

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV ENERGETICKÝ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ

WARM AIR HEATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADEK BEČICA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. EVA JANOTKOVÁ, CSc.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Radek Bečica

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Teplovzdušné vytápění

v anglickém jazyce:

Warm Air Heating

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Při teplovzdušném vytápění se do vytápěného prostoru přivádí teplý vzduch. Teplovzdušné vytápění se používá pro vytápění vysokých a půdorysně rozlehlých místností a také pro vytápění obytných staveb, zejména na bázi dřeva. Jednou z předností teplovzdušného vytápění je, že umožňuje kombinaci s větráním.

Cíle bakalářské práce:

Literární rešerše a porovnání různých systémů a zařízení pro teplovzdušné vytápění jak vysokých a půdorysně rozlehlých prostor, např. prodejních prostor, průmyslových hal, telocvičen, tak pro vytápění obytných staveb, zejména rodinných domů.

Seznam odborné literatury:

Janotková, E.: Technika prostředí. FSI VUT v Brně, srpen 2009.
http://ottp.fme.vutbr.cz/vyuka/technika_prostredi
Rubinová, O. - Rubina, A.: Klimatizace a větrání. ERA, Brno 2004
Janotková, E.: Technika prostředí. Ediční středisko VUT, Brno
Firemní podklady.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Eva Janotková, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

V úvodu práce jsou popsány základní informace o teplovzdušném vytápění a také všeobecné podmínky a doporučení pro použití tohoto druhu vytápění. Další kapitola se zabývá souhrnem výhod a nevýhod teplovzdušného vytápění. Následující kapitoly se věnují samotným prvkům celkového systému. Dále je poukázáno na rozdíl mezi sálavým a konvekčním přenosem tepla. Ke konci je nastíněn celkový přehled používaných systémů teplovzdušného vytápění. Závěrem je celkové zhodnocení perspektivy teplovzdušného vytápění z hlediska autora.

ABSTRACT

The introduction describes the basic information about warm air heating and general recommendations for using this type of heating. The next chapter contents a summary of the advantages and disadvantages of warm air heating. The following chapters deal with the main elements of the whole system. There is also pointed out the difference between radiant and convective heat transfer. At the end of this thesis there is shown an overview of warm air heating systems used for last years. Last part tells about prospects of warm air heating according author's opinion.

KLÍČOVÁ SLOVA

Teplovzdušné vytápění, sálavé teplo, konvekční teplo, teplovzdušné jednotky, vzduchovody, výustky, teplo.

KEYWORDS

Warm air heating, radiant heat, convection heat, warm air units, air ducts, shafts, heat.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BEČICA, R. *Tepl vzdušné vytápění*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 31 s.

Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Eva Janotková, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Evy Janotkové, CSc.

Uvedl jsem všechny literární prameny, odborné publikace a adresy internetových stránek, ze kterých jsem čerpal.

.....
Radek Bečica
26.5.2011

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto doc. Ing. Evě Janotkové, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování této bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD.....	10
1. TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ.....	11
1.1. Vlastnosti teplovzdušného vytápění.....	12
1.2. Podmínky a vhodnost použití teplovzdušného vytápění.....	12
1.3. Výhody a nevýhody teplovzdušného vytápění.....	13
1.4. Části systému.....	14
1.4.1. Tepelné jednotky.....	14
1.4.2. Vzduchovody.....	16
1.4.3. Distribuční prvky - výustky.....	18
1.4.4. Jednotky pro zpětné získávání tepelné energie.....	19
2. KONVEKČNÍ vs. SÁLAVÉ TEPLA.....	20
2.1. Hypokausten systém.....	22
3. PŘEDSTAVENÍ TEPLOVZDUŠNÝCH SYSTÉMU.....	23
3.1. Teplovzdušné systémy pro vytápění rodinných domů.....	23
3.2. Teplovzdušné systémy pro vytápění rozlehlých místností.....	24
3.2.1. Vytápění místními teplovzdušnými jednotkami.....	24
3.2.2. Ústřední teplovzdušné vytápění.....	26
4. ZÁVĚR.....	27
POUŽITÉ ZDROJE.....	28
POUŽITÉ ZNAKY.....	31

ÚVOD

V dnešní moderní době se hledá ideální způsob vytápění, s ohledem na rychlost vytopení prostor a celkové náklady s tímto spojené. V tomto nám může pomoci teplovzdušné vytápění. Je to nový způsob vytápění větších prostor jako například sportovních hal, tělocvičen a budov s rozsáhlým půdorysem či výškou. Ovšem s teplovzdušným vytápěním se také můžeme setkat u severských dřevostaveb a ekodomů určených pro obývání lidmi. Takovéto dřevěné stavby mají malé akumulční schopnosti a tudíž zde teplovodní systémy vytápění nedokáží poskytnout dostatečnou pohotovost. [1]

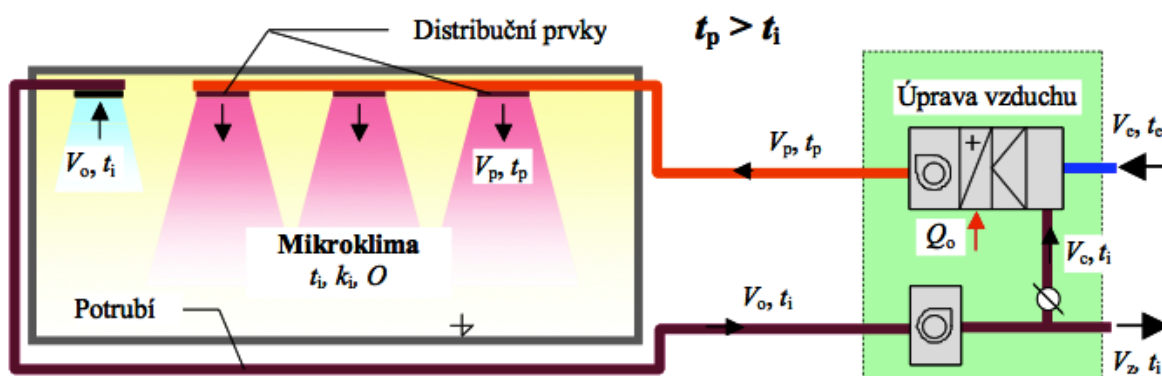
Hlavními výhodami teplovzdušného vytápění jsou vysoká rychlost výhřevu, provozní pohotovost a schopnost použití v kombinaci s větráním, obzvláště v prostorách s pobytem osob. Systém může obsahovat prvky pro zpětné získávání tepla, používat energii ze solárních systémů, či chladit nebo ohřívat vzduch skrze zemní výměníky tepla. A další velkou výhodou je cenová přijatelnost ve srovnání s jinými druhy ústředního topení. [1]

Samozřejmě jsou s tímto typem vytápění spojeny i nevýhody. A ty jsou, že teplotní rozdíly v místnostech mohou neblaze působit na lidské tělo, protože je hlava vystavena vyšším teplotám než dolní končetiny a tím může docházet k nepříjemným pocitům. Také suchý vzduch, prach, či přepálené částičky zbylé ve vzduchu, které se rozvíří cirkulujícím vzduchem, jsou pro plíce nepříznivé. Proto se tento typ vytápění nedoporučuje do obytných prostor. Ovšem všechny nedostatky mohou být v jisté míře redukovány dodatečnými prvky v systému. [4]

1. TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ

Princípem teplovzdušného vytápění je, že do místnosti je vháněn teplejší vzduch než doposud v místnosti byl, a zároveň je znehodnocený odpadní vzduch z místnosti odváděn. Tímto procesem se vytváří v místnostech interní mikroklima nezávislé na vnějších podmínkách. [2]

Na obrázku (Obr. 1.1) můžeme vidět zjednodušené schéma systému s teplovzdušným vytápěním. Pokud t_p bude větší než t_i tak se jedná o vytápění.



Obr. 1.1 Schéma systému určeného k vytápění teplým vzduchem [2]

Veličiny: V_c je objem a t_c je teplota vstupujícího venkovního vzduchu,
 V_p je objem a t_p je teplota tepelně upraveného vzduchu,
Vnitřní mikroklima má teplotu t_i , měrnou tepelnou kapacitu k_i a hodnotu tepelných ztrát O ,
 V_o je objem a t_o je teplota vystupujícího odpadního vzduchu,
 V_r je objem a t_r je teplota vzduchu určeného k rekuperaci tepla,
 Q_o je energie potřebná na úpravu vzduchu.

Vše začíná úpravou vstupujícího venkovního vzduchu, který je jakožto teplonosná látka ohříván, čištěn a posléze vpouštěn do systému, kde je skrze teplovody rozváděn po objektu, a nakonec je pomocí distribučních prvků vháněn do konkrétní místnosti. Tím se zvyšuje teplota vzduchu v místnosti a dochází k vytopení prostor konvekčním přenosem tepla. Vzduch je současně odváděn z místnosti, buď ven z objektu, či do jiných zařízení, kde se dá ještě jeho teplo dále využít. Jedním z těchto zařízení jsou systémy pro zpětné získávání tepla či zemní výměníky. [2]

Ovšem tento způsob, který můžeme vidět, je jedním z nejjednodušších a cenově nejpříjemnějších řešení takového systému. S většími a složitějšími požadavky si odborníci na vytápění samozřejmě dokáží poradit. Každý element teplovzdušného vytápění musí být pečlivě vybrán s ohledem na požadavky a funkci.

1.1. Vlastnosti teplovzdušného vytápění

Jak bylo zmíněno, teplonosnou látkou je zde vzduch, který přenáší teplo mezi segmenty systému. Vzhledem k **hmotnostním (objemovým) rovnostem** přiváděného a odváděného vzduchu, předpokladu **stejně měrné kapacity** a zajištění trvalé výměny energie, lze popsat průtok vzduchu pomocí obecné rovnice tepelné bilance prostoru. Pomocí této rovnice lze zjednodušeně vypočítat teplotu vzduchu přiváděného do místnosti za předem dané velikosti tepelných ztrát. [2]

Tedy pokud, $m_p = m_i = m$, ($V_p = V_i = V$), $c_p = c_i = c$, poté

$$t_p = t_i + \frac{Q}{c_p \cdot m} \quad m = \frac{Q}{c_p \cdot (t_p - t_i)} \quad V = \frac{Q}{c_p \cdot \rho \cdot (t_p - t_i)} \quad (1) [2]$$

kde t_i je teplota vzduchu ve vytápěné místnosti (°C)

t_p je teplota přívodního vzduchu (°C)

c_p je měrná tepelná kapacita vzduchu při konstantním tlaku [J.kg⁻¹K⁻¹]

Q jsou tepelné ztráty (W)

ρ je hustota vzduchu [2]

Velikostí rozdílu teplot přiváděného a odváděného vzduchu je ovlivněna kvalita mikroklimatu vytvořeného v místnosti, a také jsou ovlivněny celkové náklady na zpracování vzduchu. Větší hodnotou rozdílu je zmenšen objemový průtok systémem, tudíž i náklady potřebné na chod jsou tím sníženy. To platí i naopak. [2]

Pro běžné případy lze výhodně volit teplotní rozmezí přiváděného vzduchu.

$t_p = 25 - 35$ °C pro občanské a bytové stavby

$t_p = 45 - 60$ °C pro průmyslové provozy [2]

1.2. Podmínky a vhodnost použití teplovzdušného vytápění

Nutnou podmínkou pro teplovzdušné vytápění je, že musí být zajištěn odvod znehodnoceného vzduchu z místnosti a zároveň musí být přiváděn nový vzduch z venkovního prostředí do systému ke zpracování. Znehodnocený vzduch musí být odváděn a dle schopností dále efektivně využit. [2,24]

Další podmínkou je, že funkce teplovzdušného vytápění musí být přizpůsobena dané místnosti či prostoru pro zajištění kvalitních tepelných podmínek (mikroklimatu).

Nedílnou součástí přípravy pro teplovzdušné vytápění je důkladné promyšlení celkového systému. Jeho velikosti, vlastnosti, vhodné umístění a jiné. Hlavními složkami jsou vytápěcí a odváděcí vzduchotechnické jednotky, vzduchovody, distribuční koncové prvky (výustky) a poté doplňkové části jako filtrační jednotky, větrací části, odhlučňovací

komponenty popřípadě systémy pro zpětné získávání tepelné energie z odpadního vzduchu. [7, 10, 12, 16]

Použití teplovzdušného vytápění je všestranné. Od rodinných domů, občanských budov až po velké průmyslové stavby. Všeobecně díky svým vlastnostem, výhodám a nevýhodám se doporučuje takovéto vytápění do půdorysně vysokých budov či jinak rozlehlých objektů. Také se v poslední době používá pro vytápění severských dřevostaveb určených k obývání. [1,2]

1.3. Výhody a nevýhody teplovzdušného vytápění

Malou nevýhodou je, že takové teplovzdušné systémy dosahují větších rozměrů. Proto musí být návrh systému dostatečně navržen a umístěn již při stavbě. Tedy pokud se rozhodne z jakýchkoli důvodů použití teplovzdušného vytápění je potřeba zajistit dostatečný prostor a zázemí. Velkým problémem můžou být rekonstrukce, kde je integrace systému složitá, díky rozsáhlejší stavebním úpravám. [1,24]

Nevýhodou je také, že vytápěcí systém je v celé budově propojen, tudíž, co se děje v jedné místnosti, můžeme cítit, i dokonce slyšet v nějaké druhé místnosti. Proto třeba nemůže být některá z místností, připojena na systém, používána jako kuřácká, protože by byl kouř a zápach rozveden do celého objektu. Stejně tak, když někdo trpí alergiemi na prach, tak není vhodné, aby se vyskytoval v budově s tímto typem vytápění, protože jsou prachové částice a spóry v malé míře rozvedeny do všech ostatních částí. Propojení celého domu můžeme vidět na obrázku (Obr. 1.2). [4]



Obr. 1.2 Průřez domu s použitým teplovzdušným rozvodem tepla [16]

Shrnutí pro a proti:

- PRO:**
- efektivita vytápění
 - rychlost vytopení místností
 - možnost rozšíření tepla na velké vzdálenosti
 - velká modulárnost systému
 - kombinace s pasivním či aktivním větráním
 - možnost zpětného získání tepelné energie
- PROTI:**
- absence sálavého přenosu tepla
 - rozdíl teplot u podlahy a stropu vede k nepříjemným pocitům při konvekčním způsobu přenosu tepla
 - konstrukční náročnost a důkladná příprava, složité úpravy při rekonstrukcích
 - finančně nákladné pořizovací výdaje pro složitější systémy
 - dostatečná těsnost vzduchovodů a odhlučnění systému

1.4. Části systému

Celý systém teplovzdušného vytápění můžeme rozdělit na několik částí: **tepelné jednotky, vzduchovody, výstky, zařízení pro zpětné získávání tepelné energie, odhlučňovací komponenty, těsnící komponenty, zemní výměníky (zemní registry)** a další speciální součásti. [7, 10, 12, 16]

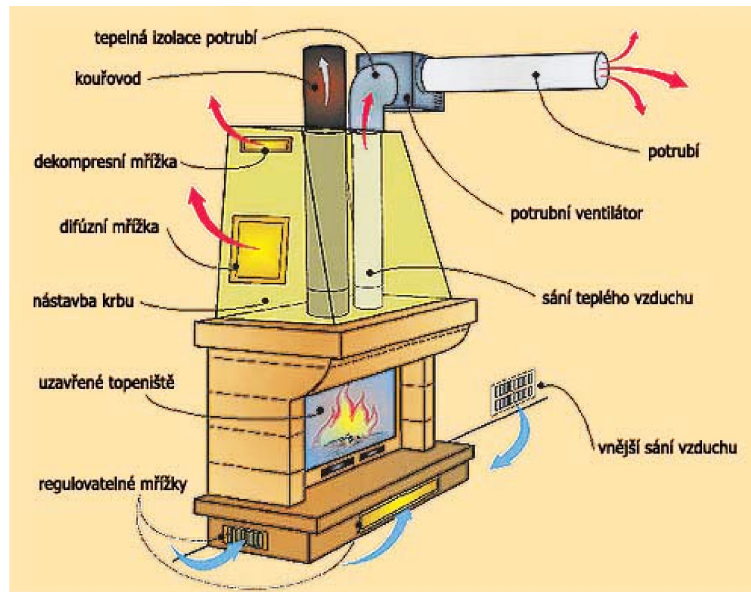
1.4.1. Tepelné jednotky

Tepelnými jednotkami rozumíme to, že zde vyprodukuje teplo. Vyprodukovat teplo můžeme většinou spalovacími procesy. Proto známe **plynové teplovzdušné jednotky, olejové jednotky, kamna a krby na spalování dřeva a také kotle na spalování fosilních paliv a biopaliv**. Ale nesmíme zapomenout na **elektrické tepelné jednotky**. [7]

Nezáleží na tom co spalujeme. Systémy schopné spalovat paliva doznaly změn a to jak z bezpečnostního hlediska, kdy jsou ohniště chráněny proti okolním vlivům, také naopak, kdy okolí je chráněno od nečistot a rozšíření ohně. Dále došlo i k zefektivnění spalovacích procesů. Modernizací prošel samozřejmě i zevnějšek a v dnešní době máme obrovské množství krbů, kotlů, kamen a jiných tepelných jednotek.

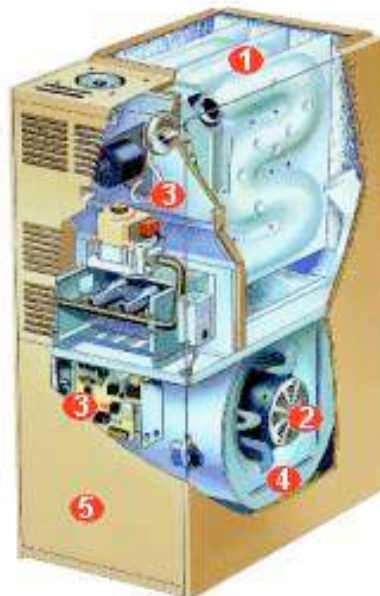
Konstrukci a funkci krbu na spalování dřeva demonstruje obrázek (Obr. 1.3). Dalším zařízením může být plynový teplovzdušný kotel (Obr. 1.4). Celý kotel se skládá z **ventilační a filtrační jednotky, ohřívacího dílu a regulačních komponent**. Pro přenos vzduchu s potřebným tlakem jsou vybaveny tyto jednotky radiálním ventilátorem, který plní funkci při ponechání nízké hlučnosti. Ohřívací díly jsou

složeny z hořáku a výměníku tepla mezi spalinami a ohříváním vzduchem. Vlivem nízké teploty spalin se pro zvýšení efektivity využívá také **kondenzačního tepla spalin**. [7]



Obr. 1.3 Schéma a popis teplovzdušného krbu. [14]

Kondenzačním teplem spalin se rozumí teplo získané kondenzací vodní páry, která vzniká jako vedlejší efekt spalování plynu. Při kondenzaci vodní páry se kondenzační teplo předá výměníku a ten dále ohřívá vzduch v systému. [8]



Obr. 1.4 Plynová teplovzdušná jednotka (kotel) [7]
 1 - výměník tepla, 2 - radiální ventilátor, 3 - zapalovací automatika a hořák,
 4 - filtrace vzduchu, 5 - izolovaná skříň jednotky

Teplovzdušné jednotky jsou samozřejmě velikostně rozdílné. Hlavním rozdílem je, zda-li se jedná o **centrální teplovzdušnou jednotku**, ve které se ohřeje vzduch a ten se posléze distribuuje pomocí vzduchovodů. Tento systém centrálních teplovzdušných jednotek se používá pro půdorysně rozlehlé a vysoké budovy (průmyslové haly, tělocvičny). A nebo se jedná o **místní (lokální) teplovzdušné jednotky**, které jsou umístěny přímo ve vytápěných prostorech. Místní teplovzdušné jednotky jsou vhodné do menších prostor s pobytem lidí (kanceláře, laboratoře, rodinné domy). [1]

Příklad lokální teplovzdušné jednotky můžeme vidět na obrázku (Obr. 1.5) a centrální jednotky na obrázku (Obr. 1.6).



Obr. 1.5 Lokální jednotka [15]



Obr. 1.6 Centrální jednotka [25]

Co se týká jejich umístění, tak centrální jednotky jsou díky své velikosti umístěny na speciálně určených místech (kotelny, střechy). Umístění místních jednotek je různorodé (například stěny, pod strop, do podlah) a tím se mohou tyto jednotky lišit co se konstrukcí týká. Podmínkou ale zůstává, že k nim musí být dovedena teplosná látka pro jejich funkci. [1]

1.4.2. Vzduchovody

Jednou z hlavních částí teplovzdušného systému je síť vzduchovodů, jimiž se rozvádí teplý vzduch po objektu. Jejich tvar a velikost je různorodá a jejich umístění může být téměř bez omezení, od podkrovních prostor až po zabudování v podlaze. Komplex vzduchovodů musí být vzduchotěsný a také dostatečně odhlučňný. Příklad rozvodu tepla v podkrovním prostoru je na obrázku (Obr. 1.7).

Další konstrukční částí takovýchto vzduchovodů jsou **ventilátory**. Jejich hlavní úlohou je **řízeně** zajistit cirkulaci vzduchu (přívod vzduchu do místností a odvedení odpadního vzduchu). Pro využití tepla z odpadního vzduchu se používají **zařízení pro zpětné získávání tepelné energie**. [7,24]



Obr. 1.7 Rozvod tepla v pokrovním prostoru [16]

Co se rozmanitosti týká, nabídka je veliká. Jednoduché rozvody **kruhových či plochých (obdélníkových) průřezů** jsou jen základem. Dále se nabízí tvarové kusy. Oblouky, kolena, rozdvojky, všelijaké spojky, redukce, úchyty a taky například izolační návleky. Příklady můžeme vidět na obrázcích (Obr. 1.8 a Obr. 1.9). [18]



Obr. 1.8 Plochý rozvod koleno [17]



Obr. 1.9 Rozdvojka [18]

V poslední době se čím dál tím více setkáváme s flexibilním, ohebným potrubím. Konstrukčně jednoduché ocelové vinutí potažené několika vstvami hliníkového laminátu (fólie). Je to výrobek umožňující velkou variabilitu. Doplněním o tepelně izolační vstvu získáváme skvělý prostředek pro rozvod vzduchu. [9]

Příklad flexibilní hadice s tepelnou izolací je na obrázku (Obr. 1.10)



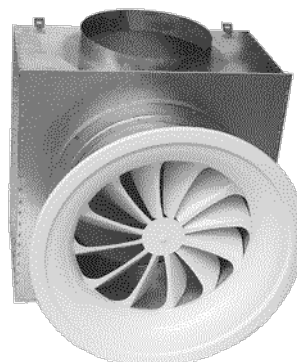
Obr. 1.10 Flexi hadice s tepelnou izolací [9]

1.4.3. Distribuční prvky - výustky

Distribuční prvky (**výustky**) jsou přechodem mezi tepelným systémem a místností. Jak napovídá název, jejich účelem je efektivně usměrnit proud teplého vzduchu do místnosti. Jejich tvar je rozmanitý. Od jednoduchých přívodných výustek s nastavitelnými listy (Obr. 1.11) různých tvarů a průřezů, až po **anemostaty** a **dýzy** (Obr. 1.12). [12]



Obr. 1.11 Přívodní výustka [19]



Obr. 1.12 Anemostat [20]

Anemostat je koncovým elementem centrálních vzduchotechnických zařízení, který slouží pro přívod vzduchu do místnosti a bývá zpravidla umístěn pod stropními podhledy. Jeho úkolem je intenzivně promíchávat přiváděný vzduch se vzduchem v místnosti. Jeho výhodou je, že proud vzduchu může nastavit kterýmkoli směrem a jeho funkce je překvapivě tichá. [13]

Jedním z nejpoužívanějších průmyslových distribučních prvků jsou **dýzy** (Obr. 1.13). Zejména, pokud není prostor s výraznými zdroji škodlivin, dovedou dýzy zajistit intenzivní promíchávání vzduchu, díky velké výtokové rychlosti, jejíž rychlost se pohybuje do $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Umísťují se do větších výšek, dle možností haly, zpravidla 4 až 10 m nad podlahou. Setrvačné síly vystupujícího vzduchu překonávají vztlačkové síly a dochází k cirkulaci a promíchávání vzduchu ve větších prostorech. Tímto způsobem je i ušetřeno na tepelných ztrátách z prostoru, zejména střechou. [1]



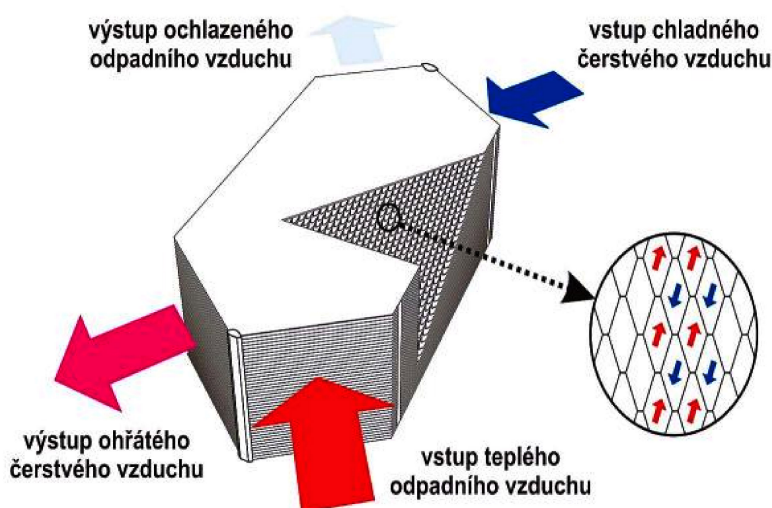
Obr. 1.13 Dýza s dlouhým dosahem [29]

1.4.4. Jednotky pro zpětné získávání tepelné energie

Jednotky pro zpětné získávání tepla (**rekuperátory**) jsou schopny z odpadního vzduchu, který odchází ven, přebrat tepelnou energii pro vzduch, který je vháněn do místnosti. Oba tyto okruhy jsou od sebe dostatečně odděleny, aby nedošlo ke kontaminaci nového vzduchu.

Celkově takovéto jednotky dosahují vysokých účinností 70% až 90%. Příkladem může být, že odpadní vzduch, o teplotě 22°C, je schopen předat tepelnou energii venkovnímu vzduchu, o počáteční teplotě -5°C a ohřát jej na konečnou teplotu až 20°C. Tím se šetří náklady na výrobu tepla. [10,24]

Schéma rekuperační jednotky můžeme vidět na obrázku (Obr. 1.14).

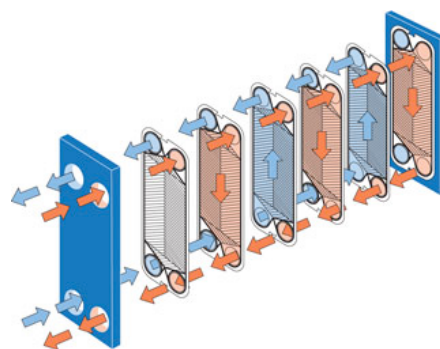


Obr. 1.14 Schéma protiproudého rekuperačního výměníku [11]

Dvěma nejpoužívanějšími typy pro získávání tepelné energie z odpadního vzduchu jsou **deskové výměníky** a **rotační regenerační výměníky**. Deskový pro svoji jednoduchost s dostatečnou účinností a rotační pro svoji vysokou účinnost díky schopnosti přenášet teplo a vlhkost.

Deskový výměník je složen z mnoha profilovaných kovových plátů či plastových plátů (při výskytu agresivních látek ve vzduchu), které jsou naskládány do řady za sebou a tvoří celek. Každý plát je přechodem mezi odváděným a přiváděným vzduchem, přes který dochází k přenosu tepla. Výhodou může být jejich schopnost rozebiratelnosti za účelem čištění. Jinak se čištění provádí profukem výměníku vysokotlakým vzduchem. [27]

Takový deskový výměník je na obrázku (Obr. 1.15).

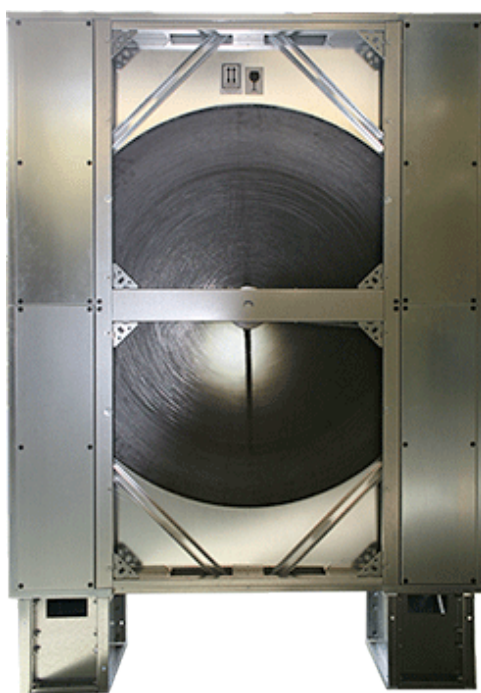


Obr. 1.15 Deskový výměník (rozebiratelný) [27]

Rotační regenerační výměník je složitější svou konstrukcí, ale zato přináší vyšší účinnost. Výměník je složen z hliníkového kotouče (s nebo bez hygroskopické úpravy), který rotuje a zasahuje do drah odváděného a přiváděného vzduchu. Odpadní vzduch předá teplo kotouči, ten poté předá teplo přiváděnému vzduchu a tím ho ohřívá. Při hygroskopickém provedení je kotouč schopen přebírat vzdušnou vlhkost odpadního vzduchu a tím zvlhčovat přiváděný vzduch.

U těchto systémů se i při malé velikosti setkáváme s vysokými účinnostmi. Pro přenos tepla až 80% a přenosu vlhkosti až 70%. Ovšem velkým nedostatkem tohoto výměníku je jeho těsnost. Proto se nedoporučuje jeho použití do takových systémů, kde je odpadní vzduch kontaminován, protože hrozí kontaminace přiváděného vzduchu. [28]

Na obrázku (Obr. 1.16) vidíme příklad regeneračního rotačního výměníku.



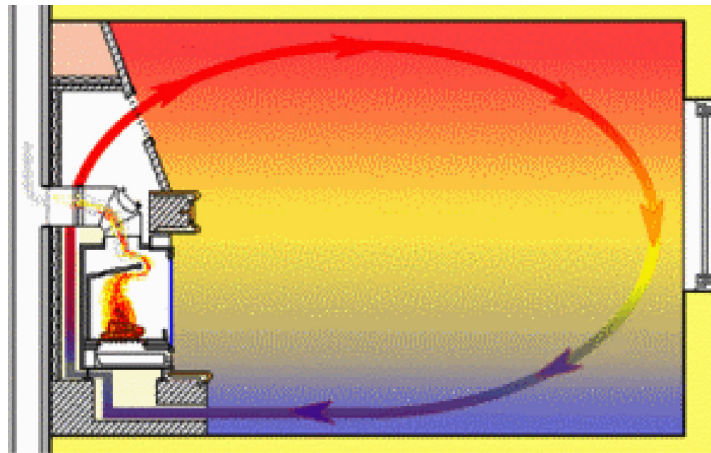
Obr. 1.16 Regenerační rotační výměník [28]

2. KONVEKČNÍ vs. SÁLAVÉ TEPLLO

Konvekční způsob je v drtivé většině stále používán, protože je mnohem levnější při pořizování, avšak nese s sebou mnoho nevýhod. Zmíněné problémy rozdílu teplot u stropu a u podlahy, přepalování organických či neorganických částic působících nepříznivě na lidský organismus, vysoušení vzduchu či pomalé vytopení můžou vést k postupnému nahrazení zdravějším sálavým přenosem tepla, obzvláště pro trvale obydlené prostory.

Princip konvence je, že při zahřátí plynů dochází ke zvětšování objemu a tím zmenšování hustoty. To má za následek vytlačování teplého vzduchu studeným ke stropu a držení se chladnějšího vzduchu u podlahy, čímž vznikají zmíněné rozdíly teplot. Přenos tepla

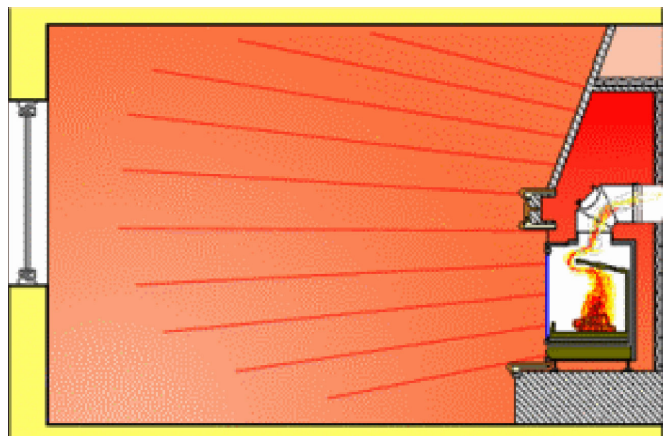
vzduchem je takový, že napřed je místnost vyplněna teplým vzduchem, ohřátým od tepelných jednotek a posléze jsou od něj ohřívány i předměty, které akumulují toto teplo. [4]
Příklad přenosu tepla konvekčním způsobem je na obrázku (Obr. 2.1).



Obr. 2.1 Přenos tepla konvekčním způsobem [4]

Při sálavém teple se ohřívají prvotně stěny a předměty v místnosti a také osoby, a až od nich je druhotně ohříván vzduch. Takové teplo známe například od Slunce. K tomuto přenosu dochází díky větším tepelným plochám, například keramickým, které jsou zahřáty oproti tepelným výměníkům na nižší teplotu (asi 40°), čímž je téměř tepelná konvekce nulová, a z těchto ploch se přenáší teplo sáláním (radiací) na okolní plochy, předměty a bytosti. Navíc nedochází k vysoušení vzduchu vysokými teplotami a také nejsou přepalovány malé zbytky či částičky ve vzduchu. Proto je nám příjemně na nohy i hlavu, jelikož jsou vystaveny téměř stejným teplotám. [5]

Příklad přenosu tepla sálavým způsobem je na obrázku (Obr. 2.2).



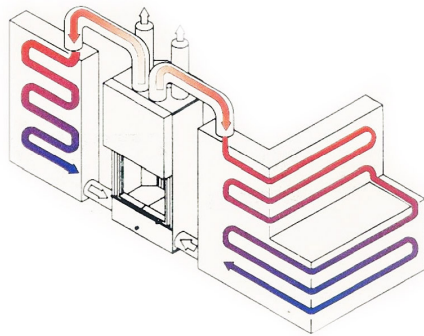
Obr. 2.2 Přenos tepla sálavým způsobem [5]

Tímto způsobem je spojena účinnost, ekologičnost, ale i bezpečnost. Při správném nadimenzování velikosti sálavých ploch se může při kombinaci s kamny či krbem omezit přikládání paliva až na 1x - 2x za den díky velké schopnosti akumulace tepla keramickými plochami. [5]

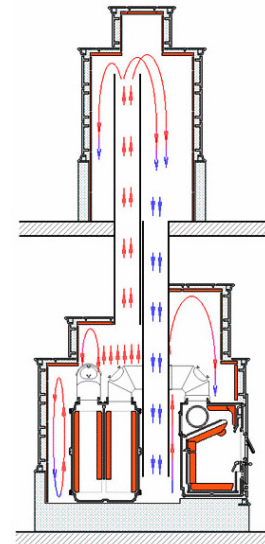
2.1. Hypokausten systém

Hypokausten systém známe v jednoduchém ztvárnění asi od roku 0. Jedná se o systém teplovzdušného rozvodu, který byl co nejlépe izolován od okolního vzduchu. Tudiž vytápěcí systém byl uzavřený a ohřátý vzduch v topném systému nemohl vstupovat do místností. Pouze ohříval otopné plochy, viz. obrázek (Obr. 2.3).

V dřívějších dobách to fungovalo pomocí spletitých dutin ve stěbách starých Řeků (Obr. 2.5), kteří byli schopni takového chodbičky pro teplý vzduch stavět do velkých rozměrů a tím zajistit teplo do vzdálených místností. [6]



Obr. 2.3 Schéma teplovzdušných kamen [21]



Obr. 2.4 Samočinný přenos tepla [6]

Samořejmě i v dnešní době tento systém bývá dobře využit, ačkoli očividně doznal mnoha změn (Obr. 2.6). Teplý vzduch se vede izolovanými teplovody od centrální místnosti s topidlem ve spodních místnostech, a pomocí přirozené konvekce se tímto vzduchem ohřívají otopné plochy (**tepelné výměníky**), s přidělanými žebry pro lepší akumulaci tepla, které poté sálají teplo do místností. Důležitým požadavkem je určitá těsnost systému, aby horký vzduch, dosahující teplot přes 300°C, se spalinami nevníkal do místností. Chladný a nevyužitý vzduch se zase samovolně navrácí do spalovací komory. Tento způsob nám může vytopit několik místností nad sebou (komínový efekt) nebo vedle sebe bez sebemenších problémů, což znázorňuje obrázek (Obr. 2.4). [6]



Obr. 2.5 Hypocausten systém starého Řecka [22]

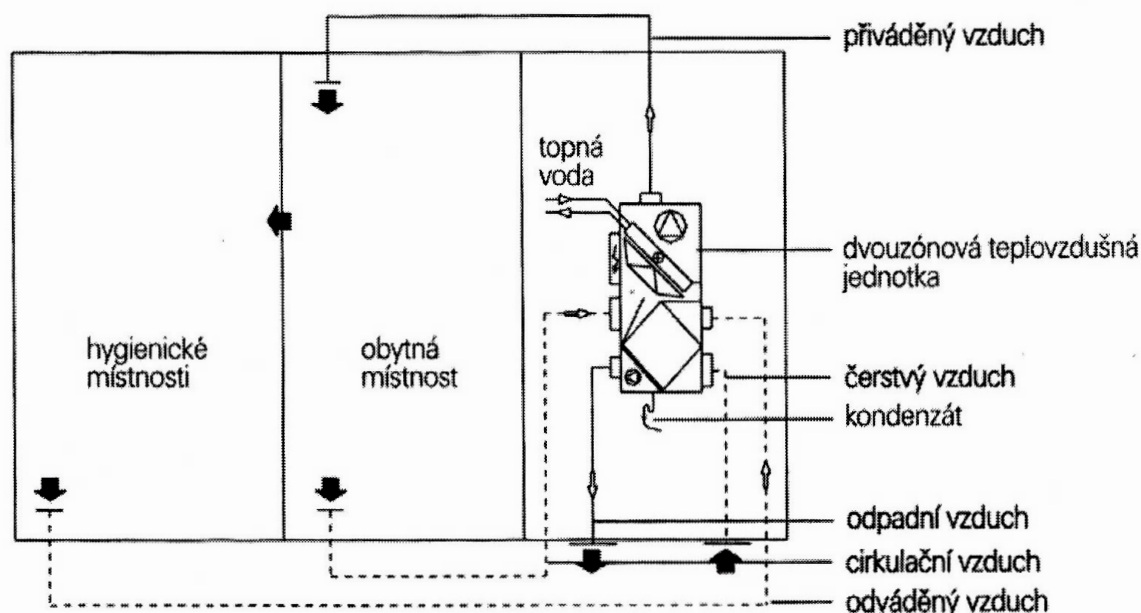


Obr. 2.6 Modernější pojetí [23]

3. PŘEDSTAVENÍ TEPLOVZDUŠNÝCH SYSTÉMU

3.1. Tepl vzdušné systémy pro vytápění rodinných domů

Moderní domy, pasivní a energeticky úsporné domy mohou být vytápěny pomocí tepl vzdušného vytápění. Pro takové případy jsou navrženy **dvouzónové okruhy** vzduchotechnických rozvodů. Schéma dvouzónových okruhů demonstruje obrázek (Obr. 3.1). [3]



Obr. 3.1 Schéma dvouzónového tepl vzdušného vytápění [1]

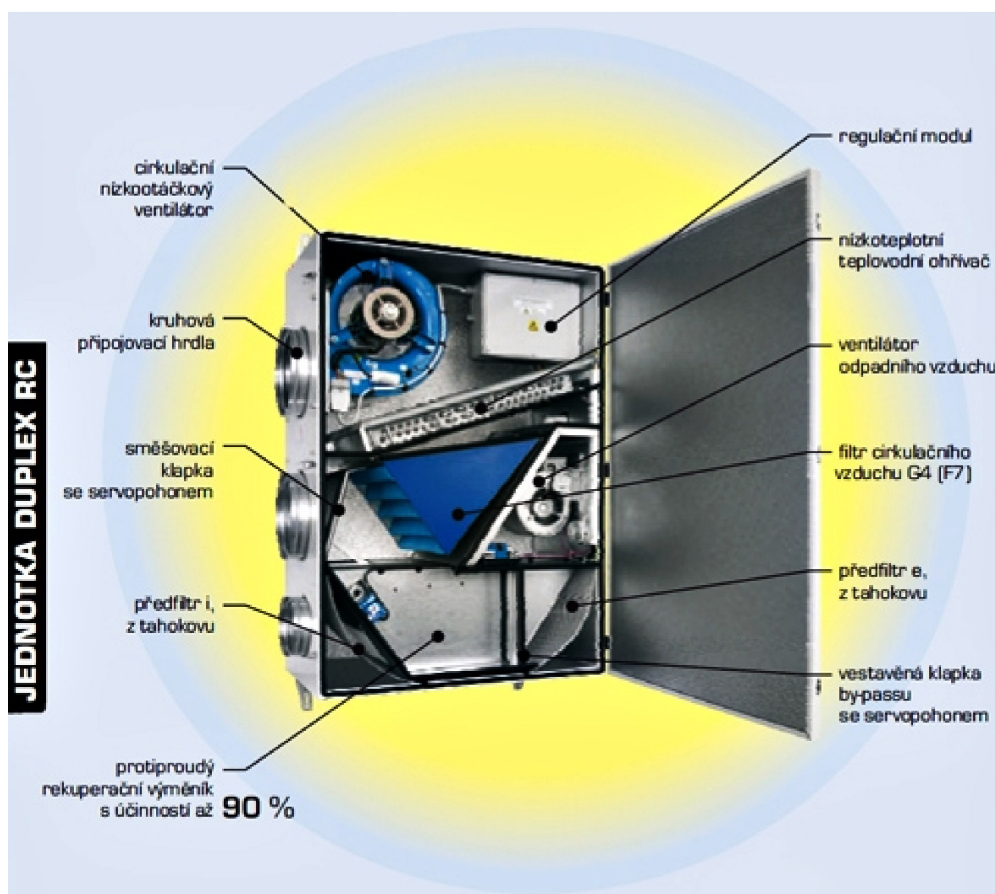
Principem je, že **první okruh** zajišťuje cirkulační tepl vzdušné vytápění do všech místností s čerstvým vzduchem a rekuperací tepla a **druhý, oddělený okruh**, zajišťuje odvětrávání hygienických místností a kuchyní s rekuperací tepla.

Celý systém je vyústěn z a do **centrální vzduchotechnické dvouzónové jednotky** (Obr. 3.2). [3]

Taková jednotka zajišťuje celoročně požadované mikroklima. Dokáže poskytnout:

- rovnotlaké větrání s rekuperací tepla
- tepl vzdušné cirkulační vytápění a rovnotlaké větrání s rekuperací
- tepl vzdušné cirkulační vytápění
- podtlakové větrání hygienických zařízení s přívodem přehřátého vzduchu
- přetlakové (letní) větrání, případně chlazení, s přívodem vzduchu skrz zemní výměník [3]

Jednotka je osazena filtry a pomaloběžnými ventilátory v odhlučněné skříni. Celkový systém vzduchovodů je zpravidla veden těsně pod podlahou a cirkulace vzduchu je zajištěna netěsnostmi u dveří či průduchy. [3]



Obr. 3.2 Dvouzónová teplovzdušná jednotka [26]

3.2. Teplovzdušné systémy pro vytápění rozlehlých místností

Pro vytápění rozlehlých místností se používají dva druhy vytápění. Prvním je **ústřední teplovzdušné vytápění** a druhým je **vytápění za použití místních teplovzdušných jednotek**. [1]

3.2.1. Vytápění místními teplovzdušnými jednotkami

Pokud je vytápěn prostor místními teplovzdušnými jednotkami tak odpadá potřeba rozvádět teplý vzduch od jednotky, avšak je nutné přivádět teplonosnou látku (horká voda, pára) k těmto jednotkám.

Podle potřeby jsou tyto jednotky rozmisťovány rovnoměrně do prostoru a dovolují, díky možné regulaci, stálou kontrolu mikroklimatu.

Jednotky vybavené výstykami s nastavitelnými listy, vypouštějí vzduch relativně malou rychlostí do $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a tím nejsou schopny dostatečně promíchat vzduch a zabezpečit jeho proudění a cirkulaci. Proto se používají jednotky se **sekundárními žaluziemi** (Obr. 3.3). Svým principem jsou to menší dýzy, kde můžeme nastavovat

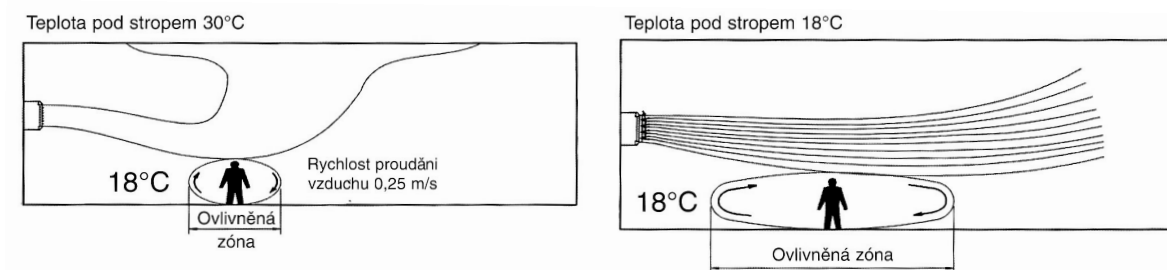
směr výtoku vzduchu. Tím se zvýší výtoková rychlost až na $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a tím se efektivně promíchává vzduch se vzduchem v místnosti. [1]



Obr. 3.3 Lokální teplovzdušná jednotka se sekundárními žaluziemi Sabiana JetStream [30]

Rozdíl při použití jednotek s nastavitelnými listy a sekundárními žaluziemi můžeme vidět na obrázku (Obr. 3.4).

Můžeme také vidět, že dochází ke snižování teplot u stropů, a také díky zpětnému proudu vzduchu odraženého od protilehlých stěn se snižují tepelné ztráty způsobené nedokonalou izolací střechy či stěn. [31]

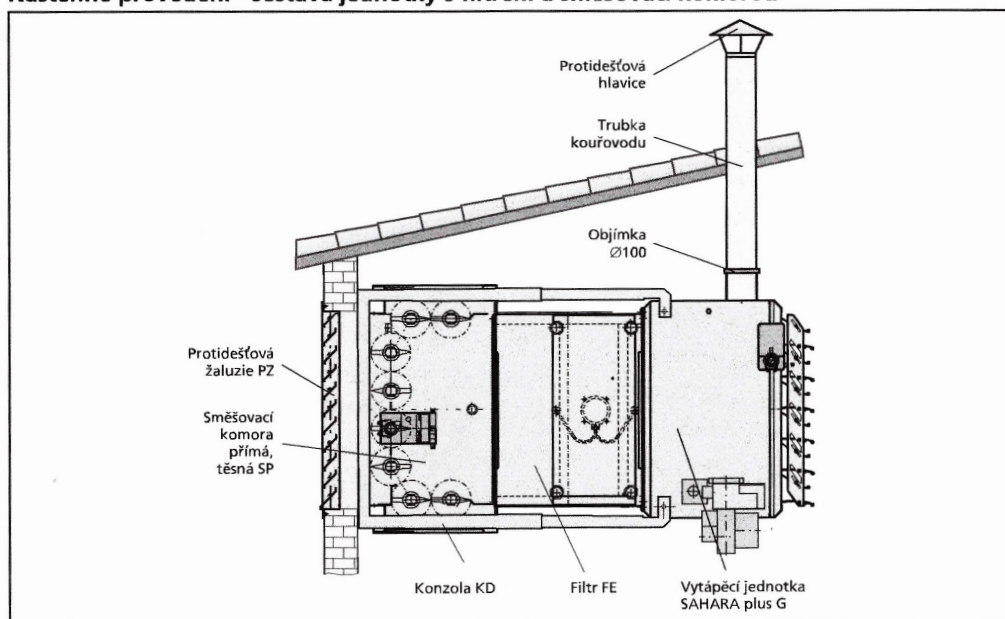


Obr. 3.4 Vlevo při použití standardní jednotky, vpravo při použití sekundárních žaluzií [31]

Další možností je použití plynových tepelných jednotek. Příkladem je Sahara plus G (Obr. 3.5) s filtrem a směšovací komorou. Mezi její výhody patří krátká doba ohřevu, nízké náklady na vytápění, variabilní umístění, efektivní spalování a možnost mísení s venkovním vzduchem. Do směšovací komory se díky regulačním klapkám

dostává přesné množství venkovního vzduchu, skrz protidešťové žaluzie, a přesné množství vzduchu z místnosti. Po smísení postupuje vzduch přes filtr do vytápěcí jednotky, kde je ohříván a poté je distribuován do místností. Díky spalování plynu musí být jednotka vybavena kouřovodem na odvod spalin. [32]

Nástěnné provedení - sestava jednotky s filtrem a směšovací komorou



Obr. 3.5 Sahara plus G - nástěnné provedení [32]

3.2.2. Ústřední teplovzdušné vytápění

Při ústředním teplovzdušném vytápění je vzduch upraven v centrální teplovzdušné jednotce (ve strojovně) a poté je sítí vzduchovodů rozváděn do místností, kde je podle potřeby distribuován. Jako distribuční prvky se volí dýzy, anemostaty a vířivé výustky. Přičemž jejich umístění bývá většinou pod stropem ve větších výškách, aby nedocházelo k nechtěnému ovlivnění pracovních míst vzduchem s vysokými teplotami. Jako horizontální (nástěnné) výustky se používají dýzy. Díky velké výtokové rychlosti a správnému nastavení jsou dýzy schopny zajistit proudění a cirkulaci vzduchu v prostorech a tím zkvalitnit vnitřní mikroklima.

Velkou nevýhodou takových centrálních systémů je jejich obtížná regulace. Ta je nahrazena regulací na výustcích dle pocitu uživatele. [1]

4. ZÁVĚR

Teplovzdušné vytápění se stává skvělým způsobem vytápění velkých prostor, avšak předchází mu důkladné přípravy a nadimenzování systému vzhledem k předem daným požadavkům. Díky svým výhodám bývá teplovzdušné vytápění hojně využíváno. I když se snaží být nahrazováno sálavými způsoby vytápění, obzvláště v obytných prostorách, nabízí teplovzdušné vytápění mnoho příkladů využití.

Právě pro svou efektivitu a rychlost vytvoření vnitřního mikroklimatu si tento způsob našel místo v průmyslové sféře k vytápění hal či skladů a jiných pracovních míst. Ve srovnání s jinými způsoby vytápění, žádné nedokáže poskytnout takovou efektivitu při zanechání celkově nízkých nákladů na vytápění. Obzvláště při použití jednotek pro zpětné získávání tepla se stává teplovzdušné vytápění vysoce účinným. Na výběr jsou centrální teplovzdušné jednotky s nutností rozvodu tepelně upraveného vzduchu do místností a nebo místní teplovzdušné jednotky, ke kterým musí být pro změnu zajištěna dodávka teplotně-látka. Avšak nejlepším způsobem je využít kombinaci obou těchto metod.

Co se týká vytápění obytných prostor dokáže teplovzdušné vytápění poskytnout kontrolu mikroklimatu v budově po celý rok. Obzvláště pokud má budova špatné tepelně-akumulační vlastnosti (severské dřevostavby, pasivní ekodomy) dodá teplovzdušné vytápění potřebnou vnitřní pohodu. Díky dvouzónovým cirkulačním oběhům a použití dvouzónové teplovzdušné jednotky se systém postará jak o vytápění prostor s novým venkovním vzduchem, tak i větrání a odvod odpadního vzduchu ze sociálních místností, který dále využije k předebrání nového vzduchu. Při použití jednotek pro zpětné získávání tepla a zemních výměníků tepla se stane takový systém téměř ideálním způsobem vytápění. Ovšem je nutno dodržet vysokých nároků na kvalitu mikroklimatu a zajistit nízkou hodnotu zdravotně závadných elementů.

POUŽITÉ ZDROJE

- [1] JANOTKOVÁ, Eva. Technika prostředí [online]. Brno : VUT, 2010. 74 s. Elektronická skripta. VUT Brno. Dostupné z WWW: <<http://ottp.fme.vutbr.cz/vyuka/technikaprostredi/SylabyTP6.pdf>>.
- [2] GEBAUER, Gunter. TZB - Vzduchotechnika : BT02-07 Systémy větrání a teplovzdušného vytápění. Brno : VUT, 2005. 28 s. Elektronická skripta. VUT Brno.
- [3] RUBINOVÁ, Olga; RUBIN, Aleš. Klimatizace a větrání. Brno : ERA, 2004. 117 s. ISBN 80-86517-30-6.
- [4] Www.habitacz.cz [online]. 2005-2007 [cit. 2011-05-16]. Teplovzdušný rozvod sálavé teplo úvod. Dostupné z WWW: <<http://www.habitacz.cz/jak-si-vybrat/teplvzduzny-rozvod-salave-teplo-uvod/>>.
- [5] Www.habitacz.cz [online]. 2005-2007 [cit. 2011-05-16]. Teplovzdušný rozvod sálavé teplo dokončení. Dostupné z WWW: <<http://www.habitacz.cz/jak-si-vybrat/teplvzduzny-rozvod-salave-teplo-dokonceni/>>.
- [6] Www.habitacz.cz [online]. 2005-2007 [cit. 2011-05-16]. Sálavé teplo do patra. Dostupné z WWW: <<http://www.habitacz.cz/jak-si-vybrat/salave-teplo-do-patra/>>.
- [7] KABELE, Karel. Www.tzb-info.cz [online]. 2001 [cit. 2011-05-16]. Teplovzdušné vytápění obytných budov. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/620-teplvzduzne-vytapeni-obytnych-budov>>.
- [8] SCHVARZBACHEROVÁ, Eva. Www.asb-portal.cz [online]. 2008 [cit. 2011-05-16]. Možnosti využívání odpadního tepla spalin. Dostupné z WWW: <<http://www.asb-portal.cz/tzb/energie/moznosti-vyuzivani-odpadniho-tepla-spalin-856.html>>.
- [9] Www.nejenkrby.cz [online]. c2011 [cit. 2011-05-16]. Izolované flexi potrubí. Dostupné z WWW: <<http://www.nejenkrby.cz/?pn=nabidkdetail&kid=315&pid=215>>.
- [10] Www.usporedomy.cz [online]. 2010 [cit. 2011-05-16]. Nucené větrání s rekuperací tepla. Dostupné z WWW: <<http://www.usporedomy.cz/technologie/rekuperace>>.
- [11] Www.imaterialy.cz [online]. 2008 [cit. 2011-05-16]. Regenerace panelových objektů. Dostupné z WWW: <<http://www.imaterialy.cz/Clanky-Tema-mesice/Regenerace-panelovych-objektu-13-Cesty-kuprave-panelovych-domu-na-nizkoenergeticky-standard.html>>.
- [12] Www.cwa.sk [online]. c2004 [cit. 2011-05-16]. Nabídka společnosti France Air. Dostupné z WWW: <<http://www.cwa.sk/>>.

- [13] Www.aklima.tabor.cz [online]. 2008 [cit. 2011-05-16]. Anemostat AVS. Dostupné z WWW: <<http://www.aklima.tabor.cz/avs.htm>>.
- [14] Www.aakrby.cz [online]. 2010 [cit. 2011-05-16]. Teplotovzdušné vytápění. Dostupné z WWW: <<http://www.aakrby.cz/cz-texty-20.html>>.
- [15] Www.tzb-info.cz [online]. c2010 [cit. 2011-05-16]. Plynové teplotovzdušné jednotky Winterwarm TR. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/vyrobky/konsta-air>>.
- [16] Www.nejenkrby.cz [online]. c2011 [cit. 2011-05-16]. Popis teplotovzdušného vytápění. Dostupné z WWW: <<http://www.nejenkrby.cz/?pn=informace&in=teplotovzdušne-rozvod>>.
- [17] Www.nejenkrby.cz [online]. c2011 [cit. 2011-05-16]. Teplotovzdušné rozvody. Dostupné z WWW: <<http://www.nejenkrby.cz/?pn=nabidka&kid=55>>.
- [18] Www.nejenkrby.cz [online]. c2011 [cit. 2011-05-16]. Teplotovzdušné rozvody. Dostupné z WWW: <<http://www.nejenkrby.cz/?pn=nabidka&kid=54>>.
- [19] Www.cwa.sk [online]. c2004 [cit. 2011-05-16]. Mřížky přírodní. Dostupné z WWW: <http://www.cwa.sk/documents/koncove_prvky/GPV_10_21kat.pdf>.
- [20] Www.tkig.wroclaw.pl [online]. c2011 [cit. 2011-05-16]. Anemostat vířivý nastavitelný. Dostupné z WWW: <<http://www.tkig.wroclaw.pl/gmandikawn.html>>.
- [21] Www.bsmotto.de [online]. c2011 [cit. 2011-05-16]. Hypocausten systém. Dostupné z WWW: <http://www.bsmotto.de/html/die_hypocaustenanlage.html>.
- [22] Www.kamnarstvimucha.cz [online]. c1996 [cit. 2011-05-16]. Kachlová sálavá - Hypocausten systém. Dostupné z WWW: <http://www.kamnarstvimucha.cz/kachlova_salava_kamna_hypokasten_system.aspx>.
- [23] Www.allwischer.de [online]. 2011 [cit. 2011-05-16]. Římské domy. Dostupné z WWW: <http://www.allwischer.de/romische-villa/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=romische-villa>.
- [24] ŠUSTOVÁ, Petra. Www.tzb-info.cz [online]. 2007 [cit. 2011-05-17]. Optimální volby zdroje. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/4450-optimalni-volby-zdroje-porovnani-nakladu-na-vytapeni-i-dil>>.
- [25] KOTEK, Petr. Www.tzb-info.cz [online]. 2011 [cit. 2011-05-17]. Alternativa k centralizovatelnému zásobování teplem. Dostupné z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/zdroje-tepla/7234-alternativa-k-centralizovanemu-zasobovani-teplem-pro-panelove-domy>>.
- [26] Www.ge-ca.cz [online]. 2011 [cit. 2011-05-22]. Teplotovzdušné vytápění a rekuperace. Dostupné z WWW: <<http://www.ge-ca.cz/?s=menu&id=17&lang=CZ>>.

[27] Local.alfalaval.com [online]. 2011 [cit. 2011-05-19]. Deskové výměníky tepla. Dostupné z WWW: <<http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos/deskove/pages/deskove-vymineniky.aspx>>.

[28] Www.remak.eu [online]. 2010 [cit. 2011-05-19]. Jakým způsobem pracuje rotační výměník tepla. Dostupné z WWW: <<http://www.remak.eu/cz/podpora/technicke-poradenstvi/rady-a-tipy/odpovedi/142.html>>.

[29] Www.vzduchotechnika-eshop.cz [online]. 2011 [cit. 2011-05-22]. Dýzy s dlouhým dosahem. Dostupné z WWW: <http://www.vzduchotechnika-eshop.cz/dyzy-dyzy-s-dlouhym-dosahem-df48-c-303_323_324.html>.

[30] Www.qviller.no [online]. 2007 [cit. 2011-05-22]. Sabiana-Atlas aeroteper. Dostupné z WWW: <<http://qviller.no/isvann/sabiana/varme/atlas/atlas-tillegg.html>>.

[31] K&K a.s., Sabiana : Katalog - jednotky Atlas, Helios. [s.l.] : [s.n.], 2000. 50 s.

[32] GEA - Systém plynového vytápění : Katalog. [s.l.] : [s.n.], 2005. 35 s.

POUŽITÉ ZNAKY

- objem vstupujícího vzduchu do systému	V_c [m ³]
- objem tepelně upraveného vzduchu	V_p [m ³]
- objem vystupujícího odpadního vzduchu	V_o [m ³]
- teplota vstupujícího vzduchu	t_c [°C]
- teplota tepelně upraveného vstupního vzduchu	t_p [°C]
- teplota vzduchu v systému	t_i [°C]
- měrná tepelná kapacita vzduchu při konstantním tlaku	c_p, k_i [J.kg ⁻¹ K ⁻¹]
- tepelné ztráty	O, Q [W]
- potřebná energie na úpravu vzduchu	Q_0 [W]
- hustota vzduchu	ρ [kg.m ⁻³]
- hmotnost vstupujícího a vystupujícího vzduchu	m [kg]
- objem vstupujícího vzduchu	V [m ³]
- měrná tepelná kapacita vstup. a výstup. vzduchu	c [J.kg ⁻¹ K ⁻¹]