakového rozdílu, který může být vyvolán přírodními silami (přírozené větrání), nebo strojním zařízením (nucené větrání).

Přírozené větrání je uplatňováno v budovách s přebytkem tepla. Používá se například v teplých a horkých provozech. V těchto prostorách je velmi účinné a je upřednostňováno před nuceným větráním. Dále tento způsob větrání používáme v místnostech bez zdrojů škodlivin a bez požadavků na garantované parametry prostředí. Pokud potřebujeme intenzivní výměnu vzduchu nezávislou na vnějších klimatických podmínkách nebo musíme zaručit garantované parametry vnitřního prostředí, navrhujeme výměnu vzduchu nuceným větráním (např. pomocí ventilátorů).

### 2.1 Přírozené větrání:

Výměna vzduchu je dosažena působením přírodních sil (gravitace a kinetická energie větru). Za běžných provozních podmínek se obě síly projevují ve všech budovách. To znamená, že sílu, potřebnou k výměně vzduchu nemusí vyvolat vedlejší zdroj, ale je důsledkem působení vnějších klimatických podmínek.

Při běžném užívání budovy se vytvářejí tlakové rozdíly a tím i podmínky pro pohyb vzduchu. Důsledky tohoto pohybu vzduchu se mohou projevit pozitivně i negativně.

Dále lze dodat, že k tomuto druhu větrání není potřebná žádná energie. Je to tedy nejehospodárnější způsob větrání.

Podle síly, která výměnu vzduchu vyvolá, rozeznáváme:

- přírozené větrání vyvolané gravitací,
- přírozené větrání vyvolané působením větru.

Tyto principy se uplatňují při přírozeném větrání budov:

- infiltrace,
- větrání okny,
- šachtové větrání,
- aerace.

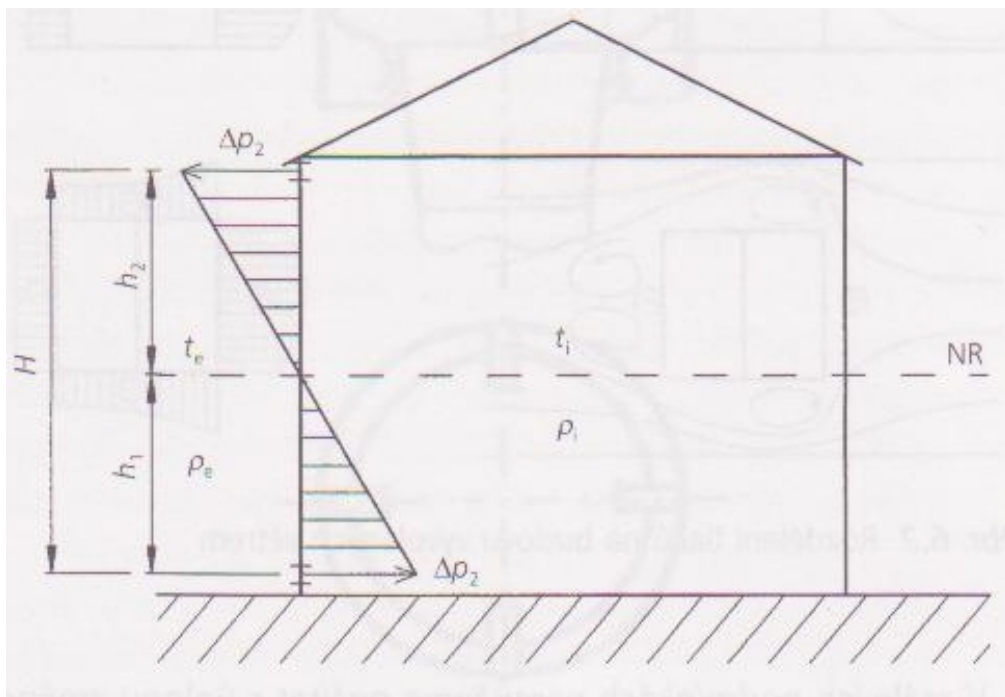
#### 2.1.1 Princip přírozeného gravitačního větrání

Tento princip je založen na odlišné hustotě vnějšího a vnitřního vzduchu důsledkem jejich rozdílné teploty. Teplý vzduch s nižší hustotou má tendenci stoupat nahoru a chladnější vzduch začne klesat. Vzduch u stropu je tedy teplejší než u podlahy.

Pokud mají rozdílné teploty vnitřní a vnější vzduch, mají taky rozdílné hustoty. V takovém případě vytvoříme dva otvory v obvodové stěně budovy v nejvyšší a nejnižší části. Tímto nám vznikne tlakový rozdíl potřebný k cirkulaci vzduchu.

$$\Delta p_1 = h_1(\rho_e - \rho_i) \cdot g \quad [\text{Pa}]$$

$$\Delta p_2 = h_2(\rho_i - \rho_e) \cdot g \quad [\text{Pa}]$$



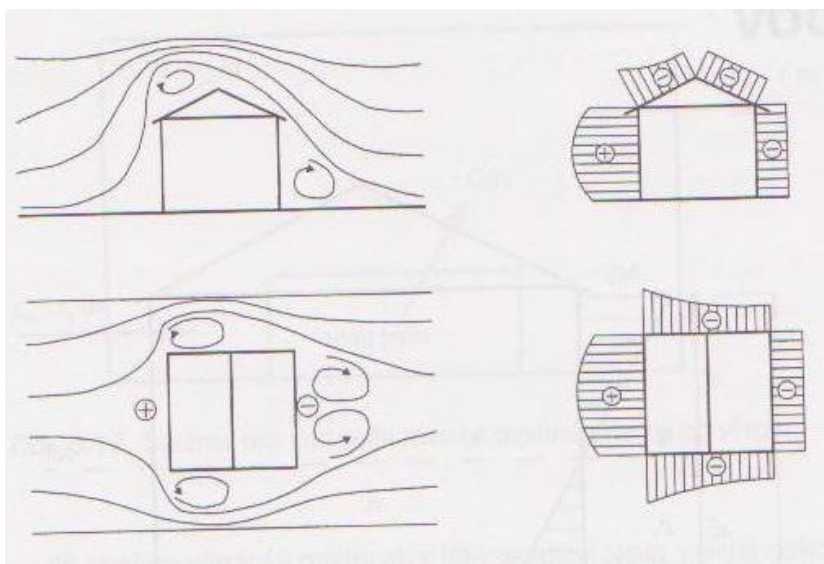
Obr 2.1 Rozdělení tlaků vyvolaných gravitací

Je-li splněna podmínka rozdílu teplot (hustot) bude jedním otvorem proudit vnější vzduch dovnitř a druhým ven.

Ve vertikální části budovy vznikne rovina, v níž je tlakový rozdíl nulový. Takovou rovinu nazýváme neutrální rovina (NR).

### 2.1.2 Princip přirozeného větrání vyvolaného působením větru

Tento způsob větrání se projevuje tak, že na návětrných stěnách mění vítr pohybovou energii na tlakovou, čímž se oproti atmosférickému tlaku vytvoří přetlak. Na odvrácených stěnách od proudu větru a na střeších se sklonem menším než 45° vznikne nižší tlak než atmosférický (podtlak).



Obr 2.2 Rozdělení tlaků na budovu vyvolaných větrem

Při výpočtu absolutního tlaku v reálných podmínkách nemůžeme počítat s úplnou změnou pohybové energie na tlakovou, ale pouze s částečnou. Při výpočtu přetlaku tedy použijeme vztah

$$\Delta p_v = A \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad [\text{Pa}]$$

A – aerodynamický součinitel, vyjadřující míru přeměny pohybové energie v tlakovou  
w – rychlost větru  
ρ – hustota vzduchu  
p<sub>v</sub> – je tlak vyvolaný větrem

Skutečný přetlak tedy závisí na rychlosti a směru proudu větru, ale i na tvaru a poloze místa na budově, na konfiguraci terénu v okolí budovy, na tvaru překážek v blízkosti budovy apod. Tyto skutečnosti ovlivňují hodnotu součinitele A, takže jeho hodnotu můžeme určit pouze měřením. Určování součinitele A provádíme buď na hotových stavbách, nebo na modelech v aerodynamickém tunelu. V přibližných výpočtech můžeme uvažovat hodnotu A = 0,6 na návětrné straně a na straně závětrné A = - 0,3. Výsledky získané použitím těchto hodnot jsou pouze orientační. Při návrhu staveb, kde účinky větru jsou důležité, musíme hodnotu A získat modelovými zkouškami.

Rozdělení tlaků na obvodové stěně budovy je taky důležité pro umístění přírodních a odvodních otvorů pro větrání a odvádění škodlivin.

## 2.1.3 Aplikace přirozeného větrání v budovách

### Infiltrace

Důsledkem tlakového rozdílu vyvolaného gravitační silou vzduch proudí dovnitř a ven netěsností v obvodovém plášti budovy nebo póry použitých stavebních materiálů. Jedná se o nekontrolované proudění vzduchu, které lze považovat za druh přirozeného větrání.

Tento systém však nelze použít jako plnohodnotný větrací systém. Intenzitu větrání nelze regulovat a jeho výskyt je nestálý.

### Větrání okny

Jedná se o nejrozšířenější způsob přirozeného větrání, při němž lze uplatnit oba principy větrání.

Gravitační přirozené větrání okny je charakteristické tím, že jediným otvorem – oknem – vzduch přivádíme i odvádíme.

Vlivem rozdílu hustot přiváděného a odváděného vzduchu se neutrální rovina posune ze střední polohy. Ve vertikální rovině je průběh tlaků lineární (obr 2.3) a platí

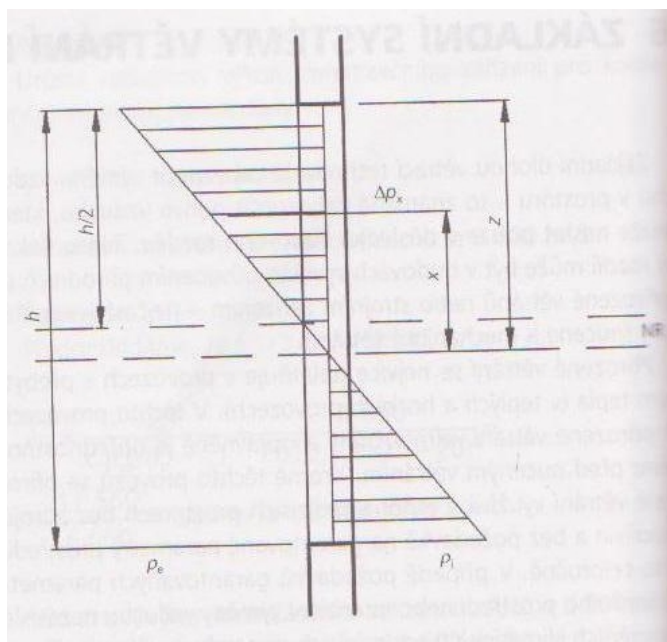
$$\Delta p = x(\rho_e - \rho_i) \cdot g \quad [\text{Pa}]$$

$x$  – vzdálenost od neutrální roviny.

Hmotnostní průtok vzduchu vypočítáme podle vzorce

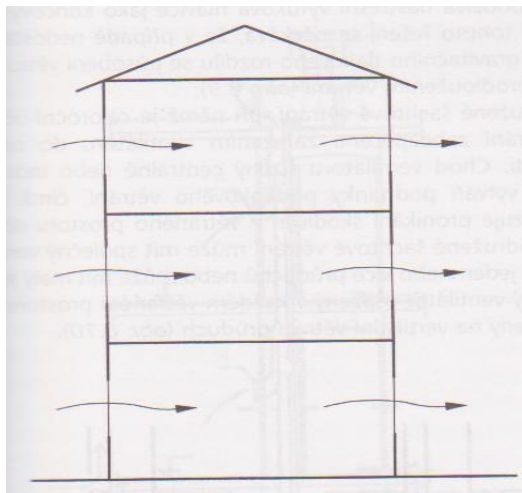
$$\dot{M} = \mu \cdot b \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g(\rho_e - \rho_i)h^3\rho_e} \cdot \sqrt{\frac{\rho_i}{(\sqrt[3]{\rho_i} + \sqrt[3]{\rho_e})^3}} \quad [\text{kg/s}]$$

$b$  – šířka otvoru



Obr 2.3 Rozložení tlaků v okenním otvoru vyvolané gravitací

Působení větru na větrání okny se projeví tehdy, vznikne-li otevřením oken na návětrné i závětrné straně budovy tlakový rozdíl, který se vytvořil v důsledku přeměny kinetické energie větru. Tento druh přirozeného větrání nazýváme příčné větrání (obr 2.4).



Obr 2.4 příčné větrání okny

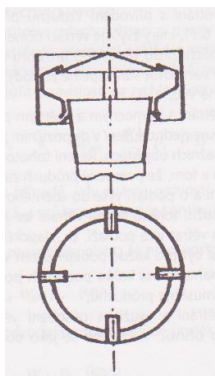
Při větrání okny přivádíme do místnosti vnější neupravený vzduch a hluk. Tato skutečnost zpochybňuje vhodnost otvírání oken zejména v průmyslové a městské zástavbě, nebo v blízkosti dopravních tahů. Budovy s neotvíratelnými okny musejí být vybaveny klimatizací.

### Šachtové větrání

Je to druh přirozeného větrání, u kterého je otvor v místnosti zaveden do svislého průchodu (šachty). Touto šachtou se vzduch z místnosti odvádí na střechu budovy. Spojení odváděcího otvoru se šachtou o výšce  $h$  se projeví zvýšením tlakového rozdílu podle vztahu

$$\Delta p = h(\rho_e - \rho_i) \cdot g \quad [\text{Pa}]$$

Vzniklý tlakový rozdíl se spotřebuje na urychlení průtoku vzduchu a na překonání hydraulických odporů pro přívod vzduchu do větraných prostor.



Obr 2.5 Výfuková hlavice

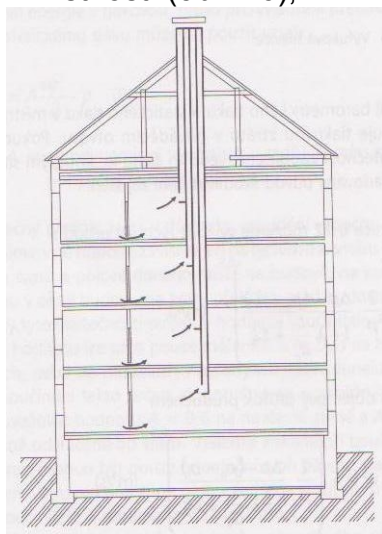
Použitím výfukové hlavice (obr 2.5), která je osazena na horním ukončení větrací šachty, lze aktivně využít účinky větru. Aerodynamický tvar hlavice zvyšuje účinný tah šachty.

Tento druh větrání používáme na větrání prostor ve středu bytu (WC, koupelna). Šachtové větrání je typické pro rozsáhlé bytové výstavby.

Větrací účinek se projeví pouze tehdy, je-li vnitřní teplota vzduchu vyšší než venkovní. Pokud nastane opačná situace, může se změnit směr proudění. To může být z hlediska tvorby vnitřního prostředí velmi nepříjemné.

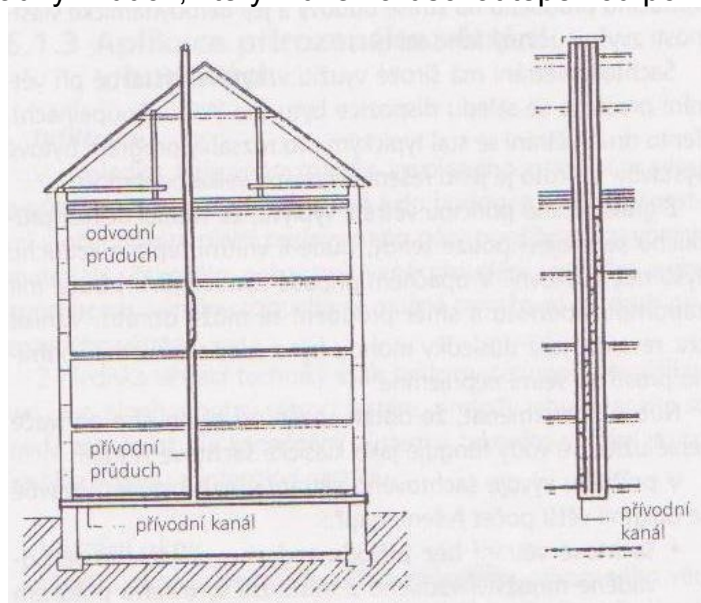
### **V průběhu vývoje šachtového větrání se uplatňuje větší počet řešení.:**

- *šachtové větrání bez přívodu vzduchu*, kde množství odváděného vzduchu vyrovnáme přítokem vzduchu přes netěsnosti nebo otvory v dělicích konstrukcích z okolních místností (obr 2.6),



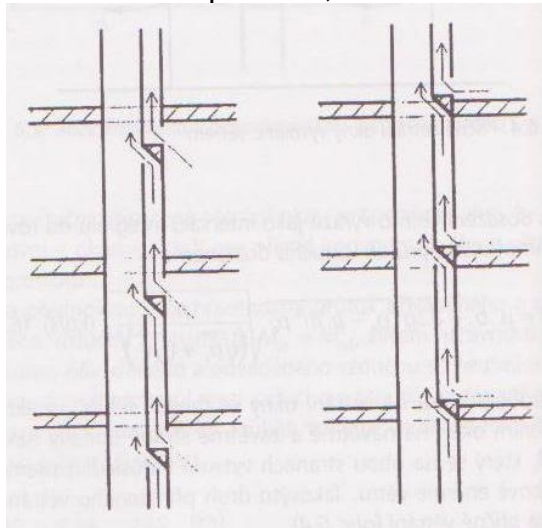
*Obr. 2.6 Šachtové větrání bez přívodu vzduchu*

- *šachtové větrání s přívodem vzduchu přívodním průduchem* (obr 2.7), kterým zvýšíme účinek větrání. V zimních měsících může přicházet do větracích prostor chladný vzduch, který může narušovat tepelnou pohodu,



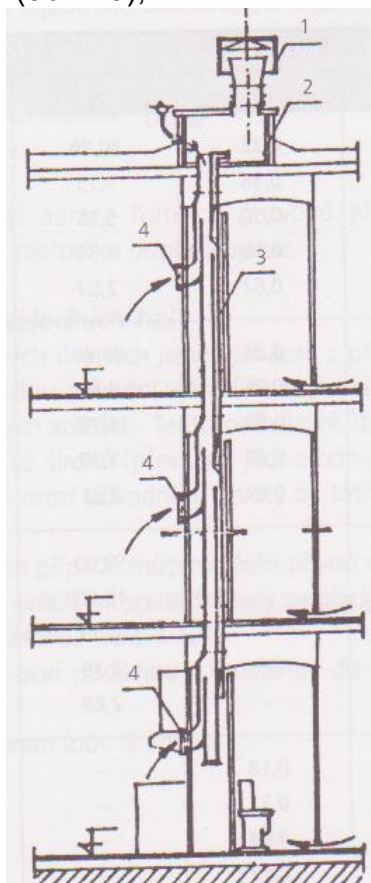
*Obr. 2.7 Šachtové větrání s přívodem vzduchu*

- *šachtové větrání s pomocným a sběrným průduchem*, které představuje zjednodušení v návrhu větrání vícepodlažních budov. Řešení spočívá v tom, že pomocný průduch je napojen na větranou místnost a o patro výše do sběrného průchodu (obr 2.8). Při použití tohoto druhu větrání můžeme místnosti ve více podlažích jedním průduchem. U běžného šachtového větrání musí mít každé podlaží vlastní průduch,



Obr. 2.8 Šachtové větrání s pomocným a sběrným průduchem

- *šachtové větrání s využitím působení větru pro zvýšení větracího účinku*, u kterého používáme nástřešní výfukovou hlavici jako koncový prvek. V případě nedostatečného tlakového rozdílu se působení větru projeví prodloužením větráním (obr 2.9),



Obr 2.9 Šachtové větrání společným průduchem

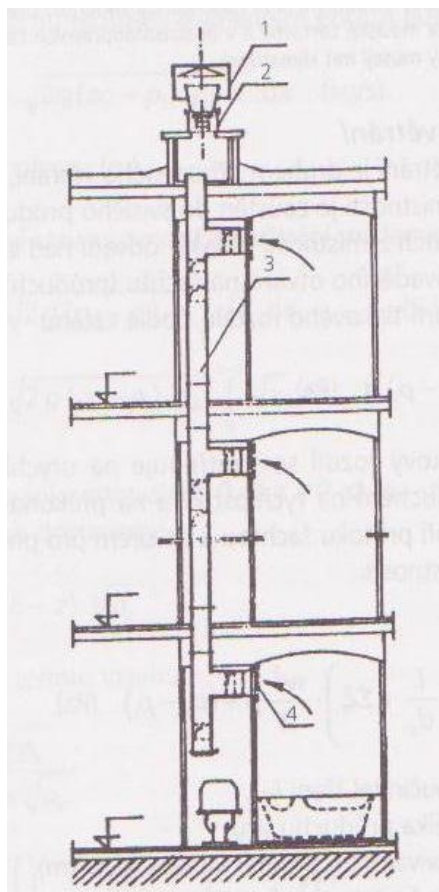
- 1 – výfuková hlavice
- 2 – komora
- 3 – průduch
- 4 - vyústka

..

- *sdužené šachtové větrání*, u kterého máme zaručenou celoroční účinnost větrání zařazením ventilátoru do odvodní části. Ventilátor může být řízený centrálně nebo individuálně a jeho chod vytváří podmínky podtlakového větrání a zamezuje průchodu škodlivin z větraných prostor do okolí. Ventilátor může být společný pro více průduchů, nebo může být mít malý jednotkový ventilátor v každém větraném prostoru napojený na vertikální větrací průduch (obr 2.10).

*Obr 2.10 Šachtové větrání společným průduchem*

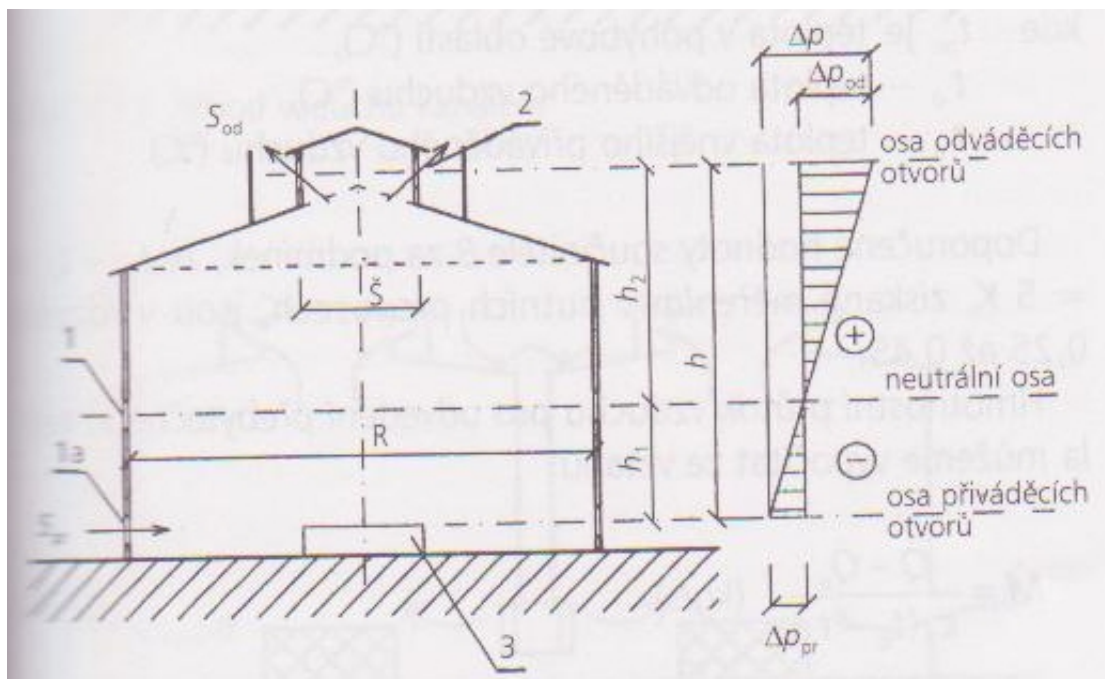
- 1 – výfuková hlavice
- 2 – ventilátor
- 3 – průduch
- 4 – vyústka



## **Aerace**

Je druh přirozeného větrání, kde můžeme regulovat intenzitu větrání, a zabezpečit odvod škodlivin z větrané místnosti. Otvorem v dolní části budovy vzduch přivádíme a střešním světlíkem v dolní části vzduch odvádíme.

Správná funkce aeračního větrání (obr 2.11) závisí na konstrukčním návrhu přiváděcích a odváděcích otvorů a na výpočtu. Návrh spočívá v určení velikosti a rozmístění přivodních a odvodních otvorů, potřebných k výměně vzduchu ve větraných místnostech.



Obr. 2.11 Aerační větrání

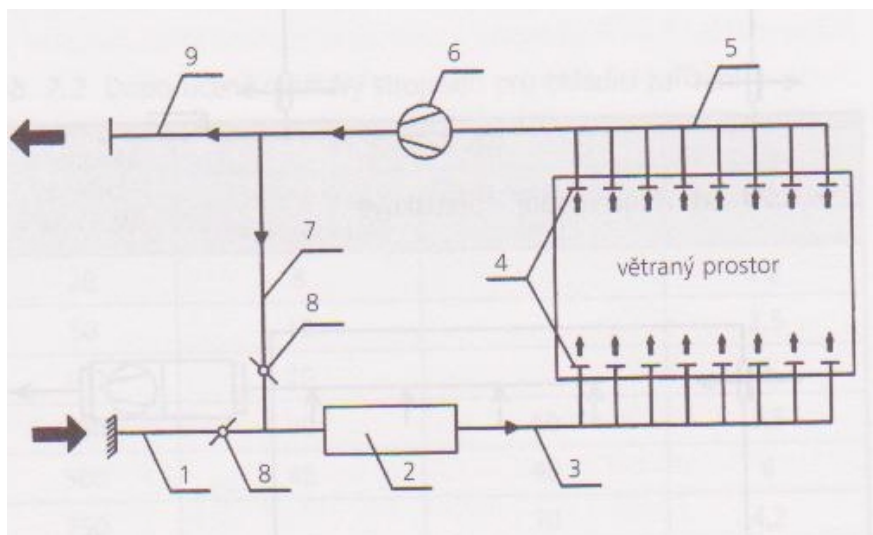
## 2.1.4 Hodnocení přirozeného větrání a jeho vhodné použití

Z principů, na kterých přirozené větrání funguje, vyplývá, že nekladou žádné nároky na energii, mají relativně nízké investiční náklady, ale je omezena vhodnost použití. Větrací efekt je závislý na vnějších klimatických podmínkách, které se mění. V případě, kdy potřebujeme udržet neměnné vnitřní podmínky, je přirozené větrání nevhodné. Další omezení při použití přirozeného větrání je fakt, že vyvolaný tlakový rozdíl nestačí pro překonání místních odporů filtračních zařízení a tepelně vlhkostní úpravu přiváděného vzduchu. To znamená, že přirozené větrání pracuje jako větrání bez úpravy vzduchu.

Gravitační princip slouží k odvádění přebytečného tepla a škodlivin s nižší hustotou než vzduch. Odvádění škodlivin s vyšší hustotou než vzduch přirozeným větráním nelze.

## 2.2 Nucené větrání

Při nuceném větrání je doprava vzduchu do větraných prostor zajištěna ventilátorem, který je poháněn elektromotorem. Tento druh větrání se neobejde bez spotřeby energie. Tlak vyvolaný ventilátorem je dostačující k překonání hydraulických odporů vzduchovodů, které mohou být velmi rozsáhlé a rozvětvené. Také můžeme do větrací soustavy zařadit zařízení na úpravu vzduchu jako filtry, výměníky tepla (ohříváč, chladič), zvlhčovací a jiná zařízení. Můžeme také použít klimatizační zařízení s možností úpravy čistoty, teploty a vlhkosti vzduchu. Tato zařízení nám zajistí požadované parametry vnitřního prostředí. Základní schéma je na (obr. 2.12).



Obr. 2.12 Schéma nuceného větrání

1 – čerstvý vzduch, nasávací potrubí, 2 – větrací jednotka, 3 - upravený, přiváděný vzduch, 4 – přívodní a odváděcí vyústky, 5 – odváděný vzduch, vzduchovod pro odvod, 6 – odváděcí ventilátor, 7 cirkulační vzduch, 8 – regulační klapky, 9 - výfuk

Podle vybavení větrací jednotky můžeme mluvit o větrání bez úpravy vzduchu, s částečnou úpravou vzduchu a o soustavě s úplnou úpravou vzduchu (klimatizace).

Nejčastěji používaným typem nuceného větrání je větrání s nuceným přívodem nebo odvodem vzduchu. Takové větrání může být řešeno jako rovnotlaké, přetlakové nebo podtlakové, kde můžeme libovolně nastavit stupeň přetlaku nebo podtlaku. Tlakový rozdíl je způsoben nerovností nuceného průtoku přiváděného a odváděného vzduchu. Rozdíl množství nucených průtoků je vyrovnán přívodem nebo odvodem vzduchu netěsnostmi.

Poměr nucených průtoků vzduchu je vyjádřen součinitelem ventilační rovnováhy  $\varepsilon$ .

$$\varepsilon = \frac{\dot{M}_P}{\dot{M}_O} - 1 \quad [-]$$

kde  $\dot{M}_P$  a  $\dot{M}_O$  jsou hmotnostní průtoky nuceně přiváděného vzduchu [kg/s].

### Rovnotlaké větrání

Nucené větrání řešené jako rovnotlaké je charakteristické stejným objemovým průtokem přiváděného a odváděného vzduchu.

### Přetlakové větrání

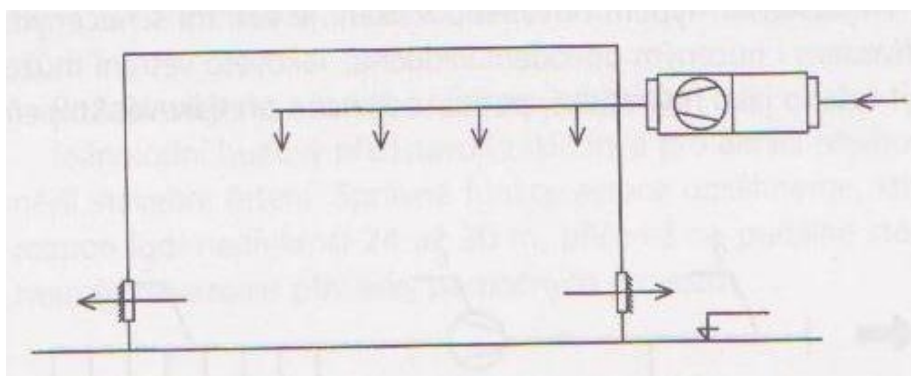
Do větrané místnosti přivedeme více vzduchu, než odvedeme. V místnosti se oproti okolním prostorům vytvoří přetlak. Takové větrání je vhodné použít v případě, pokud chceme zabránit vniknutí neupraveného vzduchu do větraných prostor z okolního prostředí.

### Podtlakové větrání

Je nucené větrání navrženo tak, že z větrané místnosti odvádíme více vzduchu, než přivádíme. V místnosti se vytvoří podtlak. Takové větrání použijeme, pokud chceme zabránit úniku znečištěného vzduchu do okolních prostor.

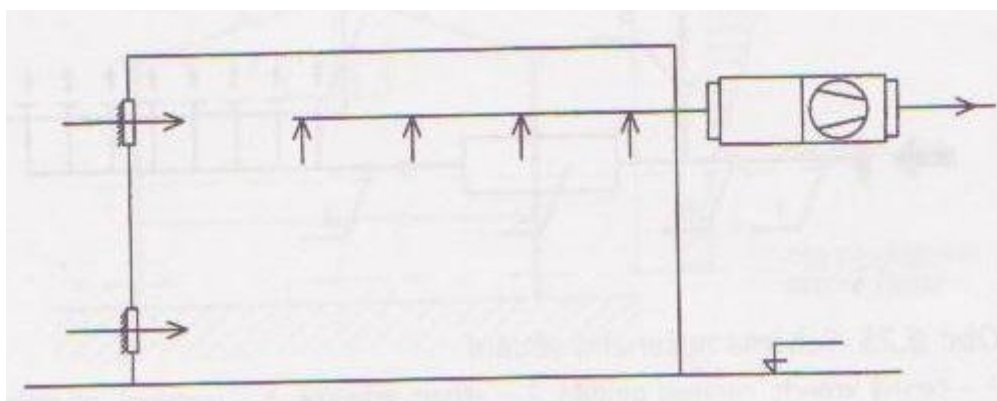
Dalším ze způsobu větrání je sdružené větrání, které je kombinací přirozeného a nuceného větrání. Sdružené větrání může zabezpečit:

- **přivětrávání** – ventilátor se používá pouze pro přívod vzduchu. Jedná se o přetlakové větrání. Vzduch dopravovaný do místnosti se dá podle potřeby upravovat (filtrovat, ohřívat). Vzduch v místnosti je vytlačován pomocí přetlaku do vnějšího prostředí nebo do sousedních prostor netěsnostmi oken a dveří, případně mřížkami vsazenými do stavební konstrukce, respektive přetlakovými klapkami.



Obr 2.13 Sdružené větrání přetlakové

- **odvětrávání** – ventilátor slouží k nucenému odvádění vzduchu z místnosti. Ve větrané místnosti vznikne podtlak, který způsobí přívod vzduchu do místnosti zvláštními větracími otvory nebo náhodnými netěsnostmi. Protože při tomto způsobu podtlakového větrání přivádíme vzduch, který nelze upravovat, používá se tedy jen v místnostech, kde vyžadujeme výměnu vzduchu bez garance jeho čistoty a teploty (koupelna, WC).



Obr 2.14 Sdružené větrání podtlakové

## Závěr

Systémy teplovzdušného vytápění v ČR zatím nejsou příliš rozšířeny, ale díky kvalitním obvodovým konstrukcím, které zvyšují účinnost tohoto systému, se začínají používat mnohem víc. Před volbou způsobu vytápění je nutné zvážit výhody a nevýhody teplovzdušného vytápění oproti klasickému teplovodnímu vytápění, které je používáno nejvíce. V současné době je v ČR dokončeno více než 810 systémů teplovzdušného vytápění. Je také vystaveno několik ukázkových domů, které si případní zájemci mohou prohlédnout. Protože v těchto stavbách nedochází k potřebné výměně vzduchu, je důležité stálé větrání. Přirozené větrání okny je z hlediska hlučnosti okolí a přívodu škodlivin do interiéru nevyhovující. Proto se používá nucené větrání, které přiváděný vzduch přefiltruje. Rozvody větrání a teplovzdušného vytápění oslabují konstrukci domu. Byly vynalezeny nové technologie, které umožňují zkombinovat tyto systémy. Tento druh teplovzdušného vytápění s ventilačním provozem zajistí potřebnou tepelnou pohodu, ale také dostatečnou výměnu upraveného vzduchu.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] Vytápění rodinných a bytových domů – Dušan Petráš a kolektiv
- [2] Větrání a klimatizace – Marta Székyová, Karol Ferstl, Richard Nový
- [3] [www.atrea.cz](http://www.atrea.cz)
- [4] Tabulky 1.1 – 1.2 převzaty z literatury - Vytápění rodinných a bytových domů, Dušan Petráš a kolektiv
- [5] Obrázky 1.1 – 1.3 převzaty z literatury - Vytápění rodinných a bytových domů, Dušan Petráš a kolektiv
- [6] Obrázky 2.1 – 2.14 převzaty z literatury - Větrání a klimatizace – Marta Székyová, Karol Ferstl, Richard Nový