



**SPOLEČNOST PRO TECHNIKU PROSTŘEDÍ
ODBORNÁ SEKCE KLIMATIZACE A VĚTRÁNÍ**

24. konference Klimatizace a větrání



Sborník přednášek

Praha, 20. a 21. října 2021



**SPOLEČNOST PRO TECHNIKU PROSTŘEDÍ DĚKUJE ZA SPOLUPRÁCI
A PODPORU PŘI PŘÍPRAVĚ 24. KONFERENCE KLIMATIZACE A VĚTRÁNÍ 2021**

GENERÁLNÍ PARTNER

Altepla®

PARTNEŘI:

COLT

ebmpapst

flair

FläktGroup

KORADO®

Lindab®

JANKA

MULTI VAC
AIRVANCE GROUP

přihoda®

PROTRONIX®
SENSE & EASY

SIEMENS
Ingenuity for life

SOK'ra

Xvent

zehnder



SPOLEČNOST PRO TECHNIKU PROSTŘEDÍ
ODBORNÁ SEKCE KLIMATIZACE A VĚTRÁNÍ

24. konference

Klimatizace

a větrání



Sborník přednášek

Praha, 20. a 21. října 2021

© SPOLEČNOST PRO TECHNIKU PROSTŘEDÍ 2021

ISBN 978-80-02-02943-4



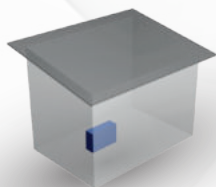
Dýchejte čerstvý vzduch
bez virů a bakterií.

6v1

DUPLEX 650 - 6000 Flexi^{3G}

**Nové univerzální větrací
jednotky poskytují
maximální flexibilitu.**

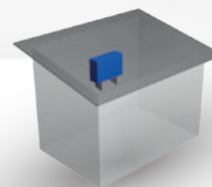
Každé zařízení nabízí
6 různých poloh instalace.



vnitřní parapetní
(pravá, levá orientace)



vnitřní podstropní
(pravá, levá orientace)



nástřešní parapetní
(pravá, levá orientace)



www.atrea.cz

ÚVODNÍ SLOVO

Konference pořádané odbornou sekcí Klimatizace a větrání Společnosti pro techniku prostředí se staly už neodmyslitelnou součástí odborného dění v České republice. Věřím, že i tato v pořadí již dvacátá čtvrtá konference na tuto tradici úspěšně naváže. Každá konference má svá specifika a tato je jedním z prvních setkání odborníků našeho oboru po nucené přestávce.

Program konference je již tradičně zaměřen na nejnovější poznatky z oboru klimatizace a větrání související s činností projektantů, výrobců a montážních firem VZT zařízení i souvisejících profesí. Zařazeny jsou příspěvky jak založené na provozních zkušenostech, tak teoretických analýzách provozu, bude představena řada výrobků určených pro tuto oblast využití.

Příspěvky, které naleznete ve sborníku, budou prezentovány v rámci tematických bloků dvoudenní konference.

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

Na závěr úvodního slova bych chtěl poděkovat celému organizačnímu výboru konference za práci na přípravě konference. Dále děkuji všem autorům, kteří reagovali na výzvu a připravili své příspěvky. Můj dík patří též sponzorům a inzerentům, kteří přispívají ke zdárnému průběhu konference nejen finančně, ale i odbornými příspěvky a informacemi.

V neposlední řadě děkuji Vám, účastníkům této konference, za to, že svou účastí dáváte naší konferenci význam největšího setkání odborníků a zájemců o obor Klimatizace a větrání v České republice.

Ing. Miloš Lain, Ph.D.
odborný garant konference

Organizační výbor konference:

Ing. Daniel Adamovský, Ph.D., Ing. Radka Čapková, Ing. Marcel Kadlec,
Ing. Miloš Lain, Ph.D., Ing. Marek Mádr, Ing. Zuzana Mathauserová, Ing. Jiří Petlach,
Ing. Karel Tomek



Dýchejte čerstvý vzduch bez virů a bakterií

DUPLEX 1400-2400 Silent

I doma platí, kde jsou lidé, tam **se musí větrat.**

Tiché jednotky pro centrální větrání bytových domů a veřejných budov.



www.atrea.cz



Systémy
pro RD a byty



Občanské
a průmyslové
stavby



Školy
a školky



Větrání
(velko)kuchyní



Centrální
systémy větrání

OBSAH

VÝPOČETNÍ POSOUZENÍ CELOROČNÍHO PROVOZU VĚTRACÍ JEDNOTKY S TERMoeLEKTRICKÝM VÝMĚNÍKEM	5
Daniel Adamovský, Jan Vitouš	5
SORPČNÍ JEDNOTKY PRO CHLAZENÍ A VYTÁPĚNÍ S VYUŽITÍM ALTERNATIVNÍHO ZDROJE NAPÁJECÍ ENERGIE	14
Radek Begeni	14
PŘETLAKOVÉ VĚTRÁNÍ TECHNOLOGIÍ V CHEMICKÉM PROVOZU	18
Radka Čapková, Ondřej Husák	18
UPOUTÁVKA NA WEBINÁŘ „VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ V DEPOZITÁŘÍCH“	25
Jan Červenák, Miloš Lain	25
VÝHODY HVĚZDICOVITÉHO ZAPOJENÍ VZDUCHOTECHNICKÝCH ROZVODŮ U RODINNÝCH DOMŮ	27
Václav Dědič	27
VĚTRÁNÍ CELOZÁVODNÍ KUCHYNĚ ŠKODA AUTO MLADÁ BOLESLAV	34
Jan Foret	34
VĚTRACÍ MŘÍŽKY BYLY VČERA: FASÁDNÍ PRVEK S VÝRAZNOU ZVUKOVOU IZOLACÍ	40
Miloslav Chlum	40
INTEGROVANÝ VĚTRACÍ SYSTÉM PRO OBYTNÉ BUDOVY	44
Michal Kabrhel	44
SNIŽOVÁNÍ EMISE UHLÍKU, ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA A ČTYŘTRUBKOVÉ JEDNOTKY	48
Daniel Karnas	48
ROZŠÍŘENÍ ZKUŠEBNÍCH KAPACIT PRO CHLADICÍ A TEPELNOU TECHNIKU V SZÚ BRNO	53
Antonín Kolbábek, Mario Jankola, Milan Bašta	53
KOMPLETNÍ SYSTÉM VĚTRÁNÍ, VYTÁPĚNÍ, CHLAZENÍ, VČETNĚ DEZINFEKCE VZDUCHU	60
Tomáš Kott	60
HLUK VENTILÁTORU V TEPELNÉM ČERPADLE VZDUCH – VODA	65
Miroslav Kučera, Jan Králíček, Erika Langerová	65
HLUK KOMPRESORU V TEPELNÉM ČERPADLE VZDUCH – VODA	81
Miroslav Kučera, Jan Králíček, Erika Langerová	81
OPTIMALIZACE PROVOZU ZDROJE CHLADU OBCHODNÍHO CENTRA	96
Miloš Lain, Karel Šteker	96
ZKOUŠKA ZOKT HORKÝM KOUŘEM V PODZEMNÍCH GARÁŽÍCH ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY	102
Vladimíra Linhartová,, Martin Buřič	102
ROTAČNÍ REGENERAČNÍ VÝMĚNÍK ZYT V PRAXI. VLIV OTÁČEK KOLA NA PŘENESENÝ VÝKON. FUNKCE A PŘÍKLADY POUŽITÍ, EVENT. NEPOUŽITÍ PROPLACHOVACÍ KOMORY V DĚLÍCÍ ROVINĚ KOLA	107
Karel Matějčík	107
TEPELNÉ ČERPADLO V SYSTÉMU ZDROJŮ JAKO SOUČASNÝ ZDROJ TEPLA I CHLADU Z HLEDISKA EFEKTIVITY PROVOZU	114
Karel Matějčík	114
PROVOZNÍ ZKUŠENOSTI SE SYSTÉMY PROTIZÁMRAZOVÝCH OCHRAN	120
Karel Matějčík	120
VĚTRÁNÍ, VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ BUDOV – LEGISLATIVA	128
Zuzana Mathauserová	128
VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ DIVADLA NA VINOHRADECH	136
Jiří Petlach	136
VLIV TEPELNÉ IZOLACE ODĚVU NA TEPELNOU POHODU UŽIVATELŮ ČISTÝCH PROSTOR	156
Kateřina Roškotová, Daniel Adamovský	156

VĚTRÁNÍ BYTOVÝCH DOMŮ	163
Luděk Špidla	163
NAVLHČENÍ VZDUCHU V OBYTNÉM PROSTŘEDÍ.....	169
Vladimír Zmrhal	169
PŘÍMÉ ADIABATICKÉ CHLAZENÍ PRŮMYSLOVÝCH PROSTOR S VYUŽITÍM ADIABATICKÉHO CHLADÍČÍHO SYSTÉMU COLT COOLSTREAM S•T•A•R	180
Dušan Příbrský	180
NOVÁ GEOMETRIE OBĚŽNÉHO KOLA A VYSOCE VÝKONNÁ ELEKTRONIKA ZAJIŠŤUJÍ VYLEPŠENÝ A TIŠŠÍ PROVOZ	185
NOVÝ EC VENTILÁTOR RADIPAC PRO VYŠŠÍ VÝKON A ÚČINNOST	185
Ebm-papst CZ	185
NÁVRH ZVLHČOVACÍCH ZAŘÍZENÍ Z HLEDISKA PROVOZNÍCH ZKUŠENOSTÍ	190
Petr Andres	190
KONCEPT DVOJITÉHO ROTORU	194
Ludvík Soukup, David Black, René Rentschler	194
SPOLEČNOST THERMWET S. R. O. UVÁDÍ NA TRH DALŠÍ VĚTRACÍ JEDNOTKU S REKUPERACÍ TEPLA – VENTBOX 150 UP.....	198
Aleš Cvrkal	198
VĚTRÁNÍ GARÁŽÍ – VZOROVÉ ŘEŠENÍ	202
Jan Buchta, Lucie Rychnovská	202
ŘÍDICÍ SYSTÉMY A KOMPONENTY SIEMENS VHODNÉ PRO REGULACI HVAC TECHNOLOGIÍ	205
Jiří Tobolík, Hana Zlouževová, Jiří Kuba	205
CO JE "ČISTÝ" VZDUCH A JAK HO ZAJISTIT V INTERIÉRU?	211
WOLF Česká republika.....	211
XROOM UNIKÁTNÍ VĚTRACÍ JEDNOTKA 2IN1	216
XVENT.	216
OVZDUŠÍ A ZDRAVÍ	220
Petr Hrubý.....	220
ŘÍZENÉ VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ TEPLA ZEHNDER	225

Elektronická verze sborníku je ke stažení na <http://www.stpcr.cz/cz/soubory-ke-stazeni> pod heslem „konference“.

VÝPOČETNÍ POSOUZENÍ CELOROČNÍHO PROVOZU VĚTRACÍ JEDNOTKY S TERMoeLEKTRICKÝM VÝMĚNÍKEM

Daniel Adamovský¹, Jan Vitouš¹

¹Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT v Praze
daniel.adamovsky@cvut.cz, jan.vitous@fsv.cvut.cz

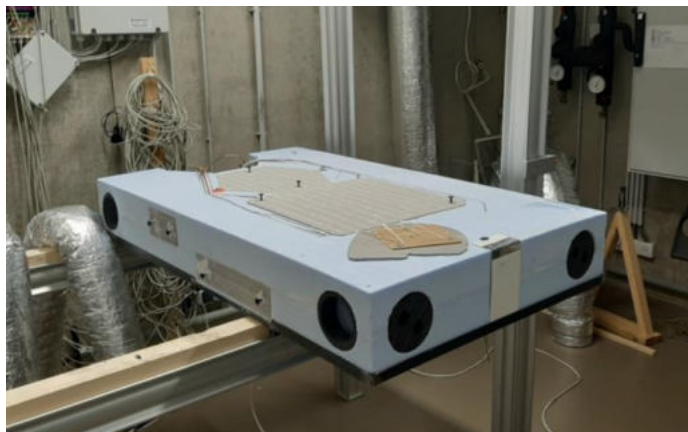
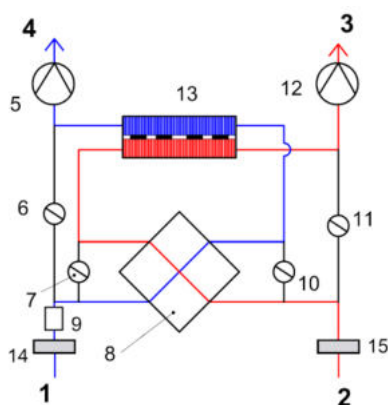
ANOTACE

V příspěvku zhodnotíme roční provoz větrací jednotky s dvojitým zpětným získáváním tepla v rodinném domě. Větrací jednotka je vybavená běžným deskovým výměníkem a dále novým typem výměníku s termoelektrickými moduly pro ohřívání a ochlazování větracího vzduchu. Stanovíme přínos v otopném, přechodném i letním období z hlediska spotřeby energie i potenciálního vlivu na kvalitu vnitřního prostředí. Protipólem pro srovnání je standardní rovnotlaká větrací jednotka. Posouzení vychází z dat vypočtených z celoroční simulace.

ÚVOD

Větrací jednotky pro větrání staveb pro bydlení zažívají velký rozmach a na trh přichází mnoho nových výrobků. Příčinou je rostoucí zájem zejména individuálních investorů zajistit ve svém budoucím domě kvalitní prostředí. Nelze však opomenout tlak, který působí stávající a budoucí předpisy o energetické náročnosti budov (aktuálně [1]). Vývoj směřuje k zařízením s vyšší účinností zpětného získávání tepla (ZZT) a nižší spotřebou elektrické energie při provozu. Ovšem vznikají i řešení, která zvyšují hodnotu větrací jednotky tím, že přinášejí další funkce přínosné pro uživatele. Jedním z řešení je větrací jednotka vyvíjená v UCEEB ČVUT v Praze ve spolupráci s firmou KORADO, a.s., která prostřednictvím sekundárního výměníku s termoelektrickými moduly (TEM) zajišťuje aktivní řízení teploty větracího vzduchu. Umožňuje jej ohřívát i ochlazovat podle požadavků uživatele. Existuje ve formě lokální [2] a bytové větrací jednotky.

Bytová větrací jednotka je navržena na maximální průtok vzduchu 150 m³/h. Do její výbavy patří deskový výměník ZZT (vč. entalpického), dvojice úsporných ventilátorů, dvojice filtrů atmosférického vzduchu a případný přehřev vzduchu. Navíc obsahuje protiproudý výměník tvořený hliníkovými žebrovými výměníky, mezi nimiž je sevřeno 12 ks TEM typu TEC1-12715.



Obr. 1 Větrací jednotka s termoelektrickým výměníkem, schéma a foto (1 – sání venkovního vzduchu ODA, 2 – sání odváděného vzduchu ETA, 3 – výfuk odpadního vzduchu EXH, 4 - přívod čerstvého vzduchu SUP, 5 – ventilátor čerstvého vzduchu, 6 – klapka obtoku výměníků 8 a 13 v proudě čerstvého vzduchu, 7 – plynule řízená směšovací klapka 1, 8 – výměník zpětného získávání tepla, 9 – elektrický předehřev, 10 - plynule řízená směšovací klapka 2, 11 - klapka obtoku výměníků 8 a 13 v proudě odváděného vzduchu, 12 – ventilátor odváděného vzduchu, 13 – výměník s TEM)

Cílem příspěvku je popsat provozní energetickou bilanci výše popsané větrací jednotky během ročního provozu. K jeho dosažení je využita dynamická simulace a na základě jejích výstupů jsou posouzeny přínosy a nevýhody daného řešení v porovnání s podtlakovým větráním bez ZZT a systémem rovnotlakého větrání s ZZT. V rámci vývoje byly simulace použity k ověření funkce řídicího algoritmu regulátoru vyvíjené větrací jednotky.

POSOUZENÉ VARIANTY

Příkladem pro posouzení rozdílů variant větrání je zvolen běžný dvoupodlažní rodinný dům, o podlahové ploše 140 m² s obytným podkrovím a sedlovou střechou. Dům je obýván pěti osobami, přičemž mezi 8 až 14 h jsou přítomny pouze 2 osoby. Množství větracího vzduchu je vždy uvažováno 25 m³/h na osobu.

Obálka budovy odpovídá legislativním požadavkům na budovu s téměř nulovou spotřebou energie. Průměrný součinitel prostupu tepla budovy $U_{em} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Větrání budovy je trvalé s idealizovaným řízením průtoku podle počtu osob. Varianty větracích systémů uplatněných v rodinném domě jsou:

Podtlakové větrání

Představuje základní variantu s centrálním odvodem vzduchu a bez využití odpadního tepla. Pro výpočet je uvažován měrný příkon ventilátorů SFP 750 W/(m³/s).

Rovnotlaké větrání s centrální jednotkou a ZZT

Je typickou variantou pro větrání RD s výměníkem zpětného získávání tepla průměrné účinnosti 76 %, měrným příkonem ventilátorů 1250 W/(m³/s) a obtokem výměníku ZZT otevíraným při teplotě venkovního vzduchu vyšší než 18 °C, pokud je v interiéru vyšší teplota než v exteriéru.

Rovnotlaké větrání s centrální jednotkou, ZZT a TEM

Je pokročilou variantou, v níž větrací jednotka stejných parametrů jako v předchozím odstavci je rozšířena o výměník s TEM. Teplota výstupního vzduchu z výměníku s TEM je celoročně řízena v intervalu 22 - 32,5 °C podle interiérové teploty a teploty vstupující do tohoto výměníku.

V režimu chlazení je otevřený obtok výměníku ZZT a zapnutý výměník s TEM, pokud je v interiéru vyšší teplota než v exteriéru. Teplota přiváděného vzduchu v zimě při teplotách venkovního vzduchu -10 až 0 °C je řízena v rozsahu 27,5 až 32,5 °C (důvodem je zajištění dostatečné účinnosti výměníku s TEM).

Pro vyšší variabilitu v ročním provozu je dále vybavena obtokem výměníku s TEM, když výstup čerstvého vzduchu za ZZT je nad 18 °C a pod 22 °C a obtokem výměníku ZZT i výměníku s TEM, když teplota venkovního vzduchu je v intervalu 18 – 22 °C. Záměrem těchto obtoků je provozně co nejvíce využít možností chlazení venkovním vzduchem než dojde k zapnutí výměníku s TEM pro chlazení.

POPIS MODELU

Posouzení vychází z výpočtu celoroční simulace modelu vytvořeného v programu Trnsys v. 16 [3]. Klimatická data byla uvažována pro Prahu – Ruzyni, výpočtový krok simulace 1 hod. Model byl sestaven z typických komponent popisujících části větrací jednotky (type 3 – ventilátory, type 5 – výměník ZZT, aj.), vícezónového modelu budovy (type 56), žaluzií a stínění (type 2, 34) a dalších pomocných pro zpracování výstupů. Výpočet elektrických veličin a tepelných toků výměníku s TEM však probíhal v externím skriptu v prostředí MS Excel propojeným s výpočtním modelem v Trnsys (type 62).

Větrací jednotka s termoelektrickými moduly byla modelována tak, aby během roku využívala provozní režimy podle aktuální potřeby. Ač se jeví toto řešení jako složité, jeho cílem bylo prověřit, možnosti snížení spotřeby energie na úpravu vzduchu při využití potenciálu venkovního vzduchu vůči interiéru.

Režim vytápění

V tomto režimu jednotka využívá výměníku ZZT a výměníku s TEM pro ohřev přiváděného vzduchu na teplotu vyšší, než je teplota vzduchu v zónách domu. Tím se podílí na krytí části potřeby tepla na vytápění. Tento režim je typický pro chladné období.

Režim větrání s ZZT

Přiváděný vzduch má na výstupu výměníku ZZT teplotu v požadovaném rozmezí teplot a další podmínky jednotky nevyžadují dochlazení nebo dohřívání přiváděného vzduchu. Aktivní výměník je v režimu obtoku. Tento režim je typický pro stavy v přechodném období.

Režim větrání venkovním vzduchem

V případě, když teplota venkovního vzduchu je v intervalu 18 – 22 °C. Jsou na straně přívodního vzduchu zapnuty obtoky obou výměníků. Venkovnímu vzduchu není upravována teplota.

Režim chlazení venkovního vzduchu oběma výměníky

Pro stavy, kdy teplota venkovního vzduchu je vyšší, než je teplota interiérového vzduchu je zpětným získáváním tepla snížena teplota vzduchu vstupujícího do výměníku s TEM. Ten dále dochlazuje přiváděný vzduch na požadovanou teplotu.

Režim chlazení venkovního vzduchu pouze výměníkem s TEM

V případech, kdy venkovní vzduch má teplotu vyšší, než je požadovaná teplota přiváděného vzduchu a zároveň teplota interiéru je vyšší, než je teplota venkovního vzduchu, je otevřen obtok výměníku ZZT. Teplota větracího vzduchu přiváděného do interiéru je snížena výměníkem s TEM. Tento stav je typický pro přehřívání interiéru působením tepelných zisků.

VÝSLEDKY A DISKUZE

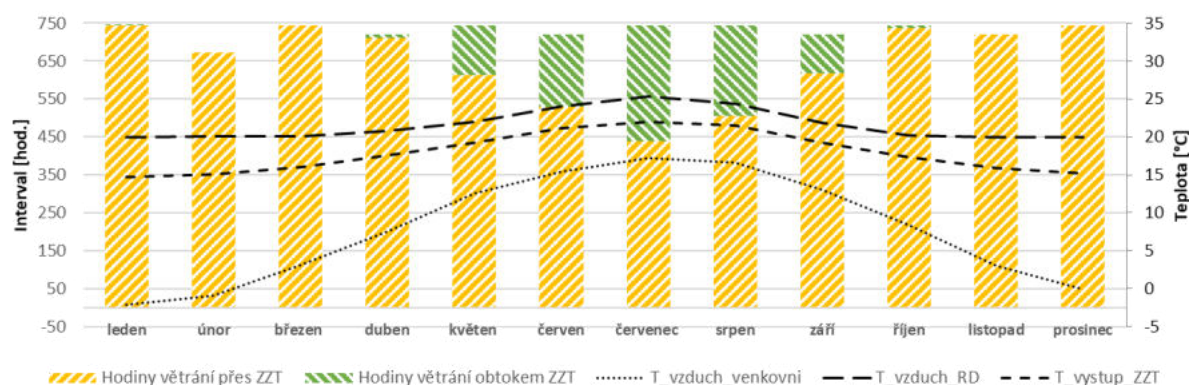
Provozní režimy

Výsledky výpočtu ukazují na obr. 2 a 3 provozní režimy centrální větrací jednotky s ZZT a větrací jednotky s dvojím ZZT s výměníkem s TEM.

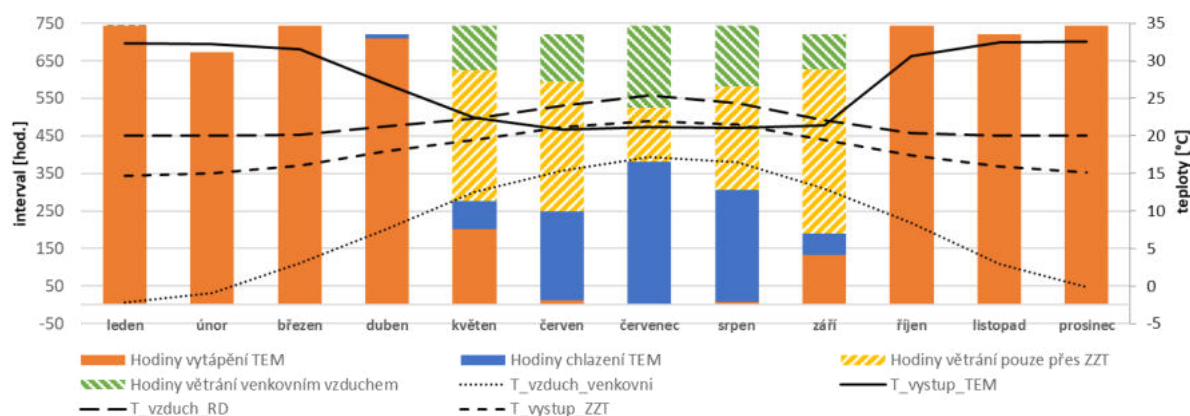
Standardní větrací jednotka s ZZT po naprostou většinu roku zajišťuje provoz větrání se zpětným získáváním tepla a během letních měsíců cca 1/3 provozních stavů připadá na režim větrání s obtokem výměníku ZZT.

Větrací jednotka s dvojitým ZZT se nachází převážně v režimu vytápění, kdy přiváděný vzduch je ohříván výměníkem s TEM. V letních měsících dochází ke kombinaci režimů chlazení a větrání s využitím deskového výměníku ZZT, případně venkovního vzduchu. Režimy s obtoky jsou navrženy pro úsporu spotřebované energie na větrání při dosažení komfortního větrání.

Srovnávací podtlakové větrání pochopitelně pracuje stále ve stejném režimu.



Obr. 2 Četnosti režimu větrací jednotky s pasivním výměníkem



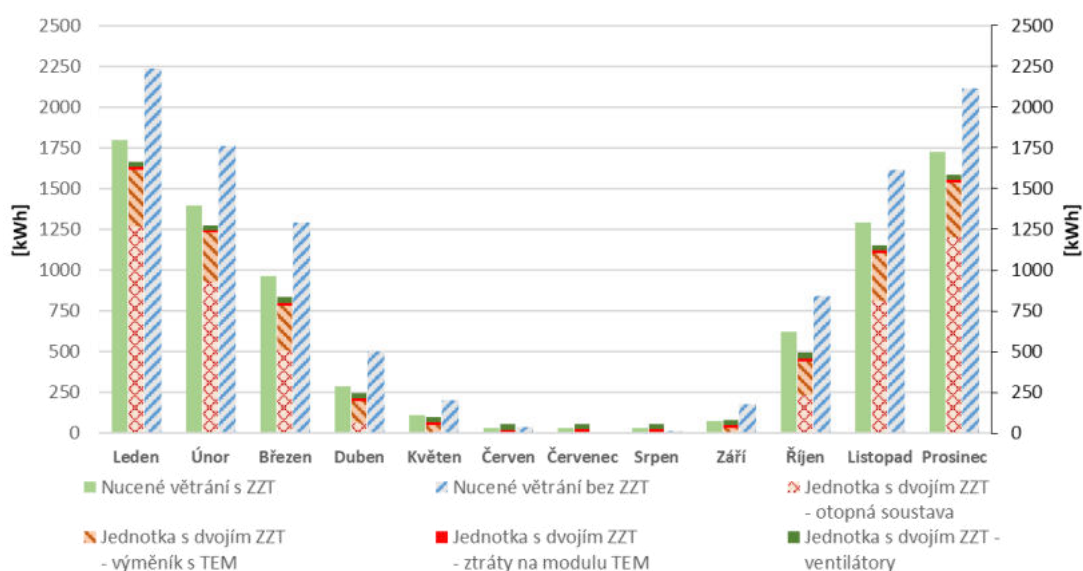
Obr. 3 Četnosti režimu větrací jednotky s aktivním výměníkem

Energetické porovnání

Pro rodinný dům byly vypočteny spotřeby energie na vytápění se zahrnutím spotřeby na větrání pro jednotlivé systémy (obr. 4). Pro vytápění je uvažováno s čistě elektrickým vytápěním, spotřeba energie je převzata z potřeby energie na vytápění (účinnost výroby, sdílení a distribuce jsou zde uvažovány 100 %), otopný systém je totožný pro všechny varianty. Do spotřeb elektrické energie je zahrnuta energie na pohon ventilátorů pro všechny varianty.

Analyzovaná varianta větrací jednotky s dvojitým ZZT má níže zobrazené spotřeby elektrické energie rozdělené pro otopnou soustavu, výměník s TEM, ztrátový výkon regulace tohoto výměníku a pohon ventilátorů. Přičemž pro letní měsíce zahrnuje spotřebu energie výměníku s TEM pro odvod tepelné zátěže větráním.

Nejvyšší spotřeby energie pro vytápění dosahuje pochopitelně systém s větráním bez ZZT. Roční souhrn je 10,7 MWh, na druhou stranu dosahuje pro nízké tlakové ztráty systému nejnižší spotřeby na pohon ventilátorů 109 kWh. Nucené rovnotlaké větrání vykazuje díky účinnému ZZT pokles celkové spotřeby energie na vytápění o 2,7 MWh dané snížením tepelné ztráty větráním, avšak spotřeba elektrické energie na pohon vzroste téměř na čtyřnásobek (381 kWh). Přínos pro ochlazení větracího vzduchu či prostředí v budově je 3,6 kWh, tedy zanedbatelný.



Obr. 4 Spotřeby energií objektu RD pro jednotlivé větrací systémy

Rozbor částí vypočtené roční bilance spotřeby energií větrací jednotky s dvojitým ZZT ukazuje tab. 1. Zde je patrné, že výměník ZZT a výměník s TEM se v bilanci projevují přibližně stejným podílem dodané energie. Výměník s TEM se však aktivně podílí na vytápění a významně snižuje spotřebu energie otopné soustavy. Z pohledu otopného období vychází průměrné COP výměníku s TEM 1,4. Je tedy přibližně o 40 % vyšší než u běžného přímotopného vytápění. Celková bilance energií je nižší o 762 kWh za rok oproti variantě větrací jednotky se zpětným získáváním tepla.

Tab. 1 Souhrn vypočtené roční bilance energií větrací jednotky s dvojitým ZZT.

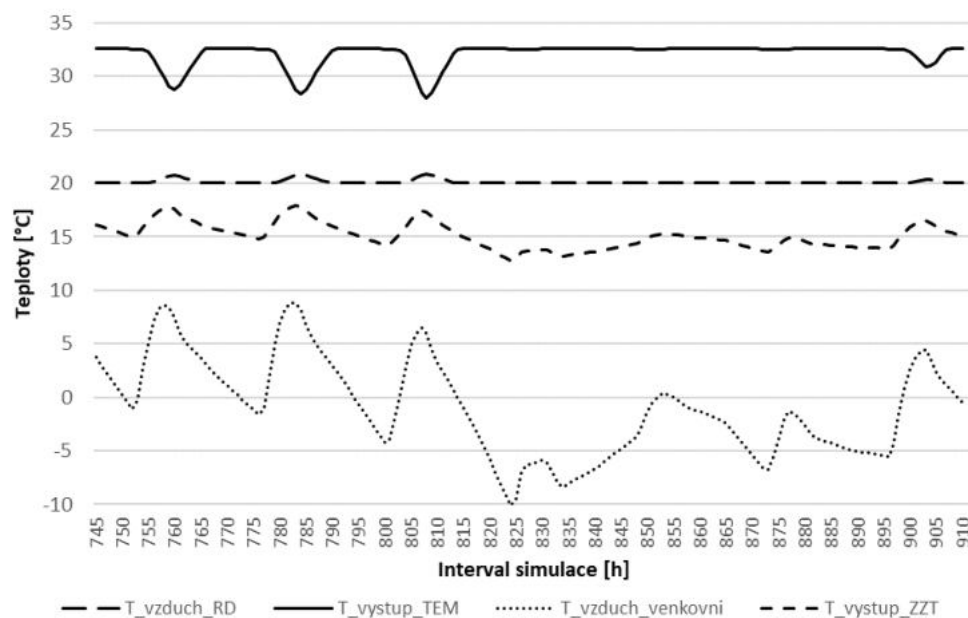
	Roční spotřeba energie [kWh]	Přenesené, dodané množství tepla výměníky [kWh]
Otopná soustava	5015	-
Ventilátory	381	-
Deskový výměník ZZT	-	2820
Výměník s TEM (celkem)	1988	
Při ohřevu vzduchu	-	2853
Při ochlazení vzduchu	-	116

V přechodném období jednotka vhodně využívá obtoků výměníků, čímž snižuje spotřebu energie na chlazení. Což je jeden z důvodů nízké celkové dodané energie pro chlazení výměníkem s TEM. Není nutné jej spínat, když okamžité klimatické podmínky umožňují využít k ochlazování stavby chladnějšího venkovního vzduchu. Druhým důvodem jsou klimatická data, která nemají mnoho hodin s teplotou vzduchu vyšší než 28 °C.

Příklad provozních teplot

V následujících obrázcích jsou uvedené příklady průběhu teplot vzduchu větrací jednotky s dvojitým ZZT při různých provozních stavech.

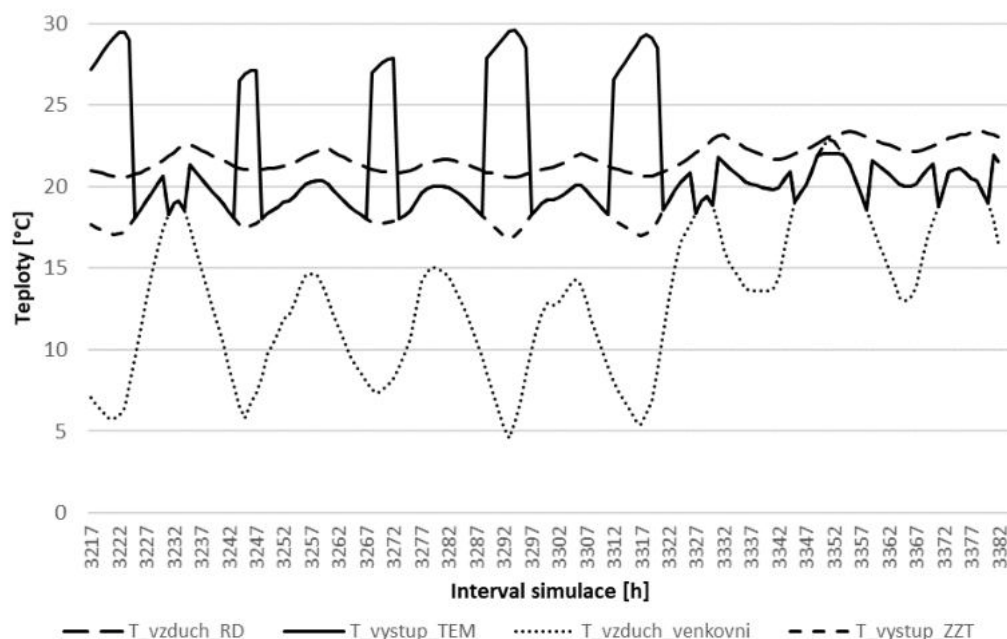
Graf na obr. 5 odpovídá zimnímu režimu v prvním týdnu měsíce února. Průběh výstupní teploty větrací jednotky řízené výměníkem s TEM odpovídá regulaci na základě teploty venkovního vzduchu. Pro teploty nižší než 5 °C je udržována nejvyšší teplota přiváděného vzduchu 32 °C. V tomto režimu dodává výměník s TEM proudy venkovního vzduchu více energie než výměník ZZT.



Obr. 5 Průběh teplot v příkladu zimního období (první týden v únoru)

Druhý graf na obr. 6 zobrazuje třetí týden v květnu a provozní stav, kdy jednotka podle potřeby dohřívá přiváděný vzduch při poklesu teploty vzduchu za výměníkem ZZT pod

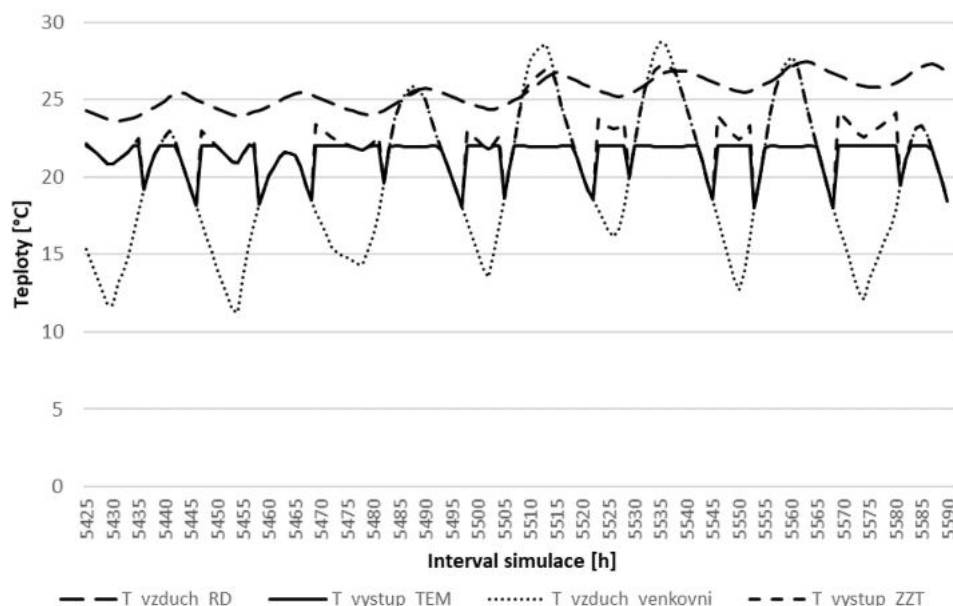
18 °C. Ke konci zobrazeného intervalu dochází také k režimu obtoku výměníku ZZT, kdy je splněna teplota přiváděného vzduchu.



Obr. 6 Průběh teplot v příkladu přechodného období (třetí týden v květnu)

Třetí graf na obr. 7 představuje průběh teplot přiváděného vzduchu v letním období. Jednotka je převážně v režimu chlazení a pro snížení energetické náročnosti je využíváno také přivádění venkovního vzduchu, při splnění teplotních podmínek na přiváděný vzduch.

Chlazením přiváděného vzduchu je dosaženo snížení teploty interiérového vzduchu oproti variantě s jednotkou se zpětným získáváním tepla. Nejnižších teplot je dosahováno nuceným větráním bez zpětného získávání tepla, kdy dochází k předchlazování interiéru při nižší teplotě venkovního vzduchu. Tato varianta ovšem způsobuje vysoké riziko pocitu průvanu.



Obr. 7 Průběh teplot v příkladu letního období (první týden v srpnu)

ZÁVĚR

Pro rodinný dům byla vytvořena případová studie se třemi systémy větrání. Větrání bez zpětného získávání tepla působí riziko tepelné nepohody a současně je nejvyšší tepelná ztráta. Systém se zpětným získáváním tepla dokáže přivádět čerstvý vzduch do obytných prostor o teplotách blízkých teplotě interiéru, bez přídavných zařízení ovšem nedokáže teplotu dále upravovat. Větrací systém se zpětným získáváním tepla a výměníkem s TEM dokáže přiváděný vzduch regulovat na základě požadavků uživatele či předdefinované regulace. Jednotka bez přídavného zařízení ochlazuje přívodní vzduch dle výsledků simulace o cca 5 K na výměníku s TEM a v režimu s deskovým výměníkem je teplota přiváděného vzduchu snížena až o 8 K. Přičemž ohřev vzduchu výměníkem s TEM zajistí teplotu 35 °C při COP vyšším než 1.

Větrací jednotka s výměníkem s TEM při nastaveném řízení z případové studie uspoří 762 kWh za rok oproti variantě se zpětným získáváním tepla, přestože je přiváděný vzduch dohříván na vyšší výstupní teplotu a v letním období je přívodní vzduch chlazen. Výrazný rozdíl ve spotřebě je viditelný při srovnání s větrací jednotkou bez zpětného získávání tepla, zde je rozdíl v roční spotřebě 3 201 kWh.

Větrací jednotka s výměníkem s TEM má dle výsledků dynamické simulace vysoký potenciál pro současnou výstavbu úsporných budov, kdy přináší další možnost snižování spotřeby energie oproti klasickým větracím systémům. Množství režimů, které jednotka umožňuje, a jejich možnost flexibilního a rychlého přechodu je v budovách s nízkou spotřebou energie důležitým faktorem.

LITERATURA

- [1] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2018/844 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov a směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti, Úřední věstník Evropské unie L 156, dne 19.6.2018, S0075- 0091

- [2] ADAMOVSKEÝ, D., et. al. Vývoj lokální větrací jednotky s termoelektrickými moduly pro úpravu teploty vzduchu. Klimatizace a větrání, 2019.
- [3] Trnsys Simulation studio, v. 16.01.003, The University of Wisconsin Madison, 2006.

Príspevek byl zpracován s podporou grantu TK01020180 Inovativní větrací jednotka s termoelektrickými moduly pro řízení teploty vzduchu.

SORPČNÍ JEDNOTKY PRO CHLAZENÍ A VYTÁPĚNÍ S VYUŽITÍM ALTERNATIVNÍHO ZDROJE NAPÁJECÍ ENERGIE

Radek Begeni

radek@sokra.cz

ANOTACE

Chladicí jednotky se sorpčními oběhy jsou zajímavou alternativou strojního chlazení. Díky jejich konstrukci lze jako hlavní zdroj energie pro pohon celého procesu využít zemní plyn nebo teplou vodu. V poslední době se také uplatňují absorpční tepelná čerpadla, která umožňují výrobu topné vody při recyklaci tzv. odpadního tepla z chlazení technologií na teplárnách a spalovnách.

ÚVOD

Od roku 2002 jsme již instalovali a zprovoznili více jak 47 sorpčních jednotek o celkovém chladicím výkonu cca 65 MW. Tato zařízení jsou instalována jak pro komfortní klimatizaci, tak i pro průmyslové aplikace. Tyto zkušenosti nám pomáhají nabídnout zákazníkovi kvalitní prodejní a poprodejní servis. Především pak díky získaným zkušenostem můžeme navrhnout řešení a vhodná zařízení pro daný konkrétní projekt.

SORPČNÍ JEDNOTKY

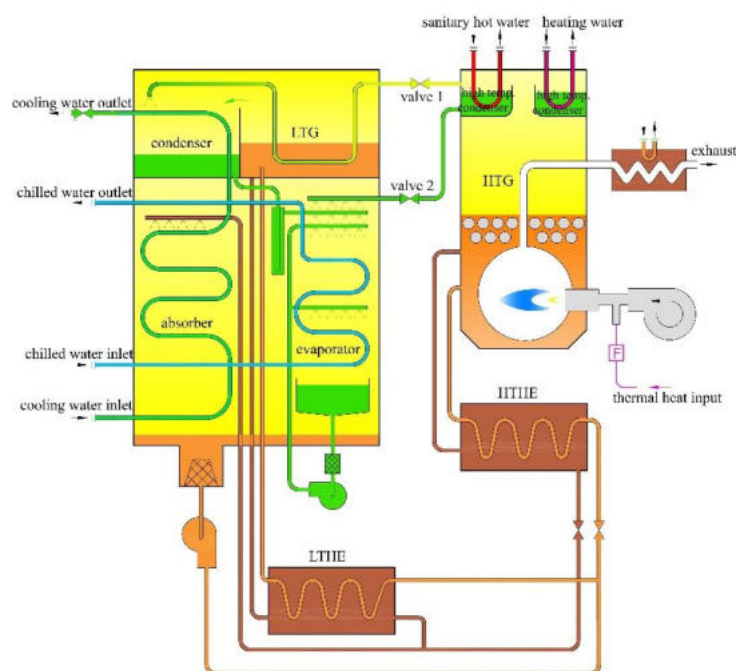
Sorpční jednotky pro chlazení a vytápění lze rozdělit do dvou hlavních skupin, a to na absorpční a na adsorpční jednotky dle typu sorpční látky. Na českém trhu běžnější jednotky jsou absorpční, které mají kapalinové oběhy v podobě směsi $\text{LiBr} + \text{H}_2\text{O}$ anebo $\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$. Adsorpční jednotky obsahují pevné látky typu silikagel nebo zeolit. Méně běžné jsou různé další soli jako LiCl a nebo $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

ABSORPČNÍ CHLADICÍ JEDNOTKY

Jednotky s kapalinovými sorpčními oběhy jsou vhodnou alternativou ke kompresorovým chladicím jednotkám a umožňují snížit spotřebu elektrické energie pro daný klimatizovaný objekt nebo chlazení výrobního procesu. Vzhledem k využití tepelné energie jako hlavního zdroje pro pohon jednotky je možné napojit zdroj chladu na systém centrálního zásobování tepla a v letním období využít teplo například z teplárny. Případně lze využít solární teplo a v celku levně vyrobené teplo přeměnit na chlad.

Další alternativou jsou přímo-vytápěné absorpční jednotky, které používají jako zdroj energie zemní plyn nebo LTO. Jedná se tak o zdroj chladu, který většinou ve dvoustupňovém okruhu umožňuje využití spáleného tepla za účelem chlazení při účinnosti 1,4 až 1,6. Při ceně zemního plynu 1 Kč/kWh až 1,5 Kč/kWh je výsledná cena chladu cca. 0,63 až 1 Kč/kWh podle účinnosti zařízení. Což je srovnatelné jako blokové kompresorové chladicí jednotky s vodou chlazeným kondenzátorem. Takové zařízení s kompresorem pak musí mít účinnost min. $\text{EER} = 4,5$.

Zajímavým provedením je pak přímo-vytápěná jednotka s kondenzací chladiva, kdy zařízení umožňuje chlazení při výrobě teplé vody a tím dosahuje účinnosti výroby chladu až 1,83. Principiální schéma je znázorněno na obrázku č. 1. Takové zařízení je vhodné do provozů s celoroční spotřebou tepla a chladu jako jsou nemocnice, aquaparky nebo hotely. Jednotka díky tomuto faktoru účinnosti může směle konkurovat i nejúčinnějším kompresorovým jednotkám s vodou chlazeným kondenzátorem s minimální účinností $\text{EER} = 5,5$.



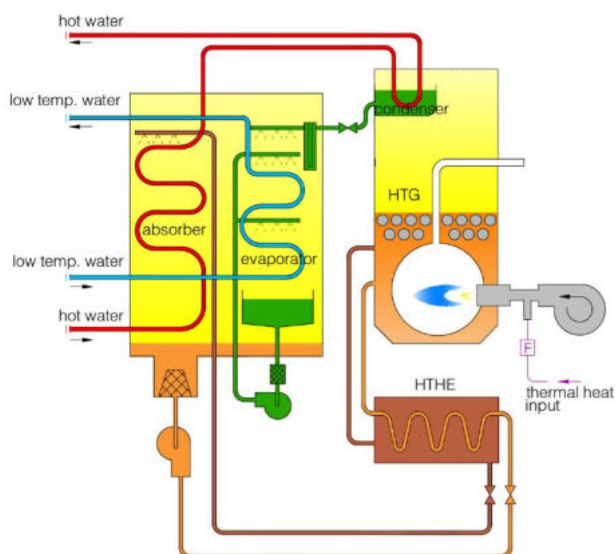
Obr. 1

ABSORPČNÍ TEPELNÁ ČERPADLA

Sorpční jednotky pro chlazení jsou pro všechny běžně známé. O čem se však málo mluví, jsou sorpční jednotky zapojené jako tepelná čerpadla s velmi nízkým příkonem elektrické energie.

Tyto zařízení mohou velmi efektivně doplnit stávající systémy centrálního zásobování tepla a snížit spotřebu primárního paliva díky recyklaci nízkoteplotního tepla v teplotěnskému procesu. V posledních 5 ti letech se nám podařilo instalovat tři takovéto jednotky s tepelným výkonem od 1.200 kW do 21.000 kW.

Absorpční tepelná čerpadla mají účinnost 1,7 až 2,1 a jako hlavním zdrojem energie je pára nebo horká voda a v některých případech lze použít i zemní plyn viz. obrázek č. 2.



Obr. 2

PŘÍKLAD REALIZACE

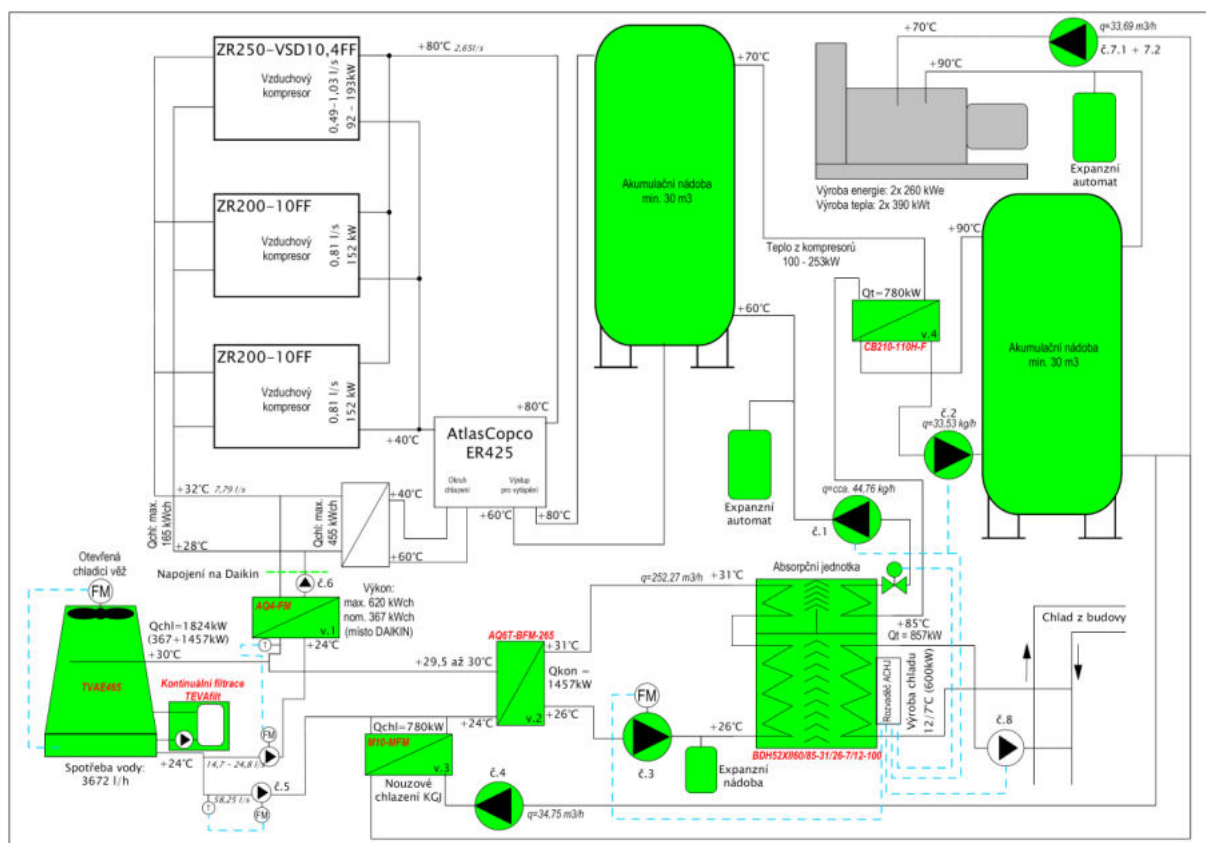
VYUŽITÍ TEPLA VZDUCHOVÝCH KOMPRESORŮ A KOGENERACE

Před dvěma lety jsme byli osloveni zákazníkem ze Slovenska, který řešil problém s obnovou centrálního zdroje chladu pro klimatizaci a průmyslové chlazení ve výrobním závodě.

Studii jsme došli k názoru, že by bylo vhodné využít teplo (100 až 253kW) z kompresorů na stlačený vzduch a toto teplo přeměnit na chlad. V době studie byl záměr chladit kompresory stlačeného vzduchu v letním období blokovou chladicí jednotkou, což znamenalo zvýšení spotřeby elektrické energie. Současně byl vznesen požadavek na zvýšení soběstačnosti v oblasti dodávek elektrické energie, a tudíž byla zapracovaná do studie i kogenerace pro výrobu tepla a elektrické energie. Uvedenou kombinací byl předpoklad na úsporu provozních nákladů generující návratnost v délce trvání do 5-ti let.

Po ukončení studie byl v roce 2020 vypracován realizační projekt a v Lednu roku 2021 bylo zařízení uvedeno do provozu.

Jak je patrné z příloženého schématu na obrázku č. 3, jednalo se o velmi komplexní systém s instalací dvou akumulčních nádob, systémem výměníků tepla v kombinaci s absorpční chladicí jednotkou a otevřenou chladicí věží. Chladicí věž zároveň zajišťovala, jak chlazení sorpční jednotky, tak i nouzové chlazení pro kompresory a kogeneraci.



Obr. 3

Zajímavostí celého projektu byla aplikace absorpční jednotky s dvojitou cirkulací roztoku LiBr, což znamenalo větší vychlazení topné vody, které bylo potřeba pro zvýšení chlazení kompresorů na stlačený vzduch. Podle dosavadních provozních zkušeností splňuje zařízení předpokládané projektované úspory.

Během realizace konečný zákazník rozšířil svůj požadavek na dodávku přímo-vytápěné absorpční jednotky o chladicím výkonu 2.000kW.

REKUPERACE TEPLA CHLAZENÍ OLEJE PRO LOŽISKA PARNÍ TURBÍNY

Další zajímavý projekt z oblasti energetiky byla veřejná soutěž na dodávku absorpčního tepelného čerpadla o výkonu 3000 kW, které ročně vyrobí 29000 GJ tepla.

Uvedené tepelné čerpadlo (viz. obr. č.4) je poháněno parou o tlaku 0,5MPa a teplotě 160°C a je konfigurováno pro chlazení nemrznoucí směsi o teplotě 40/35°C, která je určena pro chlazení oleje ložisek parní turbíny. Jako výsledný produkt je topná voda pro vytápění města o teplotě 81°C. Celková účinnost výroby tepla je 165%.

Zařízení bylo uvedeno do provozu v roce 2020, provozováno je celoročně a generuje úsporu provozních nákladů na stávajícím adiabatickém chladiči a zároveň zvyšuje bezpečnost chlazení vlivem stabilní teploty nemrznoucí směsi. Předpokládaná návratnost investice je počítána na dobu 5 let.



Obr. 4

ZÁVĚR

Sorpční jednotky pro chlazení a vytápění můžeme bez větších kompromisů navrhovat do různých projektů jak pro klimatizaci, průmyslové chlazení, ale i pro energetické projekty. Jsou vhodné především pro projekty s velkým důrazem na nízkou spotřebu elektrické energie nebo do míst s nedostatečným příkonem, který by limitoval případného investora v jeho záměru pro chlazení. V neposlední řadě, a jak je jistě známo, jsou vhodné pro využití „odpadního“ tepla pro chlazení.

Největší výhodou těchto jednotek je neomezené použití z pohledu globálního oteplování země z důvodu nulového obsahu fluorovaných skleníkových plynů. Sorpční jednotky jako chladivo používají destilovanou vodu.

PŘETLAKOVÉ VĚTRÁNÍ TECHNOLOGIÍ V CHEMICKÉM PROVOZU

Radka Čapková, Ondřej Husák

JANKA Radotín a. s.

radka.capkova@janka.cz, ondrej.husak@janka.cz

ANOTACE

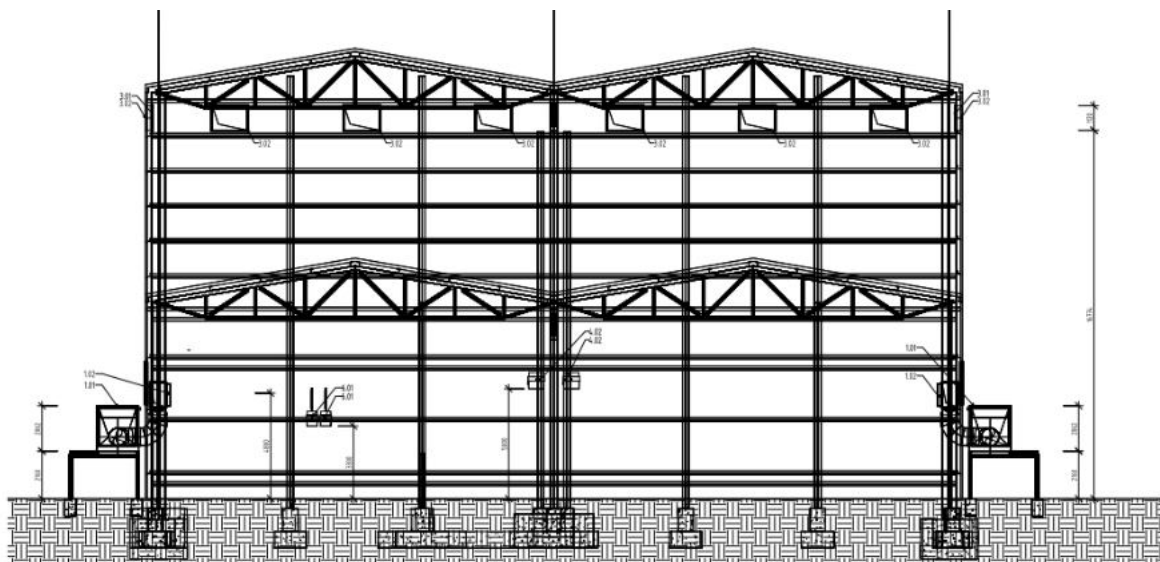
Příspěvek popisuje návrh řešení a realizaci přetlakového větrání v chemickém provozu. Poukazuje na využití stávajícího zdroje tepla, páry pro nové, moderní zařízení, které výrazně zlepšuje vnitřní prostředí budovy, zajišťuje vytápění a větrání výrobních prostor s minimálním vlivem na životní prostředí.

ÚVOD

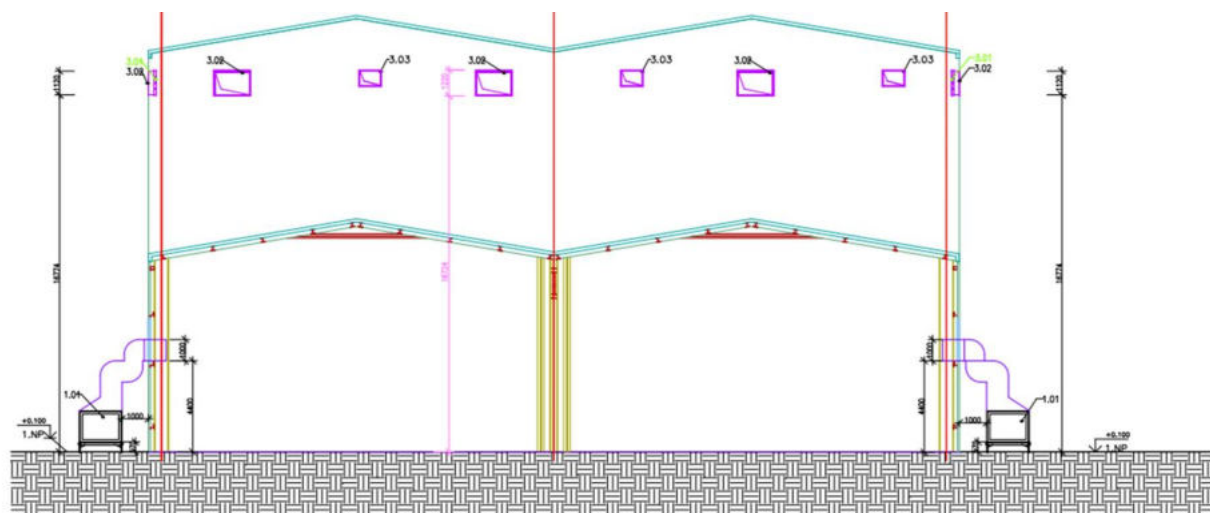
Projekt řeší přetlakové větrání prostorů technologie v chemickém průmyslu, jehož cílem bylo zlepšení kvality vnitřního vzduchu budovy Finalizace, která má dvě části, výrobní a balicí. Větrání bylo navrženo jako přetlakové, jednak část přiváděného vzduchu spotřebovává výrobní technologie, vzduch je odváděn uzavíratelnými klapkami, z nichž některé jsou osazeny ventilátory. Přetlak zajišťuje přirozený odvod vzduchu v nejvyšší části budovy. Investor požadoval vyřešit provětrávání výrobní a balicí části budovy, protože v budově doposud nebylo instalováno žádné vzduchotechnické zařízení. V budově je umístěno pouze speciální zařízení, které odsává a zároveň likviduje spalováním škodliviny vytvořené výrobní technologií. Velmi nekomfortní bylo především zimní období, kdy se uvnitř budovy tvořila mlha, jednak z důvodu výrazného rozdílu teploty venkovního a vnitřního vzduchu, ale též i vysokou vlhkostí okolního venkovního vzduchu od jiných výrobních technologií v areálu celého chemického závodu. Kvalita vzduchu v budově byla nevyhovující celoročně. Nově navržené VZT zařízení umožňuje vytápění celé budovy, plně využívá stávající zdroj tepla, kterým je pára a zároveň výrazně zlepšuje kvalitu vzduchu v budově.

Základní údaje o stavbě

Obecně lze konstatovat, že je tento objekt určen ke konečnému odvodnění a vysušení kaučukové drtě tak, aby byla připravena k dalšímu zpracování. Celý proces probíhá pomocí dvou paralelně pracujících sušících linek. Každá se skládá z odvodňovacího síta, odvodňovacího šnekového lisu, sušícího expanzního šneku a dosoušecí komory. Suchá kaučuková drť je navažována a lisována do bloků o hmotnosti 33 kg, které jsou následně baleny do PE fólie a automaticky ukládány do beden. K tomuto účelu slouží jedna balicí a paletizační linka. Naplněné bedny jsou odváženy do skladu kaučuku vysokozdvížnými vozíky. Objekt je výškově odskočen viz obr. č. 1a., 1b. – ve vyšší části je umístěn jeřáb. Je navržen jako dvoulodní ocelová konstrukce o vnějších rozměrech 37,36 x 79,10 m a výšce +17,75 m; resp. +8,20 m (světla výška pod vazník). Obvodový i střešní plášť je navržen ze sendvičových panelů s požární odolností. Dvoje posuvná ocelová vrata jsou navržena v jihozápadní části objektu. Denní osvětlení je zajištěno pásovými obloukovými světlíky.



Obr. 1a Objekt SO 3123 FINALIZACE – původní navrhované řešení



Obr. 1b Objekt SO 3123 FINALIZACE – úprava navrhovaného řešení a realizace

Navrhované parametry

Výpočtové parametry venkovního prostředí

- | | |
|----------------------------|---------------|
| • Místo: | Střední Čechy |
| • Nadmořská výška: | 175 m.n.m. |
| • Letní výpočtová teplota: | +32 °C |
| • Zimní výpočtová teplota: | -12 °C |

Výpočtové parametry vnitřního vzduchu

Parametry vnitřního vzduchu v jednotlivých řešených prostorech jsou dány hygienickými předpisy, směrnicemi, normami a požadavky investora.

Uvažované výpočtové parametry vnitřního vzduchu jsou dle požadavku zástupce investora následující:

- minimální teplota vnitřního vzduchu – $t_{\min} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$
- minimální teplota přiváděného vzduchu do prostoru budovy Finalizace – $t_{p\min} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$
- relativní vlhkost vnitřního (přiváděného) vzduchu dle požadavku investora nebyla řešena

Tepelná zátěž řešených prostor

Dle zadání investora pro návrh řešení byla tepelná zátěž od vnitřních zdrojů (technologie) cca 1600 kW.

Z venkovního prostředí byla uvažována tepelná zátěž 150 kW.

Celková tepelná zátěž v budově Finalizace je tedy 1750 kW.

Návrh parních ohřivačů vycházel z požadovaných parametrů investora pro zimní období a celkové tepelné zátěže. Letní provozní parametry pro návrh systému větrání nebyly řešeny, protože investor neuvažuje s instalací zdroje chladu.

Výpočtové parametry topného média (pára)

Veškerá VZT zařízení, zajišťující přívod venkovního vzduchu do budovy Finalizace, byla navržena s parními výměníky (ohřivači) napojenými parním ocelovým potrubím na centrální podnikový rozvod páry.

Parametry topné páry jsou následující:

- topné medium (přehřátá pára) s teplotou $t_{pára} = +190$ až $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, tlak páry $p_{pára} = 6,5$ bar

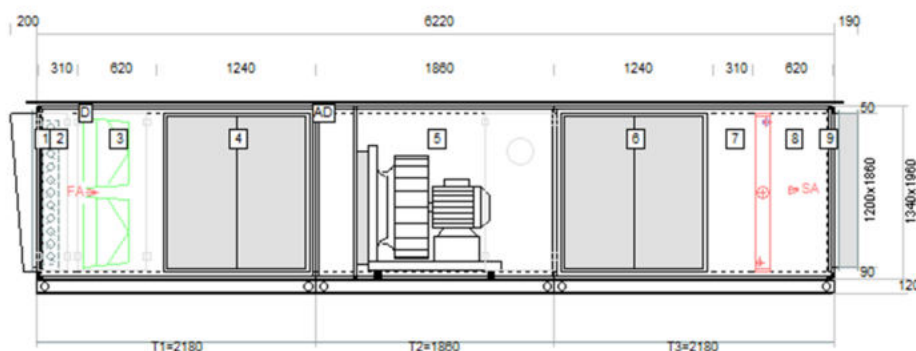
V případě havárie jsou extrémní parametry topné páry přiváděné do budovy Finalizace následující:

- topné medium (přehřátá pára) s teplotou $t_{páramax} = +240\text{ }^{\circ}\text{C}$, tlak páry $p_{páramax} = 16$ bar
- na tyto parametry jsou navrženy parní ohřivače pro VZT jednotky.

Popis a funkce realizovaného vzduchotechnického zařízení

Zařízení číslo 1 – přívod čerstvého vzduchu do části budovy Finalizace

Přívod čerstvého venkovního vzduchu do výrobní části budovy Finalizace, což je vyšší část objektu, je zajišťován šesti venkovními VZT jednotkami o celkovém množství 150.000 m³/h. Množství přiváděného vzduchu každé jednotky byl navržen 25.000 m³/h. VZT jednotka byla navržena se dvěma ventilátory v provedení s EC motory, statický tlak přívodní 400Pa, příkon 10kW, celkem příkon 60 kW, napětí 400V. Viz. obr. č. 2

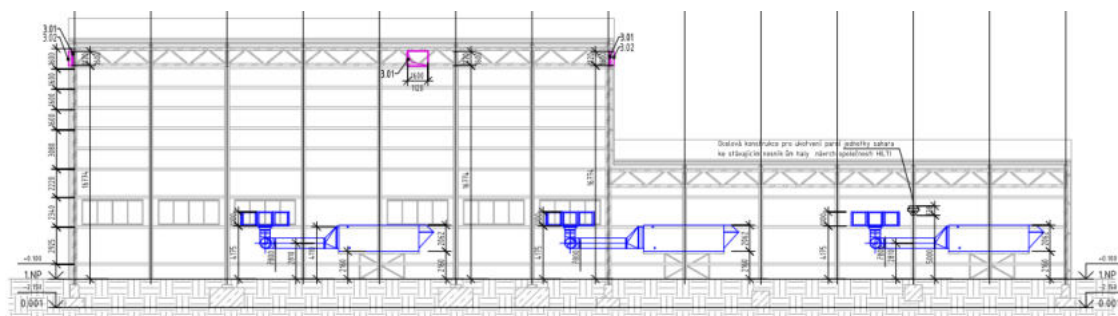


Obr. 2 Návrh uspořádání VZT jednotky

Přiváděný čerstvý vzduch je nasáván jednotkou přes vstupní uzavíratelnou klapku, kde je nejprve filtrován filtrem G4. Od filtrační komory je vzduch veden přes první tlumič hluku a

ventilátory k druhému tlumiči hluku. Dále vzduch proudí k parnímu ohřívači, který zajistí ohřev přiváděného vzduchu (pouze v případě potřeby ve dnech s venkovními teplotami pod 15 °C) na teplotu +15 až +25 °C. Tento výpočet uvažuje s vnitřními zisky výrobní technologie. Upravený vzduch je dále veden VZT potrubím k výdechové mřížce, přes kterou je distribuován přímo do budovy Finalizace.

Všechny VZT jednotky jsou osazeny na ocelových podstavných konstrukcích, vně budovy ve výšce 57 cm. Pouze jedna VZT jednotka je ve vertikálním provedení, umístěná přímo uvnitř (bez podstavné ocelové konstrukce na betonovém podkladu přináležejícímu k objektu) viz obr. č. 3., 4a, 4b.



Obr. 3 Umístění VZT jednotek – původní návrh projektu



Obr. 4a Umístění VZT jednotek – realizace projektu

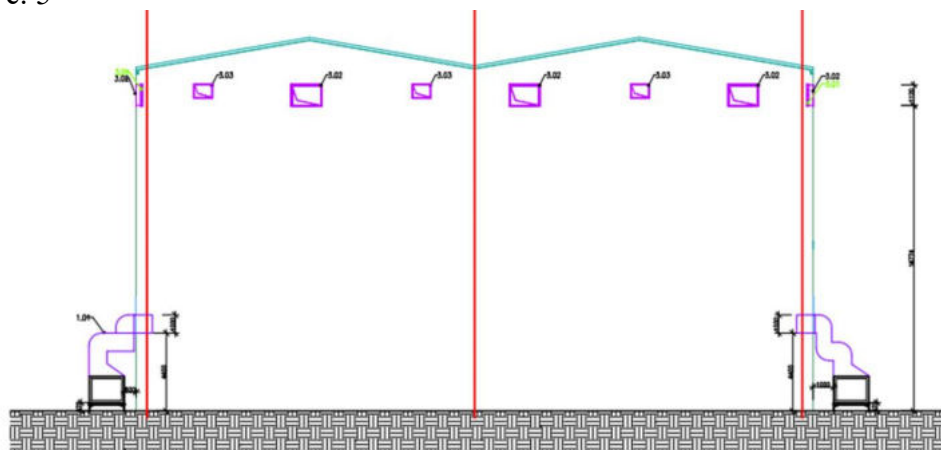


Obr. 4b Umístění vertikální VZT jednotky

Zařízení číslo 3 – odvod znehodnoceného vzduchu z výrobní části budovy Finalizace

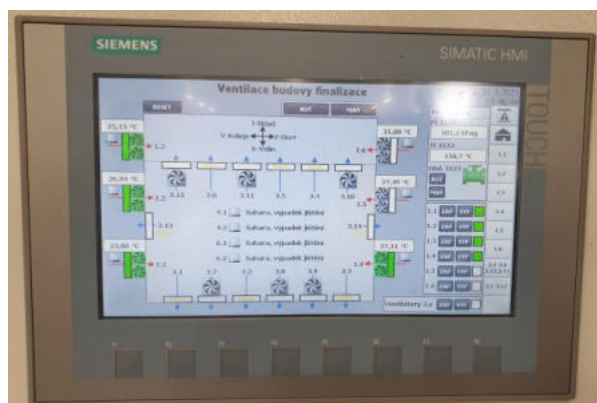
Odvod vnitřního znehodnoceného vzduchu z výrobní části budovy Finalizace je umožněn přirozeným způsobem přes osm kusů uzavíratelných klapek se servopohonem a protidešťovou žaluzií osazených v horní části konstrukce ve výšce cca 16,75m o rozměrech 1600x1200mm a šesti uzavíratelných klapek se servopohonem a protidešťovou žaluzií vybavených pro maximalizaci odvodu vzduchu axiálními ventilátory o rozměrech 1000x1000mm. Klapky jsou umístěny do ocelové konstrukce stávajícího pláště budovy.

– viz. obr. č. 5



Obr. 5 Odvod vzduchu – umístění uzavíracích klapek

Kompletní řízení celého systému VZT je řešeno centrálním řídicím systémem MaR SIMATIC, ale je možné i manuální ovládání z rozvaděče MaR.



Obr. 6 Ovládací panel systému MaR umístěný na rozvaděči

Zařízení číslo 4 – vytápění balicí části budovy Finalizace

V případě potřeby lze využít dvě cirkulační elektrické jednotky typu Sahara, umístěné na dvou středových sloupech balicí části haly Finalizace, které zajišťují vytápění středu balicí části budovy. Každá cirkulační sestava je tvořená axiálním ventilátorem ($V = 4610 - 6480 \text{ m}^3/\text{hod.}$), elektrickým ohřivačem max. 12 kW a výdechovou žaluzií. Cirkulační vzduch je nasáván ventilátorem a je veden do elektrického ohřivače, v němž je ohříván na požadovanou teplotu. Výdechovou žaluzií je následně distribuován do prostoru balicí části budovy Finalizace.

Řízení těchto zařízení je centrální, ale je možné je ovládat i manuálně z rozvaděče každé jednotky.

Zařízení číslo 6 – Dveřní vzduchová clona ve výrobní části budovy Finalizace

Vzduchová clona je tvořená sestavou 2 ks elektrických vytápěcích jednotek typu Sahara, je umístěna nad vstupními dveřmi do výrobní části budovy Finalizace ve výšce + 3,30 m. Každá clona má ventilátor o výkonu $V = 1410 - 1620 \text{ m}^3/\text{hod.}$, elektrický ohřivač 6 kW a výdechový díl pro funkci clony. Vzduch je nasáván z prostoru budovy, ohříván na požadovanou teplotu a distribuován do prostoru před vstupními dveřmi přes výdechový díl. Všechny clony jsou umístěny na ocelových konstrukcích ukotvených ke stávajícímu ocelovému skeletu budovy.

Řízení vzduchových clon je centrální, ale tato zařízení možné je ovládat manuálně z rozvaděče.

ZÁVĚR

Systém větrání je navržen jako přetlakový. Celkový přívod vzduchu $150.000 \text{ m}^3/\text{h}$ zajišťují VZT jednotky, odváděné množství vzduchu je $48.000 \text{ m}^3/\text{h}$ šesti axiálními ventilátory umístěnými vybavenými uzavíratelnými klapkami a zbývající množství vzduchu je odváděno přirozeným způsobem přes osm uzavíratelných klapek v nejvyšší části budovy.

Realizace tohoto projektu vyřešila investorovi zlepšení kvality vzduchu a vnitřního prostředí budovy, zároveň zajistila požadované vytápění s využitím stávajících rozvodů páry. Ve VZT jednotkách jsou navrženy a vyrobeny speciální celo-nerezové parní ohřivače s bimetalickou teplosměnnou plochou. Toto provedení výrazně ovlivňuje a prodlužuje jejich životnost v porovnání se standardními typy parních výměníků v průmyslových i komerčních provozech.

LITERATURA

- [1] DPS – dokumentace pro provedení stavby 09/2018
- [2] DPS – úprava dokumentace pro provedení stavby 09/2020

[3] DSP – dokumentace skutečného provedení 05/2021

[4] Zadání požadovaného řešení zástupci investora

[5] Příprava realizace výrobce a dodavatele zařízení JANKA Radotín a.s.

SEZNAM OZNAČENÍ

V	množství vzduchu	[m ³ /h]
t	teplota	[°C]
p	tlak	[bar]

UPOUTÁVKA NA WEBINÁŘ „VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ V DEPOZITÁŘÍCH“

Ing. Jan Červenák², Ing. Miloš Lain, Ph.D.¹

¹Společnost pro techniku prostředí

²Ing. Jan Červenák – TP

ANOTACE

Webinář „**Vnitřní prostředí v depozitářích**“ bude obsahovat informace pro účastníky jednak obsahem certifikované Metodiky uchovávání předmětů kulturní povahy obecně. Dále bude podrobně rozebírána komplexní problematika zajištění vnitřního prostředí v úložných prostorách. Budou uváděny příklady nedostatečných specifikací zadávání požadavků ze stran zadavatelů projektů. Budou rozebírána problematicky navržená i realizovaná řešení objektů depozitářů. Budou uvedeny nové trendy řešení.

ÚVOD

Depozitáře jsou objekty, které vyžadují vysokou náročnost na stabilní vnitřní prostředí úložných prostor. Depozitáře jsou navrhovány buď jako stavby jednoúčelové, nebo jsou úložné prostory umístěny jako součást objektů archivů, muzeí, galerií či knihoven. Zvláštní kapitolou jsou úložné prostory v historických objektech hradů, zámků či klášterů.

Webinář „**Vnitřní prostředí v depozitářích**“ je určen především zástupcům zadavatelů a uživatelů depozitářů, správcům sbírek a konzervátorům, ale především projektantům.

Bude rozebírat problematiku komplexně, a to jak z pohledu zadávání projektů pro nové stavby, projektování a následné provozování. Dále budou uváděny příklady problematických návrhů a příklady následných nápravných řešení. Jako speciální problematika budou probírány dílčí zapomenutá opatření v historických objektech vycházející ze zkušeností našich předků. Dále budou účastníci seznámeni s návrhy i výsledky nových trendů řešení.

Certifikovaná metodika s názvem „Metodika uchovávání předmětů kulturní povahy“ je určena odborným pracovníkům památkové péče, historikům umění, historikům, konzervátorům-restaurátorům, správcům objektů a depozitářů, muzejním a galerijním pracovníkům, vlastníkům památek, ale hlavně zadavatelům projektů a projektantům a architektům i studentům relevantních oborů školství a širší odborné veřejnosti se zájmem o danou problematiku.

Metodika je chápána jako nástroj/manuál pro správné zadávání a hodnocení podmínek dlouhodobého uchovávání předmětů kulturní povahy (v depozitářích, expozicích atd.), má tedy sloužit i pro lepší komunikaci mezi muzejními pracovníky/památkáři při zpracovávání výchozích požadavků na prostředí, zabezpečení apod. a to uvnitř instituce i navenek při zadávání projektů pro další specialisty (stavební inženýři, architekty, specialisti především ÚT, MaR, a VZT apod.).

Komplexní řešení návrhu objekt nových depozitářů

Při návrhu staveb nových depozitářů je velmi důležité velmi přesné zadání včetně norem a směrnic, které by mělo být konzultováno a podrobno diskuzi s budoucími uživateli, což se v mnoha případech neděje. Zadávací parametry a provozně technické požadavky by měly být obsaženy v písemném zadávacím protokolu objednatele i uživatele.

Při návrhu je z důvodu budoucích provozních nákladů na energie nezbytné zpracování nejen architektonického návrhu, ale především stavebně technického řešení konstrukce stavby. Společným návrhem konstrukce stavby bude navržena energeticky stabilní stavba.

Již ve fázi návrhu je nezbytná týmová spolupráce s projektanty „energetických“ profesí především ÚT, VZT a MaR. V této fázi by měly být doložena studie předpokládaných nákladů na provozování zařízení na úpravu prostředí (LCC) a to na dobu užitnosti minimálně 20 let.

S komplexně zpracovaným projektem by měli být v průběhu zpracování seznamováni nejen zadavatelé ale především i budoucí uživatelé.

Alternativy řešení úprav stávajících depozitářů

Velmi často se setkáváme se skutečností, že původní řešení úprav parametrů mikroklimatu prostor depozitářů je vyřazeno z provozu, protože nezajišťuje stabilní požadované parametry. Příčiny bývají různé. Nevyhovující stavebně technické parametry stavby. Nevyhovující funkce zařízení zajišťující parametry mikroklimatu. Neúměrné provozně energetické náklady na provoz zařízení

Nové trendy zajištění parametrů mikroklimatu v depozitářích

V posledních deseti letech je již platná směrnice ASHREA pro muzea, galerie, archívy a knihovny která zásadně rozvolňuje požadovaný parametr teploty při dodržení stávajících parametrů na relativní vlhkost.

Tato směrnice zohledňuje výsledky dlouhodobých výzkumů a sledování a zmírňuje požadavky na striktní dodržování parametrů teplot v průběhu roku. Výsledkem je výrazná energetická úspora (v zimě není nutné tolik topit, a hlavně v létě není nutné tolik chladit).

Proto je cílem tohoto webináře osvěta a nabourání dnes zaběhlých zvyků.

ZÁVĚR

Jen informovaná odborná veřejnost může postupně změnit dnešní neutěšený stav této oblasti.

VÝHODY HVĚZDICOVITÉHO ZAPOJENÍ VZDUCHOTECHNICKÝCH ROZVODŮ U RODINNÝCH DOMŮ

Ing. Václav Dědič

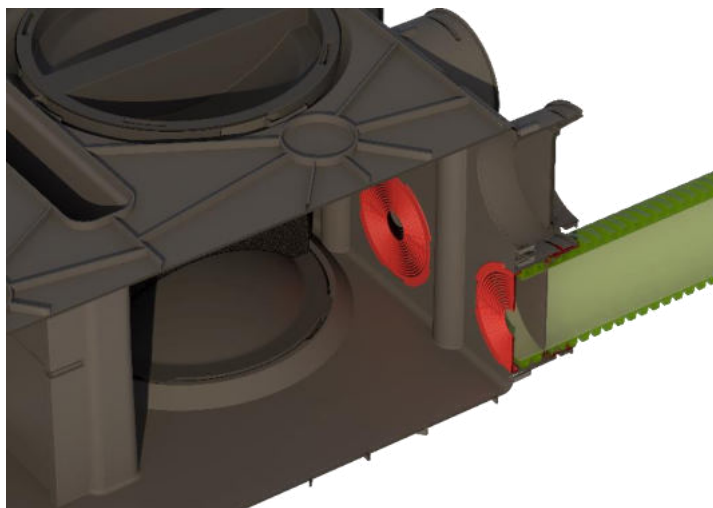
Brilon a. s.
v.dedic@brilon.cz

Hygiena vnitřního prostředí je kritérium, které se v rámci požadavků investorů velmi rychle vyvíjí a je jedním ze základních kritérií při volbě technologií použitých pro technické zařízení budov současnosti. Této problematice se týká i čím dál tím častější používání řízeného větrání, které zajišťuje příjemné a zdravé prostředí nejen pro obyvatele domu, ale i pro objekt samotný – dnes velmi častý problém velmi těsných oken a současného „nevětrání“ má totiž velký význam na znehodnocování objektu výskytem různorodých plísní. I vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov, která je účinná od 1. 9. 2020, tuto problematiku zohledňuje a poměrně značně zvýhodňuje stavby s řízeným větráním s rekuperací tepla. Právě rekuperací je totiž možno získat zpět i 90 % tepla z odváděného vzduchu, dojde tedy ke snížení celkové tepelné ztráty objektu, jejíž značný díl činí právě tepelná ztráta větráním. Její důležitost ještě dále roste s vývojem nových stavebních hmot, prvků a provedení, které snižují ztrátu tepla prostupem. Nové stavební projekty už tedy s řízeným větráním velmi často počítají a uzpůsobují mu velikost jinak často velmi malé nebo dokonce neexistující technické místnosti z důvodu potřeby umístění vzduchotechnické jednotky. Tato jednotka bývá mozkiem i srdcem větrání objektu, ovšem neméně důležitou je distribuce vzduchu do jednotlivých místností a jeho zpětný odtah z míst znečišťování. O to se starají vzduchotechnické rozvody, které mohou mít více provedení. Konvenčním principem je použití hlavní kmenové větve, která se dále dělí a přivádí tak vzduch do jednotlivých místností – toto provedení má však značnou nevýhodu v dimenzích potrubí, které často nekorespondují s běžnou světlostí podhledu současných staveb, navíc se jedná o spojování prvků nepřizpůsobivého materiálu, velmi těžko se tedy řeší případné rozměrové nepřesnosti. Dnes pro rodinné domy velmi hojně využívaným principem je tedy zapojení do hvězdicovité soustavy, jejímž středem je distribuční box. Toto provedení spočívá v umístění minimálně dvou distribučních boxů uvnitř objektu, přičemž jeden zajišťuje přívod čistého vzduchu a druhý potom odtah vzduchu znečištěného. Tyto boxy jsou s větrací jednotkou spojeny potrubím standardní dimenze s tlumiči hluku, ale díky možnosti volby umístění například do technické místnosti se nejedná o limitní vlastnost tohoto provedení.



Obr. 1 Hvězdicovité zapojení vzduchovodů v rodinném domě

Výjimkou není ani použití samostatné dvojice těchto boxů pro každé podlaží zvlášť. Od těchto distribučních boxů jsou potom jednotlivé větve provedeny flexibilním potrubím o standardní výšce 75 až 90 mm, které je možno velmi snadno ohýbat či tvarovat, je tedy možno se například vyhnout ostatním rozvodům nebo trámům. Nejsme také omezeni ve volbě přesně definovaných prvků, které nám umožní potrubí složit jen v konkrétně definovaných úhlech. Flexibilní prvky jsou lehké, snadno se s nimi pracuje a jejich délku je možno snadno upravit. K jejich propojení není zapotřebí žádný nástroj, i samotná práce s tímto systémem je tedy velmi jednoduchá a snadná. Konstitučně je možno větve vzduchovodů i zdvojit – k jedné vyústce tedy při potřebě většího množství přiváděného nebo odváděného vzduchu může vést hned dvojice potrubí – tím je zajištěna rychlost proudění nižší než 3 m/s, provoz tedy bude velmi tichý. Při potřebě ještě menší světlosti podhledu je možno využít i plochého potrubí o výšce 50 mm, které má průřez ve tvaru „chlebíku“ a je velmi oblíbené pro vedení vzduchu v podlaze. Právě i možnost výběru způsobu vedení potrubí – v podhledu, ve stěně nebo v podlaze – je jednou z předních výhod tohoto systému. V případě bungalovů je potom běžné vedení potrubí v půdním prostoru pod izolací tak, aby nemohlo docházet ke kondenzaci na vnitřní straně potrubí. Pokud je potrubí nutné vést nad touto izolací, je nutné ho izolovat vrstvou převlečné izolace. I samotné distribuční boxy mohou být součástí podlahy, je zde kladen pouze požadavek na přístupnost revizního otvoru. Revizním otvorem totiž dochází jak k čištění rozvodů, tak i k hlavnímu zaregulování jednotlivých větví. To probíhá vkládáním clonek revizním otvorem do výstupních portů distribučních boxů. Clonky jsou dodávány jako celistvé, jsou ale opatřeny vylamovatelnými přepážkami, které se odebírají na základě teoretického výpočtu a pozdějšího měření anemometrem na konkrétních vyústkách. Postupným vylamováním přepážek tedy snižujeme tlakovou ztrátu jednotlivých větví a zároveň regulujeme průtoky vzduchu potrubím do jednotlivých větví systému.



Obr. 2 Řez distribučním boxem

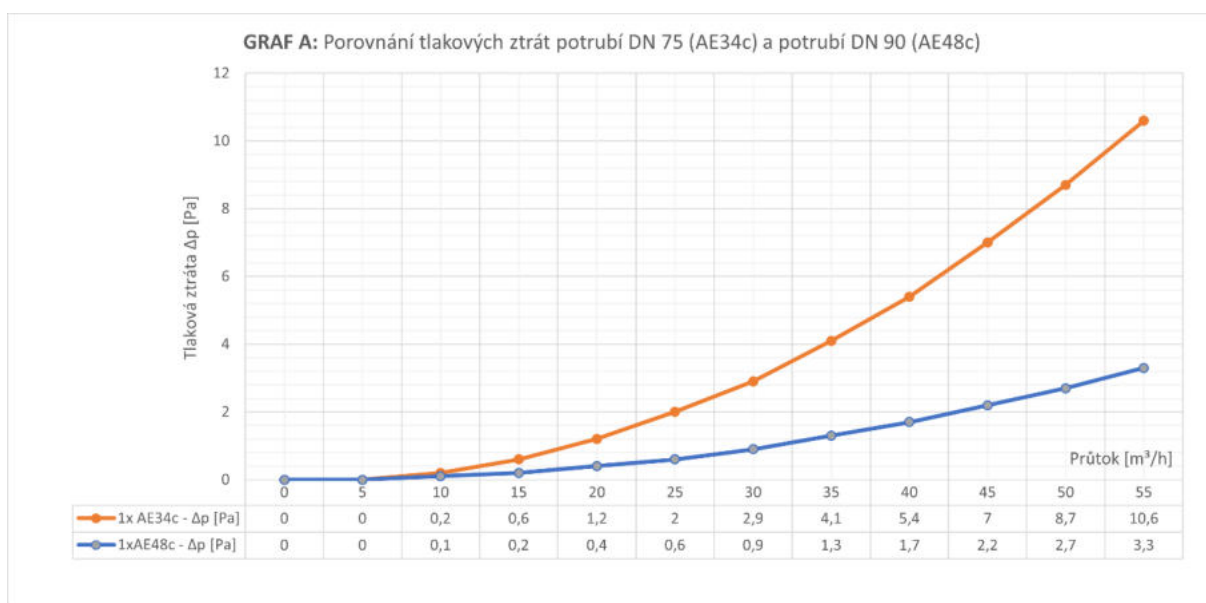
Tento způsob má velkou výhodu v možnosti dodatečných změn například po stavebních úpravách v objektu, dále je velmi vhodný i po stránce akustiky – na výústkách, které mohou při škrčení vydávat různé šelesty a další hluky, můžeme regulovat až sekundárně, tedy k hlavní regulaci slouží clonky a k jemnému doregulování je možno využít vyústky. Oblíbeným způsobem spojitě regulace je potom vřazený manuální regulátor, který je umístěn na kterékoli větvi za distribučním boxem. Pokud se pro princip hvězdicovité soustavy rozhodneme, je také nutno sledovat provedení vnitřního povrchu potrubí. Některé výrobky jsou totiž z vnitřní strany opatřeny speciální vrstvou, která zajišťuje antistaticnost a antibakterialitu. Jedná se vlastnosti, které mají skutečně velký význam pro uchování hygienického prostředí v objektu, jinak by totiž mohlo dojít k distribuci prachových částic dříve sedimentovaných na vnitřním povrchu potrubí a dalších vzduchotechnických prvků, kde by tak mohly tvořit živnou půdu pro různorodé mikroorganismy. Je tedy zcela jistě na místě tuto vrstvu vyžadovat, a i tak průběžně systém čistit běžným konvenčním způsobem. V současné době se lze často setkat s dotazy investorů na vliv řízeného větrání na přenos virů a bakterií – je logické, že standartní provedení vícestupňové filtrace vzduchu současných větracích jednotek není k filtraci virů a bakterií přímo určena, rodinný dům by neměl být považován za čistý prostor. Běžnými třídami filtrů těchto jednotek jsou G4 a F7, tuhé částice a pyly tedy velmi dobře eliminují, viry a bakterie však v dostatečné míře prochází, nedochází tedy k systematickému snižování imunity obyvatel objektu. Jedná se o vzduch z venkovního prostředí, který považujeme za přiměřeně čistý, návrh větrání by tedy měl být proveden k přiměřené intenzitě výměny vzduchu. Zároveň odváděný vzduch z místností není s přiváděným vzduchem směřován, pokud by se tedy zdroj virů nebo bakterií vyskytoval uvnitř objektu, můžeme říci, že řízené větrání velmi redukuje čas setrvání těchto částic v objektu a tím chrání zdraví ostatních obyvatel. Řízené větrání s rekuperací se postupně stává jednou ze základních součástí novostaveb rodinných domů, s jejich aplikacemi se budeme setkávat čím dál tím častěji, a i když se jedná o další investici, její význam je velmi rozsáhlý. Toto řešení je velmi vhodné pro rodinné domy a další obytné prostory, naopak není vhodné jej používat například pro účely větrání bazénů nebo dalších prostor s výskytem chemických znečišťovatelů.

Porovnání tlakových ztrát potrubí kruhového nebo plochého průřezu

Nabízí se myšlenka, jak se vlastně mění tlakové ztráty ve vzduchotechnickém potrubí v návaznosti na průtok vzduchu. Za účelem zjištění těchto skutečností jsme provedli analýzu našich potrubí kruhového průřezu v dimenzích DN 75 mm (s označením produktu AE34c) a

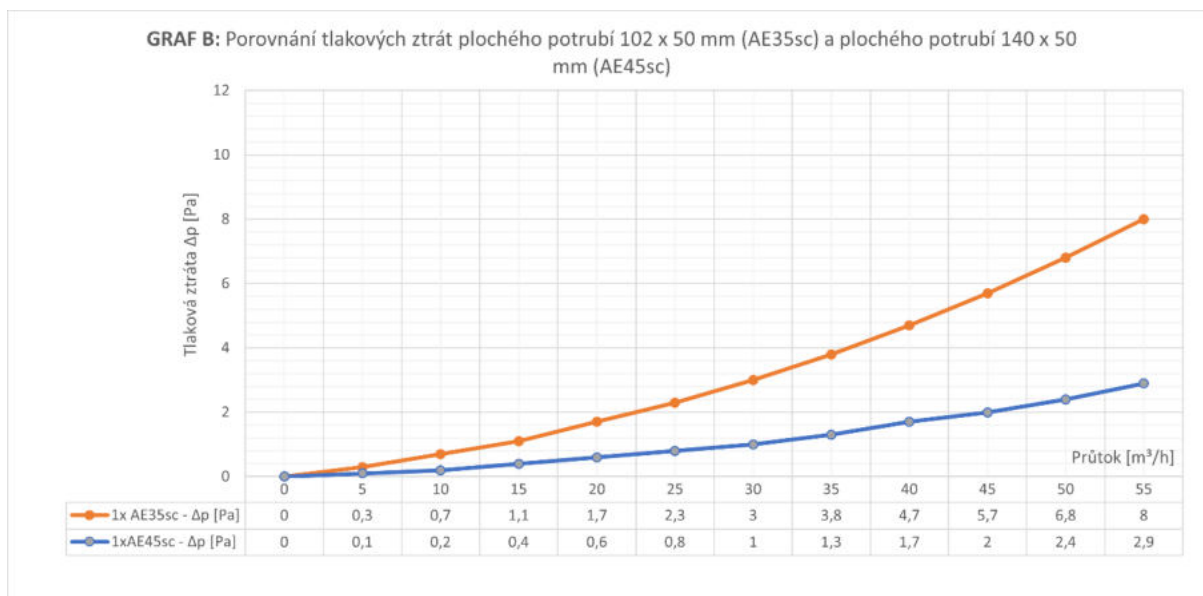
DN90 (s označením AE48c), a také potrubí plochého shodně ve dvou provedeních – 102 x 50 mm (s označením AE35sc) a 140 x 50 mm (s označením AE45sc). Nutno podotknout, že potrubí nemá zcela hladký vnitřní povrch a z důvodu hygieny a snadnějšího přizpůsobování tvaru obsahuje zvlnění, nejedná se tedy o hladké potrubí. Tato analýza má za úkol posoudit vhodnost jednotlivých potrubí pro jednotlivé průtoky. Zcela záměrně se věnuje pouze přímému vedení potrubí bez jakýchkoli záhybů či změn průřezů, zanedbáváme zde také změny způsobené vstupem a výstupem vzduchu z potrubí. V praxi se snažíme dimenzovat potrubí vždy tak, aby nebyla rychlost proudění vyšší než 3 m/s, v rámci tohoto hodnocení se tedy budeme věnovat závislostem tlakových ztrát potrubí na průtoku vzduchu pouze do této kritické hodnoty. Porovnávat mezi sebou budeme jak rozdílné průměry stejného průřezu, tak i jednotlivé průřezy mezi sebou. Analýza se zabývá také paralelním vedením dvou větví vedle sebe. Pro účely vypracování byla použita data poskytnutá výrobcem.

Část A – Porovnání potrubí AE34c (DN 75) s potrubím AE48c (DN 90).



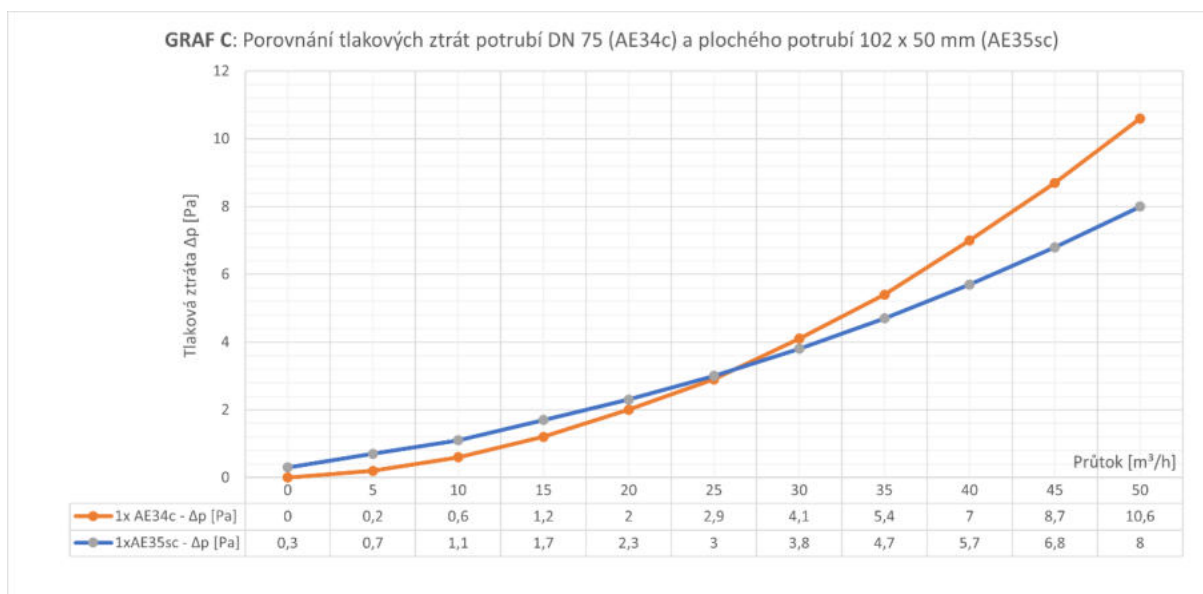
Na základě rozdílné světlosti je zcela logický a očekávatelný rozdíl mezi tlakovou ztrátou větší a menší dimenze potrubí ve prospěch dimenze DN 90. Rozdíl je zde patrný již od minimálních průtoků. S růstem průtoku roste v obou případech i tlaková ztráta a nedochází zde k žádným překvapením.

Část B – Porovnání plochého potrubí AE35sc (102 x 50 mm) s plochým potrubím AE45sc (140 x 50 mm).



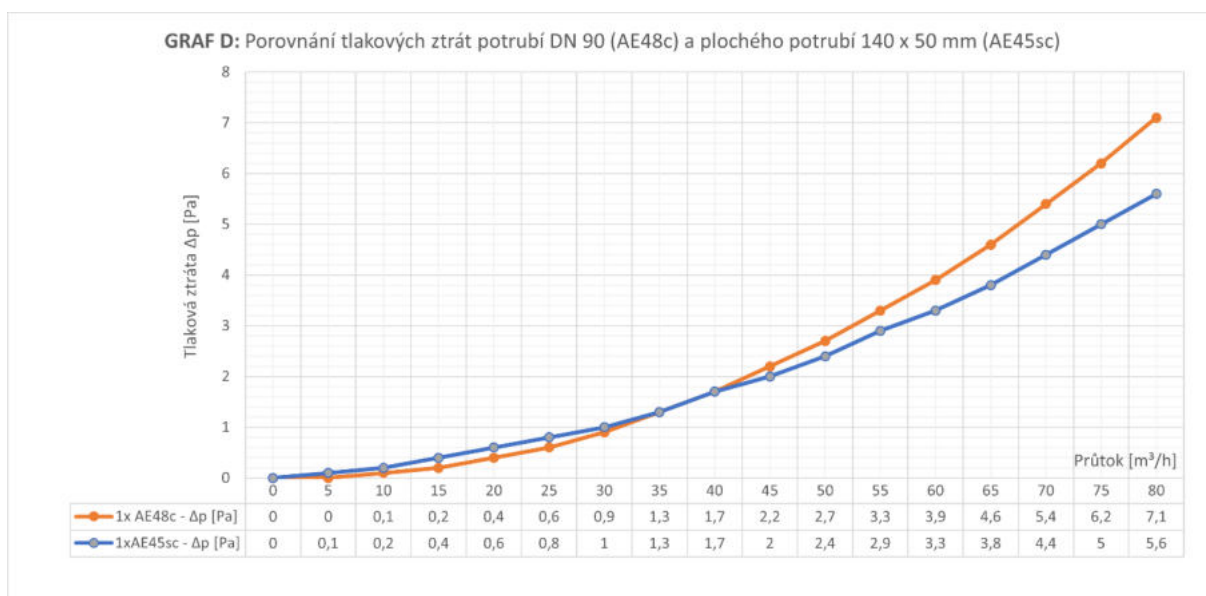
S obdobným jevem se můžeme setkat i v případě použití plochého potrubí dvou rozdílných dimenzí.

Část C – Porovnání potrubí AE34c (DN 75) s plochým potrubím AE35sc (102 x 50 mm).



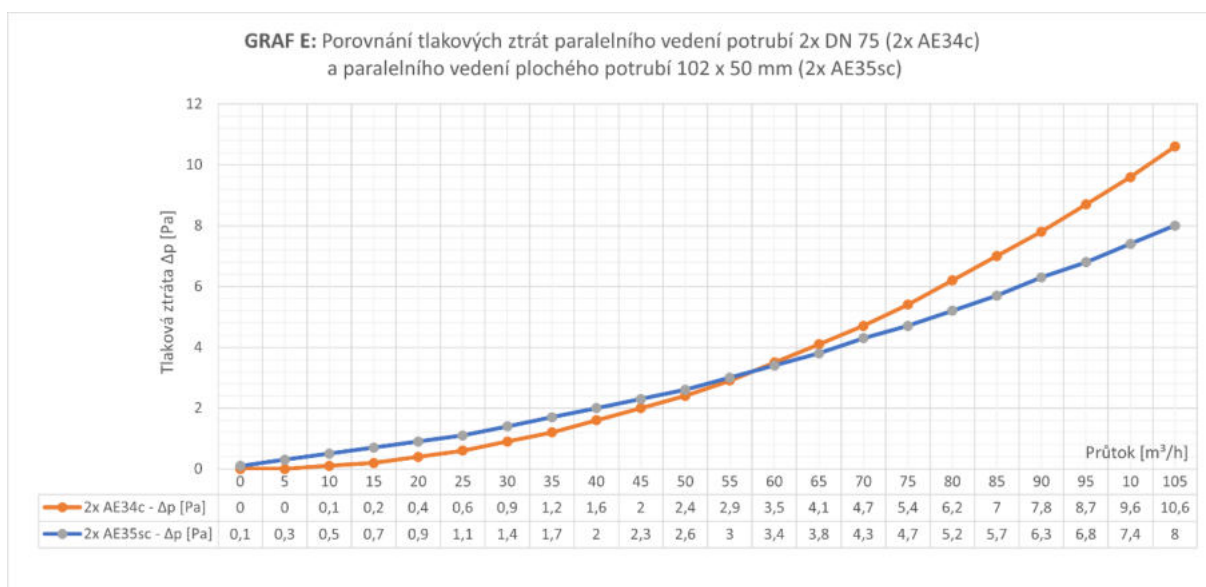
Pokud vzájemně porovnáme potrubí menších světlostí, tedy AE34c (DN75) a ploché potrubí AE35sc (102 x 50 mm), zjistíme, že do průtoku zhruba 26 m³/h vychází lépe potrubí kruhového průřezu, nad touto hranicí naopak vítězí potrubí ploché. V mezní hodnotě 3 m/s rychlosti proudění – tedy přibližně 34 m³/h – je potom rozdíl přibližně 0,7 Pa na délkový metr potrubí.

Část D – Porovnání potrubí AE48c (DN 90) s plochým potrubím AE45sc (140 x 50 mm).



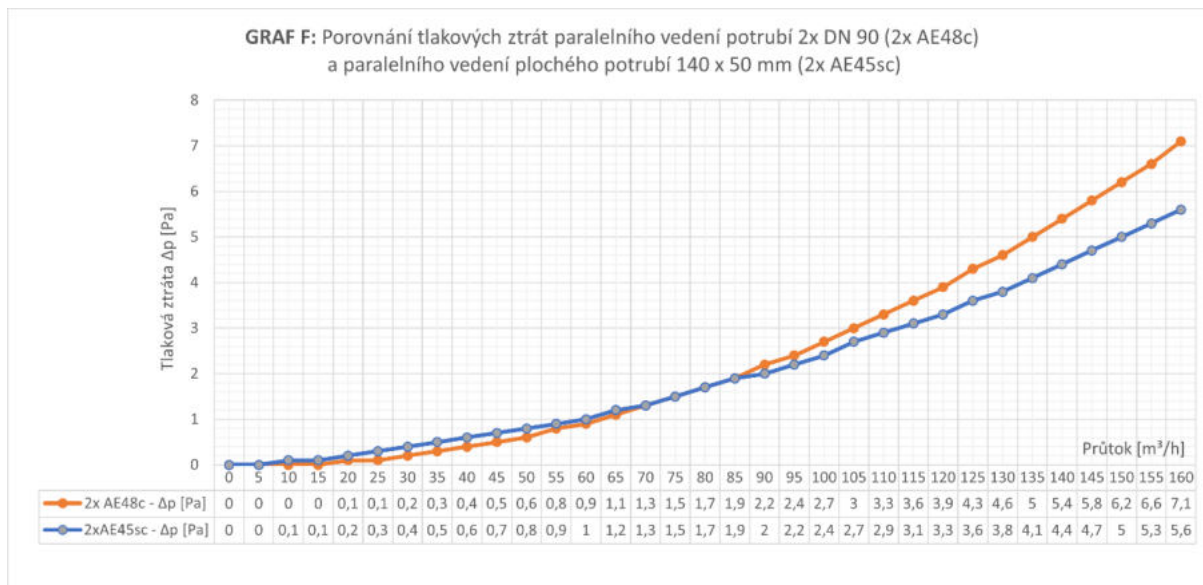
Obdobným porovnáním v případě větších dimenzí (tedy AE48c a AE45sc) byla zjištěna značná podobnost tlakových ztrát až do průtoku 37 m³/h. Zde se křivky začínají rozcházet a při hodnotě 48 m³/h náležící v obou případech rychlosti proudění 3 m/s činí rozdíl přibližně 0,3 Pa na délkový metr potrubí.

Část E – Porovnání paralelního vedení potrubí AE34c (2x DN 75) s paralelním vedením plochého potrubí AE35sc (2x 102 x 50 mm).



Za předpokladu vedení dvou paralelních větví menších dimenzí (AE34c a AE35sc) vedle sebe se situace opakuje. Bod protnutí křivek se přesouvá do hodnoty průtoku 58 m³/h, rozdíl tlakových ztrát při 67 m³/h – tedy odpovídající hodnotě maximální rychlosti proudění – je však přibližně 0,3 Pa na délkový metr potrubí.

Část F – Porovnání paralelního vedení potrubí AE48c (2x DN 90) s paralelním vedením plochého potrubí AE45sc (2x 140 x 50 mm).



K obdobné situaci dochází i v případě porovnání paralelních vedení dvou větví dimenzí větších – tedy AE48c a AE45sc. Mezi hodnotami 68 a 85 m³/h jsou však křivky závislosti tlakových ztrát na rychlosti proudění téměř totožné. Při maximálním přípustném průtoku vzduchu 95 m³/h je pak rozdíl přibližně 0,2 Pa na metr potrubí.

ZÁVĚR

Porovnání různých dimenzí obdobných průřezů potrubí mělo zcela předpokládaný výsledek. S navýšením dimenze klesá tlaková ztráta, a to platí bez významných rozdílů pro oba průřezy potrubí. Pokud však budeme porovnávat potrubí rozdílných průřezů, i když se jedná o potrubí vhodné pro vedení obdobného množství vzduchu, rozdíly jsou patrné. V případě malých průtoků vzduchu vítězí potrubí kruhového průřezu, existuje však průsečík obou křivek a následně se role mění. V případě porovnání potrubí AE34c a AE35sc je tento průsečík umístěn v hodnotě průtoku přibližně 26 m³/h, v případě porovnávání potrubí AE48c a AE45sc potom v průtoku 37 m³/h. Nad tyto hodnoty je tedy dle výpočtů vhodnější užití potrubí plochého, a tuto teorii potvrzuje i paralelní vedení dvou větví potrubí vedle sebe. Při použití menších dimenzí najdeme průsečík křivek v hodnotě 58 m³/h. Průběhy tlakových ztrát kanálů AE48c a AE45sc jsou mezi hodnotami průtoků 68 a 85 m³/h téměř shodné. Nad tímto rozmezím se křivky opět začínají rozcházet ve prospěch plochého potrubí. Výsledky tohoto zkoumání se vyjadřují pouze k přesně definovaným průřezům potrubí, není tedy vhodné je vztahovat ke kruhovým a plochým průřezům vzduchovodných kanálů obecně.

VĚTRÁNÍ CELOZÁVODNÍ KUCHYNĚ ŠKODA AUTO MLADÁ BOLESLAV

Jan Foret

ATREA s. r. o.

jan.foret@atrea.cz

V roce 2019 byla zahájena výstavba nové centrální kuchyně pro výrobní areál ŠKODA AUTO v Mladé Boleslavi. Dokončení a oficiální spuštění provozu této „nadčasové“ varny proběhlo v dubnu letošního roku. Plocha samotné kuchyňské varny je neuvěřitelných 860 m². S přípravami, provozem mytí nádobí a přilehlým zázemím je to pak více než 1000 m². Centrální varna v takovém rozsahu a velikosti musí být již navržena do tzv. automatického provozu tak, aby personál i v minimálním počtu dokázal zajistit přípravu až 35.000 jídel denně.

Standardní součástí projektové dokumentace jsou počítačové vizualizace. Investor tak získá jasnou představu o finálním řešení větracího stropu v kombinaci s interiérem a kuchyňskou technologií.



Obr. 1 Ukázka počítačové vizualizace

Pro tuto kapacitu bylo navrženo několik velkých konvektomatů, multifunkčních pánví, kotlů a obrovská linka na zpracování těsta, tzv. knedlíkárna.



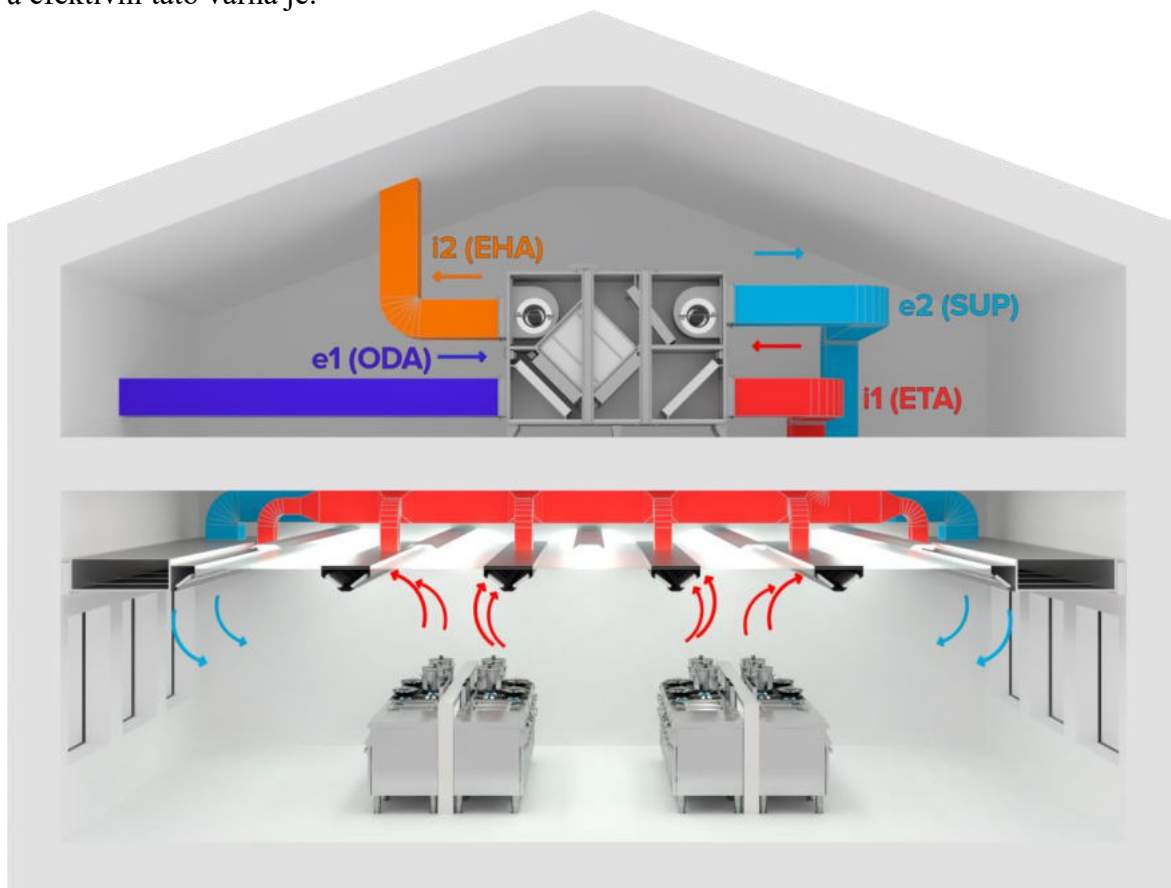
Obr. 2 Pohled (1) na interiér centrální varny s větracím a klimatizačním stropem TPV

Celá varna a všechny použité technologie spolu pak komunikují po vnitřní síti tak, aby vzduchotechnický systém věděl, v jaké aktuální zátěži se varna vyskytuje a dle toho zvolil optimální výkon odsávání pro odvod tepla a vlhkosti a zároveň zajistil příjemné klima pro personál.



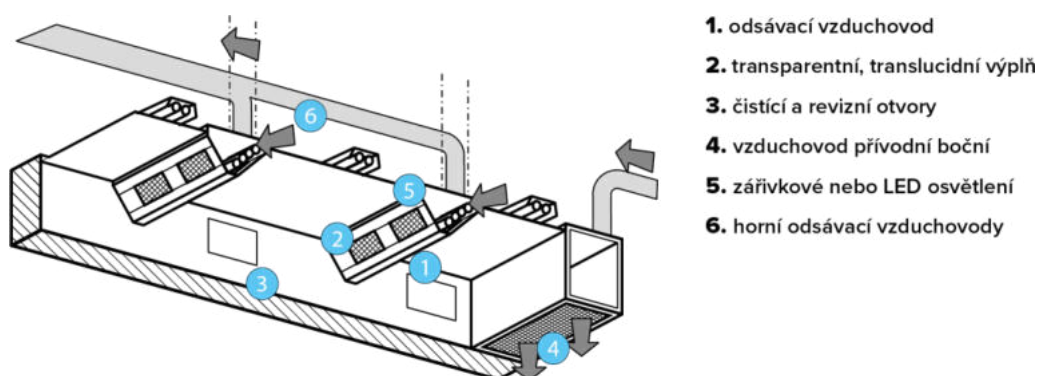
Obr. 3 Pohled (2) na interiér centrální varny s větracím a klimatizačním stropem TPV

S ohledem na celkový příkon gastro technologie více jak 3000 kW, je kladen obrovský nárok na správné a precizní fungování celého vzduchotechnického systému. Větrání prostoru varny zajišťují dvě nástřešní větrací jednotky s rekuperací tepla a celkovým vzduchovým výkonem 90.000 m³/h. Výkon byl stanoven na základě výpočtu dle nové směrnice EN 16282. Jednou ze zásadních hodnot, které ovlivňují samotný výpočet, je faktor současnosti a jeho hodnota byla stanovena hlavně na základě maximálního využití všech spotřebičů a činí 0,9. V kuchyních s běžnými spotřebiči a režimem vaření je to až 0,6. Toto je jeden z důkazů, jak moderní a efektivní tato varna je.



Obr. 4 Vizualizace systému s centrální VZT jednotkou a celoplošným odsáváním.

Účinné odsávání, přívod vzduchu a rovnoměrné osvětlení ve varně zajišťuje **uzavřený systém celoplošného větracího a klimatizačního stropu TPV**, který se skládá ze soustavy přívodních a odsávacích vzduchovodů, polykarbonátového podhledu, LED osvětlení a vestavěné UV-C filtrace.

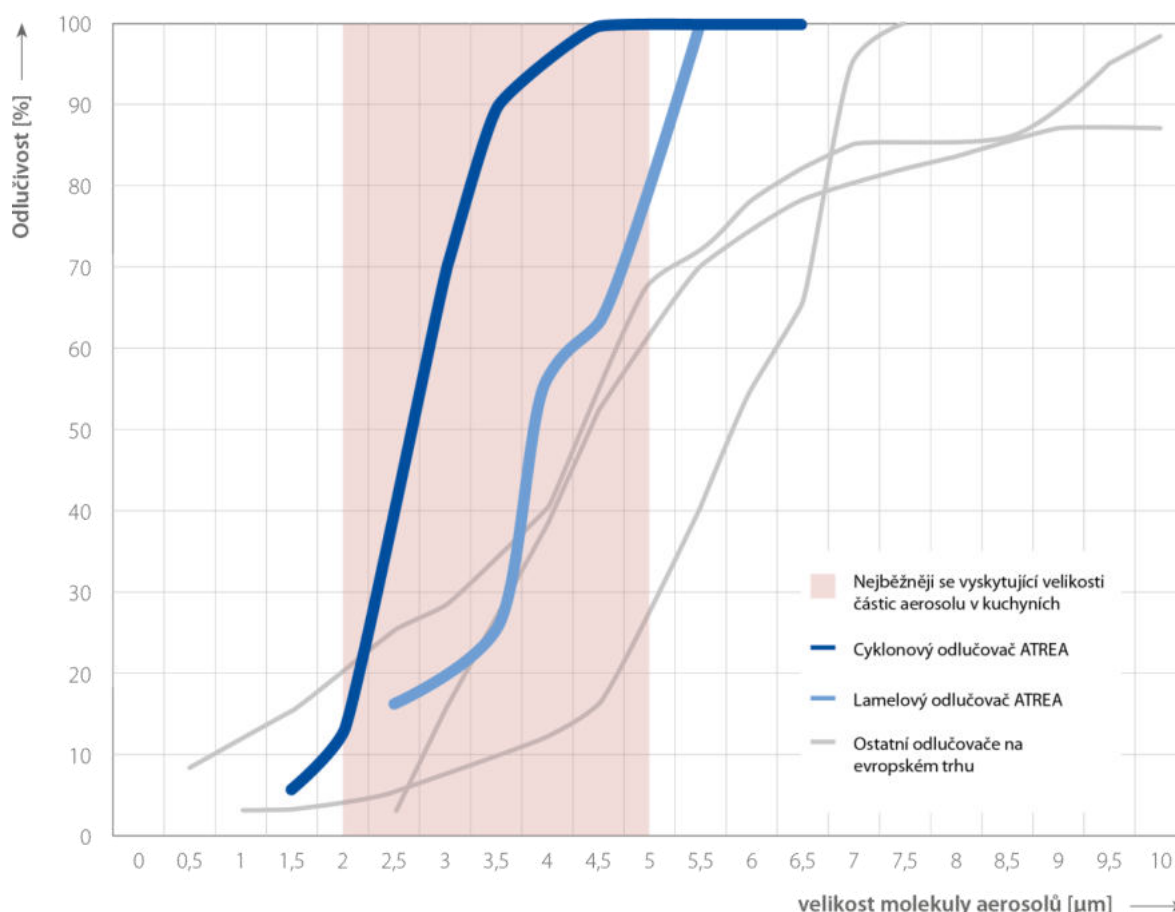


Obr. 5 Řez větracím stropem TPV a popis jeho částí

Větrací a klimatizační strop TPV zajišťuje

- **Vysokou filtraci mastnoty z odsávaného vzduchu** (pro $4,5\ \mu\text{m}$ 100 % – v kuchyňském prostoru se standardně pracuje s aerosolem velikosti $0,5\text{--}10\ \mu\text{m}$, nejběžněji se pak dle studií pracuje s velikostmi $2\text{--}5\ \mu\text{m}$). Tuto bezkonkurenční odlučivost aerosolu zajišťují speciální odlučovače, které jsou svou funkcí a dokonalou konstrukcí nejefektivnější nejen v celé Evropě, ale i ve světě.

Pro kuchyňské prostory se uvažuje velikost aerosolových částic $0,5\text{--}10\ \mu\text{m}$, nejběžněji pak $2\text{--}5\ \mu\text{m}$.



Obr. 6 Graf odlučovače, zdroj ATREA

- Eliminaci zápachu a likvidaci zbytkové mastnoty pomocí moderní technologie UV-C filtrace. Jedná se o proces fotokatalytické oxidace, která vlivem UV-C záření rozkládá organické sloučeniny. Zároveň dochází štěpením radikálů ke vzniku ozónu

a výslednými produkty této reakce je oxid uhličitý, voda a stopové množství bílého prášku, tzv. polymerizovaného vosku. Ten je unášen vzduchem nebo ulpívá na UV-C lampách. Jelikož jsou tyto miniaturní zbytkové aerosoly nositelem zápachu z kuchyní, tak jejich likvidace má za následek odpadní vzduch bez zápachu.



Obr. 7 UV-C záření rozkládá organické sloučeniny

- Absolutně čisté VZT potrubí bez jakýchkoliv usazenin tuku v potrubí díky spojení odlučovačů s vysokou odlučivostí a vestavěné UV-C technologii. Díky tomu se také snižuje riziko zahoření v potrubí.



Obr. 8 Detail UV-C lampy

- Ochranu všech stavebních konstrukcí v prostoru nad větracím stropem použitím tzv. uzavřeného systému. Tento systém nepropustí žádné páry ani mastnoty, a proto při použití uzavřeného systému časem nehrozí degradování stavebních konstrukcí (plísňe apod.) a instalací (zatuhnutí ventilů pro uzavření vody, degradace elektroinstalace apod.), které jsou nad větracím stropem vedeny.
- Dokonalé osvětlení celého prostoru díky moderní LED technologii. Osvětlení je navrženo tak, aby zajistilo dokonalé pracovní podmínky a zároveň neoslňovalo a nedráždilo personál kuchyně.
- Bezprůvanový přívod čerstvého vzduchu, který je absolutně nezbytný, pokud se bavíme o cca 40násobné výměně vzduchu za hodinu v celém prostoru varny, což je již zmiňovaných 90.000 m³/h. Rychlost na textilních vyústkách je pak navržena na 0,9 m/s (měřeno přímo na vyústce, která je ve výšce 3 metry).
- V neposlední řadě splňuje větrací a klimatizační strop nejpřísnější nároky také na designové provedení, kdy velkoplošné osvětlovací plochy stropu působí na personál kuchyně velmi vzdušným a příjemným dojmem, a ne jako tomu může být např. u varianty, kdy se používá nerezová výplň se světly.

Celý vzduchotechnický systém tak splňuje nejen nejpřísnější evropské normy pro větrání kuchyňských prostorů, ale také o dost přísnější tzv. Škoda interní předpisy, které by se při použití systému s běžnými digestořemi splnit nepodařilo.

Na této akci je bez debaty evidentní, jakým směrem se tzv. gastro průmysl ubírá. Celoplošné větrací a klimatizační stropy v uzavřeném provedení se stávají standardem pro řešení všech kuchyňských provozů.

VĚTRACÍ MŘÍŽKY BYLY VČERA: FASÁDNÍ PRVEK S VÝRAZNOU ZVUKOVOU IZOLACÍ

Ing. Miloslav Chlum

RAAMI s. r. o., větrací technika LUNOS
raami@lunos.cz

ANOTACE

Technika větrání obytných budov v předchozích dekádách vycházela především z přirozeného proudění venkovního vzduchu netěsnostmi stavby. Ty jsou však současnými požadavky na těsnost obvodového pláště či provedením sanačních opatření odstraněny. Větrání bytů nelze pominout, avšak na větrací průduchy v obvodových stěnách zakončené na fasádě užitím různých typů mřížek se často nahlíží jako na rušivý pohledový prvek. Vývojem zvláštního fasádního prvku LUNOtherm však poprvé mohou být uskutečněny všechny výhody prvků pro přívod vzduchu, jako regulovatelná průchodnost, filtrace vzduchu, ochrana před vnějším hlukem a nyní i mřížkami nerušený pohled na fasádu, neboť přívod větracího vzduchu se nachází v okenním ostění či v překladu. Dalším vývojem patentovaného fasádního prvku LUNOtherm-S byl tento optimalizován pro výrazně vyšší ochranu proti hluku (hodnota $D_{n,e,w}$ až 71 dB) a ještě snazší jeho osazení v tepelně izolačních kompozitních systémech fasád.

ÚVODEM

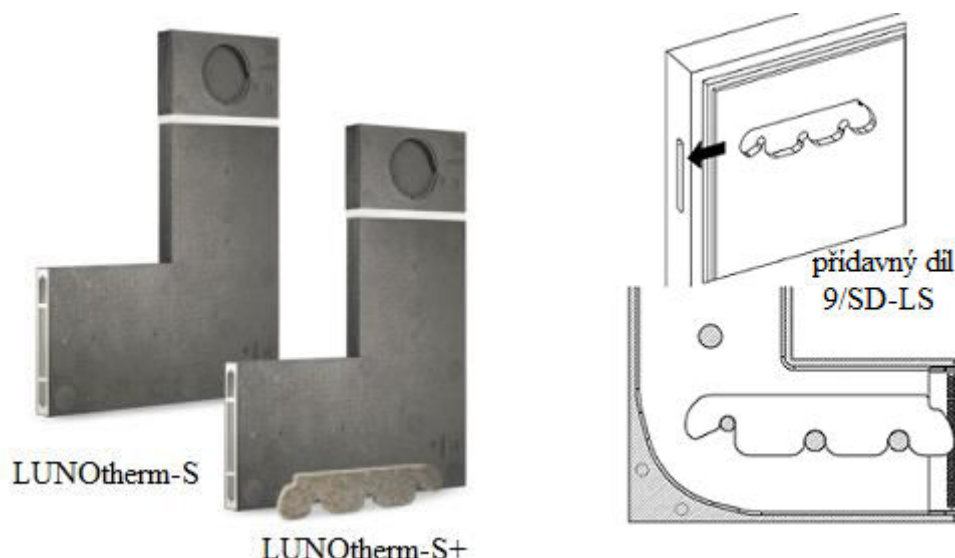
Větrání obytných budov v předchozích dekádách vycházelo zejména z přirozeného proudění venkovního vzduchu netěsnostmi stavby. Postupem doby však stále se zvyšující požadavky na těsnost obvodového pláště tomuto přirozenému proudění v podstatě zamezilo. Požadavek na zajištění potřebné výměny vzduchu v obytných místnostech však nepominul. Nově se k tomuto požadavku přidalo i hledisko architektonické, vytvořením celistvého obvodového pláště bez pohledově rušivých větrací mřížek na fasádě. Vytvořením zvláštního fasádního prvku LUNOtherm tak lze uskutečnit všechny výhody prvků pro přívod venkovního vzduchu jako regulovatelná průchodnost a filtrace vzduchu spojená s ochranou před vnějším hlukem a přitom též s nenarušeným pohledem z vnějšku stavby.

LUNOtherm – fasádní prvek tepelné a zvukové izolace s funkcí větrání

Vývojem patentovaného fasádního prvku LUNOtherm splnil LUNOS touhu po hladké fasádě, kterou přerušují pouze okna. Zde lze realizovat všechny výhody vnějších vzduchových vývodů jako je vysoký průtok vzduchu, průvan, hygiena a zvuková izolace, ve spojení s téměř neviditelným vnějším pohledem. Jako poslední prvek se LUNOtherm vloží do izolační vrstvy tepelně izolačního kompozitního systému (ETICS). Vstup nebo výstup vzduchu je poté v překladu nebo okenním ostění. LUNOtherm lze instalovat nad nebo vedle okna, takže jej lze bez problémů kombinovat také s roletovým boxem. Nový fasádní prvek LUNOtherm-S byl optimalizován pro výrazně vyšší ochranu proti hluku a jeho zpracování je ještě snazší.

Representativní průzkum německé Federální agentury pro životní prostředí mezi 2000 účastníky ukázal, že více než polovina respondentů se cítí být rušena hlukem z ulic. Přibližně stejný počet lidí je ve skutečnosti vystaven nadměrné hladině hluku a v důsledku toho trpí zdravotními problémy. Tomuto aspektu byla také věnována zvýšená pozornost při zdokonalení původního typu LUNOtherm A, respektive LUNOtherm B a vytvoření nového zvukově a tepelně izolačního výrobku – fasádní desky s funkcí větrání LUNOtherm-S, respektive LUNOtherm-S+.

Spolu s novým přídatným tlumičem 9/SD-LS se LUNOtherm-S označuje jako LUNOtherm-S+, který snadno dosahuje hodnot $D_{n,e,w}$ až 74 dB. Oba fasádní prvky se obzvláště snadno zpracovávají. Větrací otvor lze variabilně polohovat a výchylka vzduchu a tím i zvuk o dalších 90 ° zajišťuje vysoké zvukové izolační vlastnosti LUNOtherm-S a -S+. Výrazně nižší hmotnost a přizpůsobitelná velikost jednotky také umožňují lepší manipulaci v logistice a na staveništi.



Fasádní prvek se skládá z EPP (expandovaný polypropylen). Tento materiál zajišťuje dobrou konstrukční pevnost s velmi nízkou hmotností a dostatečnou tepelnou izolací. Je také stoprocentně recyklovatelný. Plochý tvar v pravém úhlu zajišťuje, že vzduch a tím i zvuk jsou vychýleny o dalších 90 °, což má za následek lepší zvukovou izolaci. Nízká hmotnost a přizpůsobitelná velikost jednotky usnadňují manipulaci v logistice a na staveništi. LUNOtherm-S byl oficiálně schválen v roce 2020 německým institutem pro stavební techniku DIBt. Je to pouze druhý fasádní prvek na trhu s tímto statutem. LUNOtherm ve variantách A a B získal své první schválení v roce 2005. To ukazuje, že LUNOtherm-S lze použít v tepelně izolačních kompozitních systémech (ETICS) ve smyslu státních stavebních předpisů a lze jej bezpečně instalovat z hlediska bezpečnosti, hořlavosti a vhodnosti.

TECHNICKÉ ÚDAJE

LUNOtherm-S

Vhodné pro instalaci do ETICS schváleného stavebními úřady. Možnost instalace s nad izolací nebo pod izolací.

Rozměry (v x š x h): 930 x 700 x 60 mm.

Vnější rozměry mřížky (v x š): 345 x 53 mm

LUNOtherm-S+

Vhodné pro instalaci do ETICS schváleného stavebními úřady. Možnost instalace s nad izolací nebo pod izolací.

Rozměry (v x š x h): 930 x 700 x 60 mm.

Vnější rozměry mřížky (v x š): 345 x 53 mm.

Tlumič pro LUNOtherm-S.

Typ 9 / SD-LS pro dovybavení.

Rozměry (v x š x h): 579 x 131 x 37 mm

LUNOtherm-S je ploché potrubí EPP se vzhledem velkého pravého úhlu s mřížkou na jedné straně a přípojkou pro profil 160 mm tubusu na druhé straně. Má tloušťku celkem pouze 60 mm, takže dobře zapadá do ostění a ETICS lze integrovat. Jeho nízká hmotnost pomáhá zabránit dalšímu namáhání vestavěných komponent. Materiál přesto nabízí konstrukční pevnost potřebnou k pevnému držení prvku v izolaci a odolávání měnícím se objemovým tokům. Nízká hmotnost a přizpůsobitelná velikost jednotky také podporují umístění koncového prvku: Jednotlivé komponenty skládající se z pravého úhlu, mřížky a připojení potrubí lze rychle sestavit. LUNOtherm-S se jednoduše vloží, odpovídajícím způsobem přilepí, a nakonec zapouzdří izolačním materiálem, aby byla izolace bezproblémově spojena. Existují různé přístupy, ale lze je snadno kombinovat s touto variantou.

Tabulka hodnot standardní hladiny zvuku $D_{n,e,w}$ (dB)

V tabulce naleznete hodnoty zvukové izolace, kterých může sestava prvku pro přívod venkovního vzduchu ALD a ALD-SV ve spojení s fasádní deskou LUNOtherm-S či LUNOtherm-S+ dosáhnout.

<i>Tloušťka stěny</i>	<i>Počet akustických tlumičů</i>	<i>LUNOtherm-S a vnitřní díl 9/IBE</i>	<i>LUNOtherm-S+ a vnitřní díl 9/IBE</i>	<i>LUNOtherm-S+ a vnitřní díl 9/IBS</i>
ALD				
340	3	61	64	65
410	4	62	65	67
480	5	63	66	69
ALD-SV				
340	4	62	66	66
410	5	63	68	69
480	6	65	69	71

Pro sestavu prvku ALD i ALD-SV platí vzduchové objemy $25 \text{ m}^3/\text{h}$ při dif.tlaku 8 Pa, $20 \text{ m}^3/\text{h}$ při dif.tlaku 4 Pa a $15 \text{ m}^3/\text{h}$ při dif.tlaku 2 Pa. Hodnoty zvuku jsou samozřejmě měřeny a kontrolovány při otevřené větrací jednotce. Uzavřené zařízení sice může umožňovat průchod méně zvuku, ale větrání je především o přívodu čerstvého vzduchu.

Při navrhování je tedy třeba věnovat potřebnou pozornost tomu, kterých objemový toků lze skutečně dosáhnout v kombinaci s hladinami zvuku spolu tloušťkami a konstrukcí obvodových stěn. Správná kombinace těchto hodnot pak přinese požadovaný úspěch při navrhování větrání a ochrany proti hluku. Tak je i možné stavět budovy, které nejen dobře fungují, ale také dobře vypadají.



LITERATURA

- (1) Firemní podklady LUNOS Lüftungstechnik GmbH für Raumlufsysteme, www.lunos.de, 2020-2021
- (2) Firemní podklady RAAMI s.r.o., www.lunos.cz, 2006-2021

INTEGROVANÝ VĚTRACÍ SYSTÉM PRO OBYTNÉ BUDOVY

Michal Kabrhel

Katedra Technických zařízení budov, Stavební fakulta, ČVUT v Praze
michal.kabrhel@fsv.cvut.cz

ANOTACE

V souvislosti se snahou o urychlení výstavby a rekonstrukce zejména obytných budov se objevují řešení, jejichž cílem je integrovat nucený větrací systém do konstrukcí budovy. Při tomto řešení je totiž možné využít výhod prefabrikace částí systému a tím zjednodušit samotnou realizaci systému nuceného větrání na stavbě. Možnostmi těchto řešení a příklady aplikací se zabývá tento příspěvek.

ÚVOD

Rostoucí ceny na trhu s nemovitostmi a s tím související zvýšené požadavky na větší kapacity výstavby domů zvyšují zájem o jednodušší řešení technických systémů budovy. Zvláště v obytné výstavbě se jedná často o opakované řešení, která jsou v případě bytových domů jen omezeně modifikována s ohledem na individuální požadavky. Jiná situace panuje u individuální výstavby rodinných domů, kde se řešení mohou odlišovat více s ohledem na různé kombinace systémů a požadavků.

V posledních letech jsme mohli také zaznamenat snahu o prefabrikované řešení všech energetických systémů pro obytné budovy. Lze předpokládat, že tato řešení mohou být zajímavá zvláště pro investory obávající se přílišné složitosti technických systémů realizovaných po částech a neorientujících se v jednotlivých systémech.

Ekonomická výhodnost integrace

Tak jak to bývá i v jiných oblastech, hranicí výhodnosti jsou investiční náklady na prefabrikovaný systém ve spojení s rychlostí instalace a životností zařízení. Prozatím ve zkušebním provozu vycházely náklady na systémy integrované v např. obvodovém plášti budovy v prostředí ČR srovnatelné nebo vyšší než při realizaci běžnými metodami [1]. Je třeba ale zohlednit, že se jedná prozatím spíše o pilotní aplikace, kdy je cena zvýšena vzhledem k atypickým postupům při realizaci.

Rychlost rekonstrukce s využitím integrace

Jedním z požadavků vyplývajících ze směrnice o energetické náročnosti [2] je zvýšení počtu rekonstrukcí stávajících budov na NZEB. Zvláště, pokud se jedná o objekty pro bydlení. Pokud je objekt i v době rekonstrukce užíván, je kladen důraz na rychlost realizace. Touto problematikou se zabývalo již i více výzkumných projektů [1], ve kterém prefabrikace a urychlená rekonstrukce budov byla řešena. Z výsledků vyplývá, že v západních zemích je tento proces více žádán a má větší perspektivou uplatnění na trhu než v zemích více na východ, kde je lidská práce stále ještě výrazně levnější. Celému procesu nahrává také typizace řešení některých obytných budov, která je běžná např. v Nizozemí. Rekonstrukce obvodového pláště a výměna zdroje tepla a realizace nuceného systému větrání pak může, díky integraci řešení, proběhnout v horizontu několika dnů. V tomto směru představují výzvu zejména rozvody větrání v budově.

ŘEŠENÍ OBYTNÝCH BUDOV

Bytový dům

Prefabrikace obvodového pláště a integrace rozvodů je možná, je třeba ale posoudit, zda stávající systém, který využívá bytové jádro, není pro provádění rekonstrukce výhodnější. Pokud ne, lze při splnění několika podmínek integrovat větrací systémy i do fasády budovy. Rozhodujícími podmínkami jsou dispozice bytů, požadavky na větrání bytů, členění fasády a požadavky uživatelů. Dalším možným systémem je pak teplovzdušné vytápění. Jeho výhodnost se projeví zvláště v případě, kdy lze díky velmi dobré izolaci obvodového pláště budovy potřebné množství tepla přivést hygienickým množstvím vzduchu nebo zvýšením potřebného množství vzduchu není výrazné. Je třeba ale upozornit, že chybějící sálavou složkou tepla je vhodné kompenzovat např. v dětském pokoji nebo koupelně pomocí doplňkových otopných těles. Při řešení větrání pomocí rozvodů ve fasádě je třeba řešit také někdy složitější akustiku a požární ochranu, nezbytné je též zajistit přístup k prvkům integrovaným ve fasádě (např. regulační klapky, uzávěry) [3].

Integrace systému větrání je pak třeba velmi pečlivě zvažovat s ohledem na rozdílnou životnost rozvodů a zateplovacího systému. Z hlediska praktického se jako nejvhodnější jeví použití samostatných panelů s integrovanými rozvody, kde jsou sdruženy i další rozvody nově realizované v budově např. slaboproudé rozvody nebo rozvody spojené s fotovoltaikou. Rozvody mohou být realizovány připevněním na fasádu a dodatečnou instalací panelů nebo integrací do samostatných panelů. Zde je však nejslabším místem způsob spojování rozvodů s ohledem na kvalitu spojů a jejich životnost. Lze tak doporučit realizaci spojů, u kterých bude zaručena dlouhodobá spolehlivost.

Rodinný dům

Realizace prefabrikovaného systému u rodinných domů, zvláště typizovaných, bývá snazší. Zkušenosti ze zahraničí ukazují na možnost zajistit díky prefabrikaci rekonstrukci pláště budovy během 1 týdne. Zpravidla se ale nejedná o zásah do systému vytápění, který bývá zachován a dodatečně je realizován jen systém větrání integrovaný v obvodovém plášti budovy. U netypických budov je situace těžší už vzhledem k variabilitě řešení. Přesto se jako vhodné jeví toto řešení zvláště ve vztahu k teplovzdušnému vytápění a k dodatečné instalaci obnovitelných zdrojů, např. fotovoltaických panelů nebo tepelných solárních kolektorů. Požadavky na řešení energetického systému z hlediska obnovitelných zdrojů v tomto směru zásadně ovlivňuje legislativa dané země už s ohledem na např. požadavky na NZEB nebo na možnosti sdílení energie s okolními budovami.



Obr. 1 Montáž experimentálního panelu



Obr. 2 Systém větrání integrovaný do panelu obvodového



Obr. 3 Instalace panelů na experimentální objekt

ZÁVĚR

Nejen při rekonstrukcích ale i při novostavbách domů je možné využít systému prefabrikace pro urychlení rekonstrukce nebo výstavby objektu. Vždy je třeba ale pečlivě zvážit výhody rychlé výstavby v porovnání s jinými způsoby s ohledem na technické řešení, vhodnost použití a životnost jednotlivých zařízení.

LITERATURA

- [1] Projekt More-connect. *Vývoj a pokročilé prefabrikace inovativních, multifunkčních prvků obvodového pláště pro modulární dovybavení a připojení*. H20-633477. Dostupné z: < www.more-connect.eu >
- [2] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/844 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov a směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti
- [3] HEJTMANEK, P., VOLF, M., SOJKOVA, K., BRANDEJS, R., KABRHEL, M., BEJCEK, M., NOVÁK, E., LUPISEK, A.: *First Stepping Stones of Alternative Refurbishment Modular System Leading to Zero Energy Buildings*. *Energy Procedia*. Volume 111, March 2017.

Poděkování: Tento příspěvek vznikl za podpory Projektu TRIO FV40183 Rozšíření systému řízení produktu Inteligentní dům

SNIŽOVÁNÍ EMISE UHLÍKU, ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA A ČTYŘTRUBKOVÉ JEDNOTKY

Daniel Karnas

TRANE spol. s r. o.

daniel_karnas@trane.com, obchod@trane.com

ANOTACE

Podle společnosti Navigant Research [1] produkují kanceláře, domy a továrny přibližně 47 % emisí skleníkových plynů (GHG). Tyto komerční, obytné a průmyslové budovy spotřebovávají 49 % světové energie, přičemž systémy HVAC zde mají významnou roli. Tento článek je věnován čtyřtrubkovým jednotkám, díky kterým je možné docílit snížení emisí, ale také chladivům nové generace s nízkým GWP (Global Warming Potential).

ÚVOD

Společnost Trane Technologies se zavázala, že prostřednictvím chladicích zařízení a tepelných čerpadel instalovaných u svých zákazníků sníží do roku 2030 emise uhlíku o jednu gigatunu, což odpovídá ročním emisím v Itálii, Francii a Velké Británii dohromady. Pro společnost Trane je hlavním cílem zvýšení energetické účinnosti jednotek, zvýšení celkové účinnosti systémů chlazení a vytápění v kombinaci s přechodem na nově vyvíjená ekologická chladiva s nízkým GWP.

Čtyřtrubková („Multi-pipe“) jednotka TRANE – CMAF

Pro zásadní úsporu elektrické energie a snížení emisí byla vyvinuta nová jednotka Sintesis™ Balance CMAF, která eliminuje potřebu samostatných kotlových systémů a chillerů pro zajištění chlazení objektů v létě a vytápění v zimě, resp. současného chlazení a topení převážně v přechodném období. Jednotka TRANE-CMAF s maximálním využitím zpětně získané odpadní energie je schopna objektu zajistit dodávku chladu, nebo tepla v požadovaných výkonech s minimální, nebo dokonce žádnou přímou emisí skleníkových plynů.



Obr. 1 Multi-pipe unit TRANE CMAF.

PROVOZNÍ REŽIMY JEDNOTKY CMAF

- Režim chlazení
- Režim tepelného čerpadla
- Režim zpětného získávání tepla

Pro režim zpětného získávání tepla je dále možné řídit jednotku dle následujících priorit:

- Hlavní požadavek na chlazení – jednotka se primárně snaží splnit požadavky na chlazení a pokud to podmínky dovolí, tak vrací teplo zpět do budovy.
- Hlavní požadavek na vytápění – jednotka se primárně snaží splnit požadavky na vytápění a pokud to podmínky dovolí, tak současně dodává chladnou vodu zpět do budovy.
- Požadavek na zpětné získávání tepla – jednotka se primárně snaží veškerou energii přecherpat v rámci budovy. To znamená, že se chová obdobně jako vodou chlazená jednotka a veškeré produkované teplo při chlazení vrací zpět do systému.

Energetická účinnost čtyřtrubkových jednotek (multi-pipe)

Základním kritériem pro porovnání tradičních tepelných čerpadel je pro režim chlazení chladicí faktor (EER – Energy Efficiency Ratio) a pro režim vytápění topný faktor (COP – Coefficient Of Performance). Pro čtyřtrubkové (multi-pipe) jednotky se používá celkový faktor (TER – Total Efficiency Ratio), kterou definuje program Eurovent Certification následovně:

$$TER = \frac{P_{COOL} + P_{HEAT}}{P_{EL}}$$

Výhody čtyřtrubkových jednotek známých také pod anglickým názvem “Multi-pipe units” je možné demonstrovat na následujících případech, kde uvažujeme potřebu chladicího výkonu 80 kW a potřebu topného výkonu 100 kW viz obr. 2. Pro každý systém jsme stanovili celkovou energetickou účinnost pro chlazení a vytápění, která vychází ze vzorce pro čtyřtrubkové jednotky výše.

TER pro běžné vytápění a chlazení

Budeme-li uvažovat tyto potřeby (kompresorové chlazení + vytápění plynovým kotlem), pak platí:

$$TER = \frac{P_{COOL} + P_{HEAT}}{P_{EL} + P_{GAS}} = \frac{80 + 100}{20 + 100} = 1,5$$

TER pro běžné vytápění + freecooling

Budeme-li teoreticky uvažovat, že veškeré potřeby kompresorového chlazení pokryjeme volným (bezkompresorovým) chlazením, ani v takovém případě se celková účinnost TER příliš nezvýší:

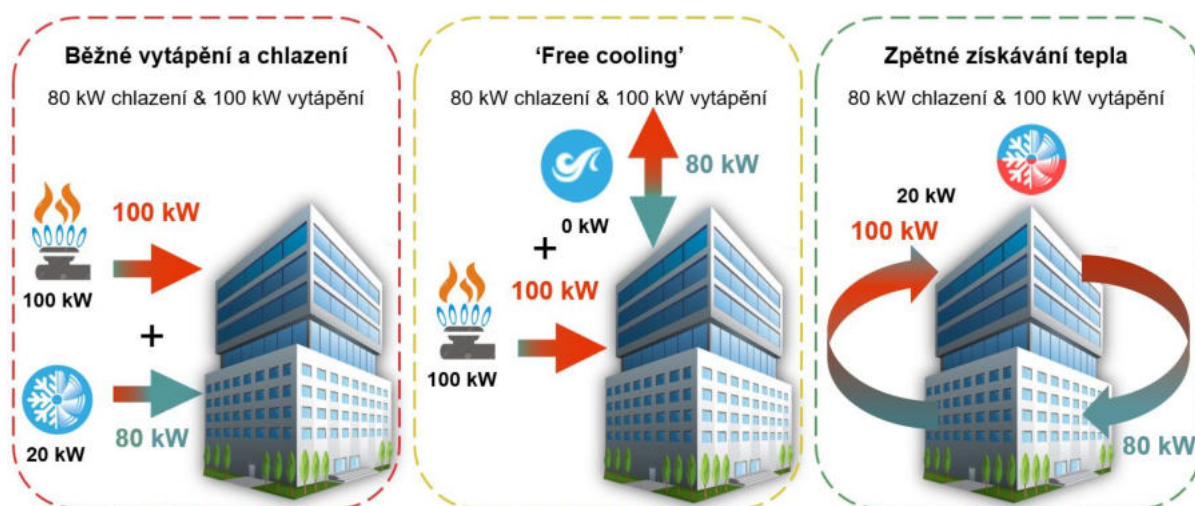
$$TER = \frac{P_{COOL} + P_{HEAT}}{P_{GAS}} = \frac{80 + 100}{100} = 1,8$$

TER pro zpětné získávání tepla

Pokud by se nám ale teoreticky podařilo veškeré odpadní teplo z procesu chlazení využít pro výrobu tepla, pak se celková účinnost TER zásadním způsobem zvýší:

$$TER = \frac{P_{COOL} + P_{HEAT}}{P_{EL}} = \frac{80 + 100}{20} = 9$$

Právě pro současný požadavek na chlazení a vytápění jsou speciálně vyvinuty čtyřtrubkové jednotky CMAF, které mohou současně chladit a topit.



Obr. 2 Systémy vytápění a chlazení

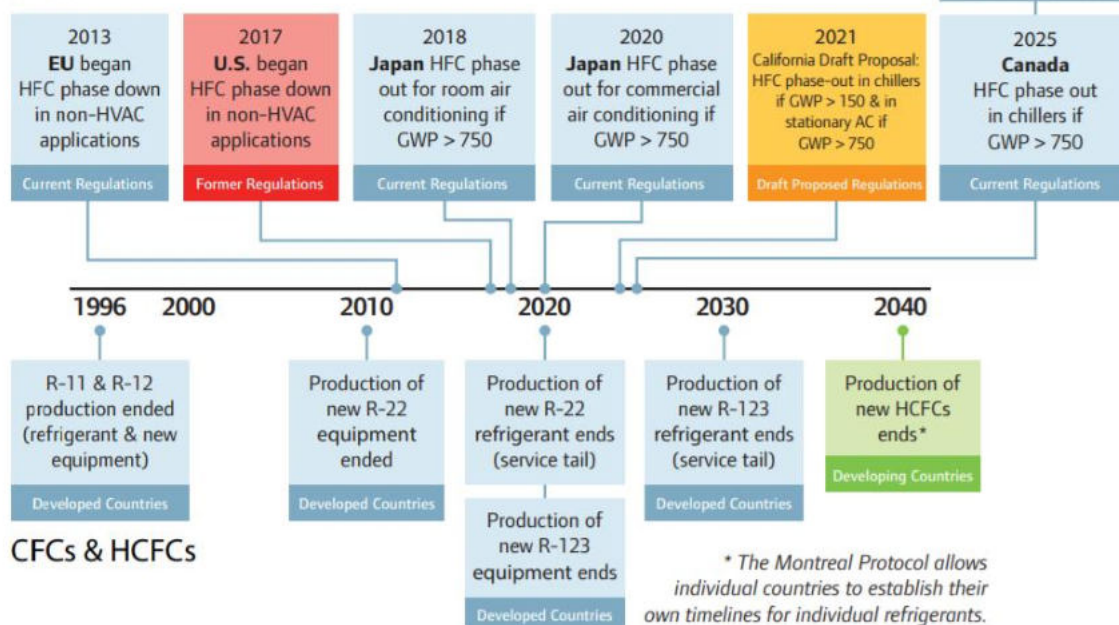
Z těchto zjednodušených teoretických výpočtů je patrné, že pro objekty s celoročním chlazením a vytápěním jsou čtyřtrubkové jednotky CMAF ideálním řešením. Typické aplikace pro využití těchto jednotek jsou datová centra, hotely a nemocnice, ale například také administrativní budovy, kde kromě provozních úspor mohou tyto jednotky také částečně, nebo úplně, eliminovat sekundární zdroj tepla (např. plynové kotle) a snížit tak počáteční investice. Pro současné chlazení a vytápění budovy mohou sloužit také vodou chlazené jednotky napojené na geotermální vrty. V tomto případě je možné současně přečerpávat energii v rámci budovy nebo přebytečnou energii ukládat do vrtných polí.

Chladiva nové generace

Vzhledem k neustálému vývoji nových chladiv nebude pravděpodobně nikdy po delší dobu existovat dokonalé chladivo. Přesto je ale důležité, využívat znalosti o aktuálních možnostech chladiv a s ním spojených kompresorových jednotek pro volbu optimálního řešení pro daný objekt s vazbou na měnící se zákony a předpisy. V reakci na výzvu omezit používání chladiv s vysokým GWP se Spojené státy, Kanada, Mexiko a dalších 197 členů Montrealského protokolu domluvily, že v roce 2019 zahájí postupné globální snižování množství chladiv s obsahem fluorovaných uhlovodíků (HFC). Nová chladiva s nízkým GWP jsou označovaná jako HFO (hydrofluoralkeny). Návrh na postupné omezování chladiv je vidět níže na Obr. 3.

Regulatory Timeline

HFCs



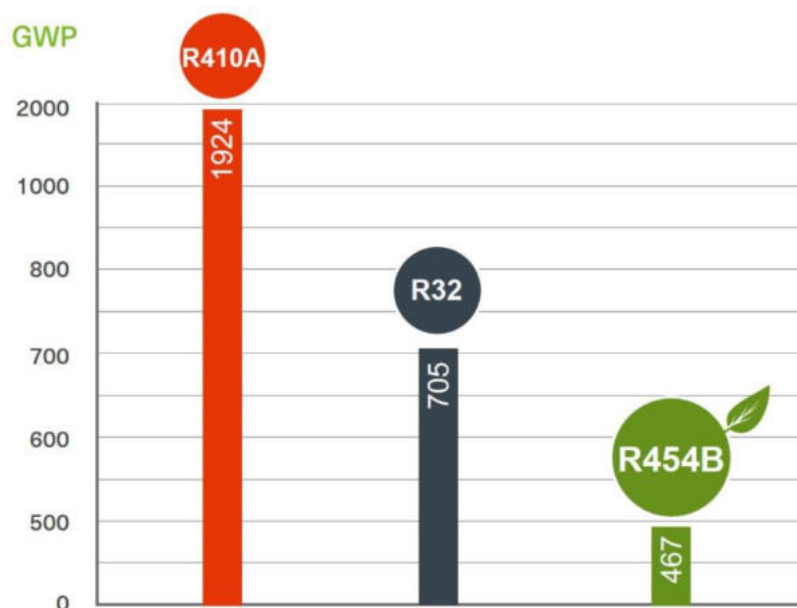
Obr. 3 Časová osa postupného omezování chladiv

Společnost Trane nabízí jednotky se šroubovými kompresory, turbokompresory a vysokorychlostními bezolejovými turbokompresory chladiva s téměř nulovým GWP, jako jsou R1234ze, R1233zd a R514A, nebo chladivo s nízkým GWP R513A viz obr. 4.

		Low Pressure			Medium Pressure			
		R-123	R-1233zd	R-514A	R-134a	R-513A	R-1234ze	R-1234yf
Flammability	ASHREA Class	1	1	1	1	1	2L	2L
Toxicity	ASHREA Class	Higher (B)	Lower (A)	Higher (B)	Lower (A)	Lower (A)	Lower (A)	Lower (A)
Efficiency (COP)		8.95	8.85	8.91	8.47	8.28	8.45	8.17
Capacity Change		baseline	35% gain	5% loss	baseline	similar	25% loss	5% loss
GWP		79	5	2	1300	573	7	4
Atmospheric Life		1.3 years	26 days	22 days	13.4 years	5.9 years	16 days	11 days

Obr. 4 Porovnání chladiv pro šroubové kompresory a turbokompresory

Pro technologii se scroll kompresory aktuálně nabízí TRANE chladivo R454B, které postupně nahrazuje chladivo R410a. Chladivo R454B vykazuje z chladiv nahrazujících R410 nejnižší hodnoty GWP – viz obr. 5 níže.



Obr. 5 Porovnání GWP u chladiv R410A, R32 a R454B

ZÁVĚR

V současné době celý svět upíná pozornost ke změnám klimatu, takže i majitelé budov hledají řešení, kde a jak nejvíce snížit uhlíkovou stopu. Z tohoto důvodu volí energeticky úsporné zařízení HVAC, kde je jedním z důležitých ukazatelů i typ chladiva. Výběrem vysoce účinných jednotek splňujících požadavky na chlazení, případně na současné vytápění, nebo volbou chladiv nové generace s nízkým GWP, umožňuje majitelům učinit významný pokrok k dosažení cílů udržitelnosti, minimální spotřebě energie a snížení emise skleníkových plynů.

LITERATURA

[1] Navigant Research, Global Building Stock Database, Commercial and Residential Floor Space by Country and Building Type: 2014-2024, pg. 1

SEZNAM OZNAČENÍ

TER	celková účinnost	[kW]
P_{COOL}	potřebný výkon na chlazení	[kW]
P_{HEAT}	potřebný výkon na vytápění	[kW]
P_{GAS}	výkon plynového kotle	[kW]
P_{EL}	elektrický příkon	[kW]

ROZŠÍŘENÍ ZKUŠEBNÍCH KAPACIT PRO CHLADICÍ A TEPELNOU TECHNIKU V SZÚ BRNO

Antonín Kolbábek¹, Mario Jankola¹, Milan Bašta¹

¹Strojírenský zkušební ústav, s. p. – pobočka Brno
kolbábek@szutest.cz, jankola@szutest.cz, basta@szutest.cz

ANOTACE

Príspevek popisuje pôvodní možnosti testování tepelných čerpadel typu vzduch/voda ve Strojírenském zkušebním ústavu, s.p. (dále jen SZÚ) a také nově zprovozněnou akreditovanou zkušební laboratoř, vybudovanou v brněnském areálu v letech 2019-2020. Zkušebna – určená primárně pro výrobky chladicí a tepelné techniky – významně rozšířila původní zkušební kapacity, čímž došlo k rozšíření portfolia testovaných výrobků a služeb.

ÚVOD

Aktuální a dlouhodobě trvalý odklon od neobnovitelných zdrojů tepla na fosilní paliva vede napříč Evropou stále k častějšímu prosazování moderních, energeticky efektivnějších a plně automatických zdrojů tepla, využívajících k tomu obnovitelných zdrojů energie – např. tepelných čerpadel (dále jen TČ). Tyto nové zdroje následně pomáhají snižovat emise skleníkových plynů a lokální úroveň znečištění ovzduší, což je významným tématem nejen v podmínkách České republiky [1]. Dá se proto předpokládat, že zvýšená poptávka po modernizaci zdrojů bude do budoucna dále stimulovat jejich technický vývoj i masivnější výrobu. TČ se tímto stanou důležitým prvkem pro plnění předem vytyčených cílů zkvalitnění stavu ovzduší a budou hrát také klíčovou roli při tzv. „dekarbonizaci“ energetického hospodářství v EU [2, 3]. Do budoucna lze také, nejen u tepelných čerpadel, očekávat vyšší tlak na nezávislé ověření deklarovaných provozních parametrů, které bude dáno jednak zpřísnující se evropskou legislativou, ale také samotnými koncovými uživateli zařízení, jež se při výběru produktu budou chtít stále více opírat o ověřené podklady. Toto se následně promítne i do nárůstu certifikačních zkoušek TČ a nutnosti zajištění zkušebních kapacit u tzv. „třetích stran“ – tedy subjektů, které nemají žádné vazby na výrobce nebo prodejce daného zařízení. SZÚ disponuje zkušebním zařízením pro testování TČ vzduch/voda, země/voda, voda/voda a přímý výpar/voda a je – mimo jiné – Akreditovanou zkušební laboratoří dle mezinárodních požadavků ČSN EN ISO/IEC 17025:2018 a Certifikačním orgánem certifikujícím produkty (výrobky) dle mezinárodních požadavků ČSN EN ISO/IEC 17065:2013. [4] Kromě uvedení výrobku na trh je nejrozšířenější certifikací TČ v Evropě schéma Heat Pump Keymark (zkráceně HP Keymark), které SZÚ od r. 2016 také nabízí.

TRH TEPELNÝCH ČERPADEL V ČR

Z průzkumů trhu a oficiálních statistik prodeje TČ v Evropě je – dle posledního vydání reportu Evropské asociace tepelných čerpadel (dále jen EHPA) – patrné, že v Evropě je aktuálně provozováno již přes 13 milionů tepelných čerpadel. Každoroční přírůstek nových instalací se přitom od r. 2016 stabilně pohybuje vždy nad 1 milionem kusů, s průměrným meziročním nárůstem cca 16,5 %. Podle zmíněného reportu se pak dnes celkový počet provozovaných instalací tepelných čerpadel v ČR pohybuje kolem 130 tisíc kusů, kdy absolutní přírůstek nových instalací již atakuje hranici 25 000 ks/rok (viz tab. 1). Jen za poslední tři roky je v tuzemsku např. průměrný roční nárůst instalací přibližně kolem 23 %. Zdvojnásobení prodeje se při dosavadním trendu dá předpokládat někdy v průběhu r. 2023. Srovnáme-li však objemy prodeje a nárůstů instalací TČ na zahraničních trzích (např.

ve Francii, Itálii, Španělsku atp.), tak v tuzemských podmínkách stále existují významné rezervy [3].

Prodejům dlouhodobě dominují TČ typu vzduch/voda, která v ČR mají za posledních 5 let zastoupení téměř 90 %. Tepelná čerpadla vzduch/vzduch se v běžné zástavbě prodávají primárně jako klimatizace (tj. k letnímu chlazení interiérového vzduchu) a jejich vytápěcí funkce je zde spíše doplňková. Druhým nejpoužívanějším typem je investičně náročnější varianta země/voda, přičemž zbývající typy se – kvůli nevhodným geologickým podmínkám v ČR do vytápěcích systémů budov prakticky téměř neinstalují. Využití venkovního vzduchu, jako primárního zdroje energie u daných zařízení, však dominuje napříč EU-21 [3].

Tab. 1 Vývoj prodeje tepelných čerpadel v České republice (ks/rok) – dle [3]

Typ TČ	ROK							
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Země/voda ^(H)	2 332	2 397	1 578	1 586	1 521	1 561	1 647	1 417
Odpadní vzduch	118	508	49	11	35	60	65	67
Ohřev teplé vody	0	0	0	182	189	237	203	220
Vzduch/voda ^(H)	4 212	4 623	6 177	7 193	10 827	13 718	16 977	21 563
Celkem	6 662	7 528	7 804	8 972	12 572	15 576	18 892	23 267

Pozn. (H) značí primární funkci vytápění

Z veřejně dostupných statistik (viz např. [3], [5], [6]) také začíná být čím dál více patrné, že se v ČR tepelná čerpadla stále více prosazují jako hlavní zdroj tepla pro vytápění budov. Oproti jiným zdrojům tepla je však můžeme využít také ke chlazení, ohřevu teplé vody a některé konstrukce navíc umožňují i nucené větrání se zpětným využitím energie z odpadního vzduchu. To vše při v dnešní době vyhledávaném plně komfortním a automatickém režimu.

LEGISLATIVA JEDNOTNÉHO TRHU EU

Od 08/2013 se navíc dostaly ohřívače pro vytápění a ohřívače vody – kam mimo jiné spadají i tepelná čerpadla – oficiálně do legislativy EU, jež v rámci evropské politiky životního prostředí preventivně reguluje některé požadavky na nově uváděné výrobky na jednotný evropský trh. V běžné praxi se již tato legislativa (tj. **Směrnice 2009/125/ES** a k ní navazující dokumenty) zažila pod pojmem „*ECO-design*“ výrobků. Od 26. září 2015 tak vstoupily v platnost základní požadavky dle:

- **NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 813/2013** – pro ohřívače pro vytápění vnitřních prostorů a kombinované ohřívače,
- **NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 814/2013** – pro ohřívače vody a zásobníky teplé vody.

Tato dvě nařízení jasně definují např. minimální limity pro celkovou energetickou účinnost výrobku, maximální limity na vyzařované emise hluku atp., které musejí být bezpodmínečně dodrženy u každého nově uváděného výrobku na jednotný trh EU.

V rámci evropské legislativy jsou taktéž stanoveny požadavky na uvádění spotřeby energie na energetických štítcích a poskytování doplňujících informací o výrobku (viz aktuálně platné **NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2017/1369**). Tento princip se v běžné praxi vžil zase pod pojmem „*ECO-labelling*“ výrobků. Opět od 26. září 2015 vstoupily v platnost základní požadavky dle:

- NAŘÍZENÍ KOMISE V PŘENESENÉ PRÁVOMOCI (EU) č. 811/2013 – pro ohřívače pro vytápění vnitřních prostorů a kombinované ohřívače atd.,
- NAŘÍZENÍ KOMISE V PŘENESENÉ PRÁVOMOCI (EU) č. 812/2013 – pro ohřívače vody, zásobníky teplé vody atd.

Požadavky na ECO-design a ECO-labelling jsou povinné pro všechny výrobce, dovozce a distributory, kteří chtějí dodávat a prodávat své výrobky na jednotném trhu EU. Ve výše uvedených dokumentech je také nastaven jasný postup ověřování pro účely dohledu nad trhem s povolenými odchylkami od deklarovaných hodnot výrobcem. Metodiky měření TČ pro ověření požadavků na ECO-design, některá dobrovolná testovací a certifikační schémata i další související legislativní požadavky jsou uvedeny např. v [7].

PŮVODNÍ MOŽNOSTI TESTOVÁNÍ TČ VZDUCH/VODA V SZÚ BRNO

Přestože jsou v ČR (oproti zahraničí) tepelná čerpadla na větším rozmachu teprve přibližně posledních 10 let [3], tak již v r. 2011 bylo vedením SZÚ učiněno strategické rozhodnutí o vybudování nové laboratoře pro zkoušky TČ a rozvoji zcela nového oboru pro tepelná čerpadla a chladicí zařízení. Na pobočce SZÚ Brno tak byla v r. 2012 uvedena do provozu plně automatizovaná klimatická komora (o vnitřních rozměrech: 6,0 × 4,0 × 2,3 m) s měřicí a regulační aparaturou „MAR 01“ (viz obr. 1 níže). Přidružený SW a technologie slouží k nastavení a regulování provozních parametrů TČ dle platných evropských či mezinárodních standardů. [7]



Obr. 1 Klimatická komora pro zkoušky tepelných čerpadel vzduch/voda (vlevo) // Měřicí a regulační smyčka MAR 01 (vpravo). [7]

Zkušebna je primárně určena pro zkoušky tepelných čerpadel vzduch/voda, přičemž zde lze testovat také výrobky provedení země/voda a voda/voda. V klimatické komoře je možné nasimulovat podmínky pro venkovní jednotky TČ v rozmezí teplot vzduchu -30 °C až 45 °C, při relativních vlhkostech 35 až 95 %. Maximální výkony jednotek jsou pak uvedeny v tab. 2. Pro vnitřní TČ nebo vnitřní jednotky TČ varianty „split“ je využívána menší separátní komora, simulující parametry vnitřního prostředí technické místnosti (tj. nejčastěji +20 °C). Veškeré testování zde probíhá v plně automatickém režimu pod dohledem zkušební technika.

Tab. 2 Výkonová a zkušební omezení původní zkušebny SZÚ Brno

Typ čerpadla	Režim topení / chlazení [kW]	Režim ohřevu vody (DHW) [Velikost cyklu]
Vzduch/voda	45 / 25	2XL
Země/voda	90 / 70	3XL
Voda/voda	110 / 70	3XL
Přímý výpar/voda	40 / 35	3XL

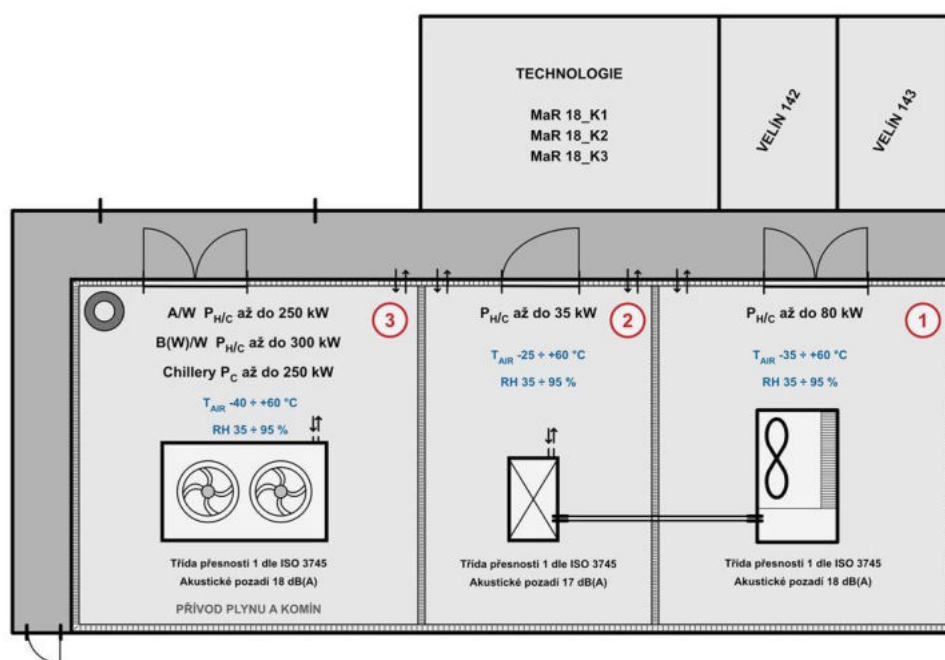
Doposud je tato brněnská zkušebna jedinou registrovanou laboratoří v zemi bývalého východního bloku, která byla od r. 2012 schválena evropskou asociací EHPA – registrované laboratoře mají prozatím pouze: Rakousko, Dánsko, Francie, Německo (5×), Nizozemsko, Španělsko, Švédsko, Švýcarsko a Spojené království.

NOVÁ ZKUŠEBNA PRO VÝROBKY CHLADICÍ A TEPELNÉ TECHNIKY

Z důvodu stále se zvyšujícímu počtu zejména zahraničních poptávek po testování a certifikaci nových výrobků, stávající zkušební kapacity již nebyly dostatečné a termíny pro zkoušky zařízení se tak neúměrně protahovaly. Vedením SZÚ tak bylo v r. 2019 učiněno další strategické rozhodnutí k rozšíření nejenom zkušebních kapacit pro testování TČ, ale také portfolia služeb a výrobků. Stavbou tří dalších klimatických komor zde vznikl žádaný zkušební prostor na vývoj a optimalizaci nových zařízení, který ve stávajících podmínkách nebyl možný.

Pro výstavbu nového výzkumného a vývojového pracoviště byly v areálu SZÚ Brno předem vyhrazeny prostory po již nevyužívané zkušebně pro velké olejové hořáky. Jelikož se jednalo o největší technologický projekt v moderních dějinách SZÚ (kořeny podniku totiž sahají až do r. 1898), s odpovídající finanční náročností, bylo interně rozhodnuto o využití podpory OP PIK, programu Potenciál – Výzva V. Podaný, a následně i úspěšně realizovaný, projekt **"ROZŠÍŘENÍ VAV KAPACIT VE STROJÍRENSKÉM ZKUŠEBNÍM ÚSTAVU, S. P."** tak bude mít navíc dlouhodobě významný pozitivní dopad na životní prostředí. [7]

Shodou okolností hlavní stavební práce projektu začaly v únoru 2020, téměř souběžně s vypuknutím globální pandemie virové choroby Covid-19. I přes tuto komplikaci však dodavatelé a montážní firmy zvládli splnit daný harmonogram a po cca 1,5 roku budování byl projekt koncem r. 2020 finalizován. Velká část realizace byla zajištěna zaměstnanci SZÚ, proto bylo možné lépe optimalizovat souslednost dílčích prací a urychlit tak proces navazujících montáží technologií atp.



Obr. 2 Půdorys nové zkušební laboratoře SZÚ Brno s klimatickými komorami č. 1, 2 a 3

Nová zkušebna (viz obr. 2 a 3) primárně slouží pro testování elektrických, plynových nebo hybridních tepelných čerpadel vzduch/voda, země/voda a voda/voda, chillerů a pro měření akustických parametrů různých elektrických a plynových zařízení. Do budoucna je zde v plánu také testování tepelných čerpadel a klimatizací typu vzduch/vzduch, kondenzačních jednotek anebo chladicího nábytku. V tab. 3 níže jsou pak uvedeny základní parametry a zkušební omezení pro jednotlivé klimatické komory, níže pak další doplňující informace k nim.

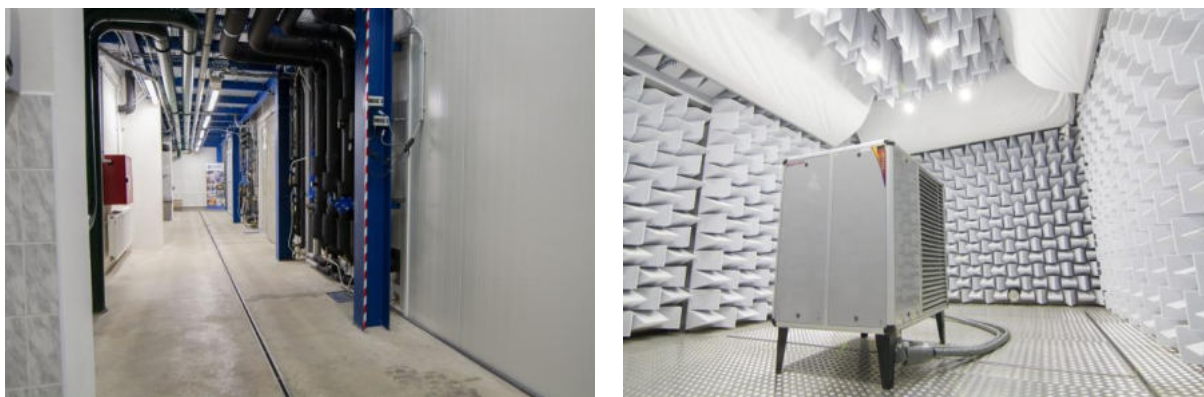
Tab. 3 Výkonová a zkušební omezení v nové zkušebně SZÚ Brno

Typ TČ vzduch/voda	Vnitřní rozměr komor (š × h × v) [m]	Rozmezí teplot vzduchu (při RH 35 až 95 %) [°C]	Maximální výkon jednotky	
			Režim topení / chlazení [kW]	Režim ohřevu vody (DHW) [Velikost cyklu]
Komora č. 1	5,60 × 4,50 × 4,25	-35 až +60	60 / 80	4XL
Komora č. 2	3,75 × 4,50 × 4,25	-25 až +60	35 / 40	4XL
Komora č. 3	6,95 × 4,50 × 3,60	-40 až +60	250 / 300	4XL

Komory č. 1 a č. 3 primárně slouží pro umístění venkovních částí jednotek a zkoušek venkovních kompaktních TČ typu vzduch/voda (tj. „monoblok“). Komora č. 2 pak slouží pro umístění vnitřních jednotek nebo vnitřních částí jednotek, je však také vybavena vlastní vzduchotechnikou, což zde umožňuje měřit i monoblokové jednotky. S původní zkušebnou zde pak zároveň můžeme zkoušet až 4 monoblokové jednotky, příp. 3 jednotky typu split.

V největší komoře č. 3 je navíc instalován přívod plynu, externí přívod spalovacího vzduchu a komín s odtahovým ventilátorem, takže je zde možné i testování výrobků spalujících plyná (příp. i kapalná) paliva. Dále je zde, díky instalovaným rozvodům solanky – kdy koncentraci směsi lze zvolit dle požadavků zákazníka – možné testovat TČ země/voda a také voda/voda do výkonů až 300 kW. Mimo tepelných čerpadel vzduch/voda zde budou probíhat i zkoušky

chillerů s výkonem až 250 kW. Do teploty vzduchu $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ jsme navíc v této komoře schopni provádět nepřetržité měření v extrémních teplotách v řádu dnů. Jednou z dalších zajímavostí je, že do komory můžeme vjet také osobním automobilem a provádět zde například klimatické zátěžové zkoušky nebo různé zkoušky funkčnosti.



Obr. 3 Pohled do nově vybudované zkušebny (vlevo) // Detail vnitřku komory č. 3 (vpravo)

Vybudovány jsou 3 separátní hydraulické okruhy. Všechny klimatické komory mají vysoké stropy s přívodem vzduchu z VZT jednotek přes látkové vyústky, čímž je zajištěna lepší homogenizace vzduchu a snížena rychlost proudění. Nové pracoviště je také vybaveno spolehlivou detekcí možného úniku hořlavých/výbušných látek uvnitř komor, s následným řízeným režimem havarijního odvětrání, proto je zde možné testovat také výrobky pracující s novými typy chladiv.

Vnitřní stěny a stropy komor jsou obloženy akusticky pohltivými klíny z nehořlavé pěny (viz obr. 3), které účinně pohlcují hluk emitovaný z výrobku a nedochází tak zde k nežádoucím zpětným odrazům – odrazivá je vždy pouze podlaha. Při projektování a celé realizaci díla byl dbán velký důraz na zajištění co nejlepších podmínek pro budoucí měření akustiky. Komory jsou proto způsobilé pro měření v nejvyšší třídě přesnosti 1, s dosaženým velmi nízkým akustickým pozadím (viz obr. 2). Tlumení nežádoucího hluku z technologií a okolí je zajištěno např. odpružením samotných komor, instalací tlumičů ve VZT, řešením jednotlivých prostupů atp. Považujeme za velkou konkurenční výhodu měření akustiky ihned po měření výkonových parametrů, tedy bez nutnosti další instalace výrobku do jiných prostor. Aktuálně tak v SZÚ je možno měřit i velmi tiché výrobky s akustickým výkonem L_{wa} nad cca 30 dB(A) – a to navíc v širším akustickém spektru. Aktuálně bude možné měření hluku provádět až do teploty vzduchu $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nová akustická aparatura s příslušenstvím [7] dále zajišťuje větší komfort při měření a rovněž umožňuje zaznamenávat detailnější průběhy akustických veličin.

ZÁVĚR

Mají-li výrobky chladicí a tepelné techniky mít do budoucna dlouhodobý pozitivní vliv na životní prostředí, musejí být již od počátku navrženy, konstruovány a optimalizovány tak, aby pak i jejich reálný provoz byl efektivní a bezporuchový. Podstatné technické parametry a bezpečnostní funkce těchto zařízení by, z pohledu zákazníka, měly ověřovat nezávislé akreditované zkušební laboratoře. Ty pak na základě výsledků zkoušek – provedených dle platných normativních a legislativních požadavků – zaručí konečným uživatelům objektivní technická data.

Mimo oficiálních certifikačních zkoušek na finálním sériovém produktu může nyní v SZÚ na stejném pracovišti vedle sebe probíhat i potřebná vývojová optimalizace navrženého prototypu. Vyvíjené výrobky pak budou v praxi svým efektivnějším provozem emitovat méně skleníkových plynů. Díky optimalizaci toku jednotlivých médií a energií v nové laboratoři (např. využitím rekuperace tepla a systému volného chlazení, vytápěním budovy přebytky tepla atp.) budou navíc

probíhající zkoušky méně energeticky náročné. Ve finále tak bude mít tento realizovaný projekt dlouhodobě významný pozitivní dopad na životní prostředí.

Narůstající poptávky po zkouškách ze strany výrobců a dovozců ukazují velmi dobré jméno SZÚ, jako nezávislé stabilní instituce pro zkoušení a certifikaci výrobků nejenom v oblasti tepelné a chladicí techniky. Vybudováním nového výzkumného a vývojového pracoviště si SZÚ upevnilo svou pozici nositele oboru v ČR a udržuje si pozici srovnatelnou s evropskou i světovou špičkou.

LITERATURA

- [1] MŽP: Státní politika životního prostředí ČR 2012–2020, Ve znění aktualizace roku 2016, Praha: 2016
- [2] NOWAK T.: How big a role for heat pumps in decarbonising Europe's heat? Energy World, November 2018 – p. 24-26.
- [3] EHPA – European Heat Pump Market and Statistics, Report 2020 – Brusel: 2020
- [4] SZÚ, s. p. – O nás – Akreditace. Dostupné z: <<https://www.szutest.cz/akreditace>>
- [5] MPO, Oddělení analýz a datové podpory koncepcí: Tepelná čerpadla (energie prostředí), Výsledky statistických šetření. Praha: 2018
- [6] MPO, Oddělení analýz a datové podpory koncepcí: Obnovitelné zdroje energie v roce 2017, Výsledky statistického zjišťování. Praha: 2018
- [7] KOLBÁBEK A., JANKOLA M., BAŠTA M.: Ověřování parametrů tepelných čerpadel – Rozšíření zkušebních kapacit SZÚ Brno, Chlazení 1/2021, s. 28-32, ISSN 2336-3991

*Tento příspěvek vznikl v rámci řešení projektu OP PIK „**ROZŠÍŘENÍ VAV KAPACIT VE STROJÍRENSKÉM ZKUŠEBNÍM ÚSTAVU, S. P.**“ (reg. č. projektu: CZ.01.1.02/0.0/0.0/17_165/0016027).*

KOMPLETNÍ SYSTÉM VĚTRÁNÍ, VYTÁPĚNÍ, CHLAZENÍ, VČETNĚ DEZINFEKCE VZDUCHU

Tomáš Kott

ATREA s.r.o.

tomas.kott@atrea.cz

DÝCHEJTE ČERSTVÝ VZDUCH BEZ VIRŮ A BAKTERIÍ

V posledním roce se nejen na českém trhu začaly nabízet různé systémy likvidace virů a bakterií pro vnitřní prostory budov. Mezi ty nejrozšířenější patří různé typy čističek vzduchu s HEPA filtry, ionizací nebo UV-C dezinfekcí. Tyto systémy ale pracují bez výměny vzduchu, nuceného přívodu čerstvého venkovního vzduchu a bez zajištění účinného proudění vzduchu v celém prostoru místnosti.

Udržení optimální vlhkosti vzduchu a zdravotně nezávadné úrovně koncentrace CO₂ potom závisí výhradně na lidském faktoru a nutnosti pravidelného otevírání oken.

KOMPLETNÍ SYSTÉM VĚTRÁNÍ VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ, VČETNĚ DEZINFEKCE VZDUCHU

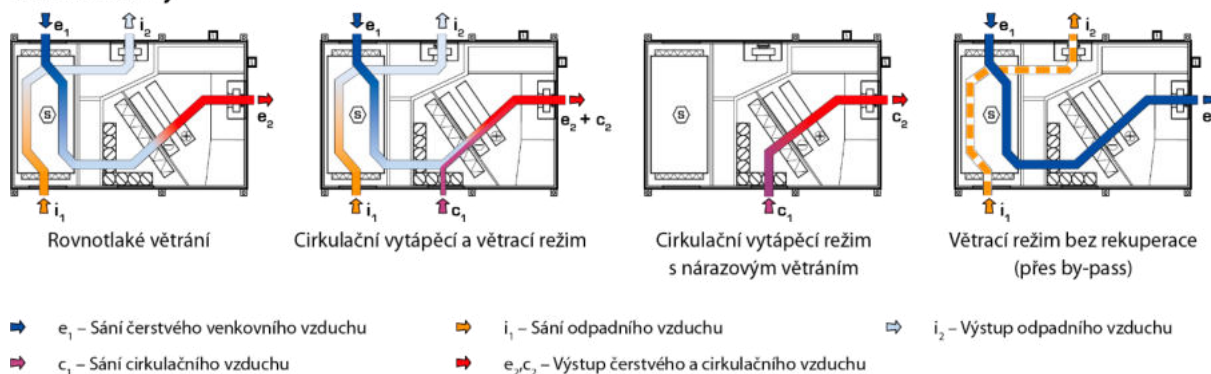
Základem tohoto systému jsou větrací jednotky **DUPLEX RS5** s unikátním řešením cirkulace a chlazení pomocí centrálních vzduchotechnických rozvodů, umožňují plnohodnotné větrání a současně s tím i vnitřní cirkulaci vzduchu. Jednotky jsou vyráběny v několika výkonových verzích v rozsahu 1 500 / 700 až 5 500 / 2 000 m³/h cirkulačního / větracího výkonu a jsou určeny pro větrání všech typů občanských a bytových staveb, stejně jako pro komerční a průmyslové objekty, kde je kladen důraz nejen na větrání, ale také na vytápění a chlazení.

Všechny velikosti jsou vyráběny ve dvou základní velikostech skříní, které se následně osazují výkonově odstupňovaným příslušenstvím – ventilátory a vestavné výměníky tepla nebo chladu. V případě potřeby chlazení nebo dohřevu přiváděného vzduchu je možné jednotku kombinovat se všemi typy vestavných výměníků – elektrické nebo vodní ohřívače, vodní nebo přímé chladiče a rovněž potrubní ohřívače a chladiče. Tyto výměníky se osazují do potrubí za jednotku. V rámci předehřevu vzduchu je možné využít elektrického potrubního předehřívače řady EPO nebo i kapalinové potrubní předehřívače.



Obr. 2 Kompaktní větrací jednotka DUPLEX RS5

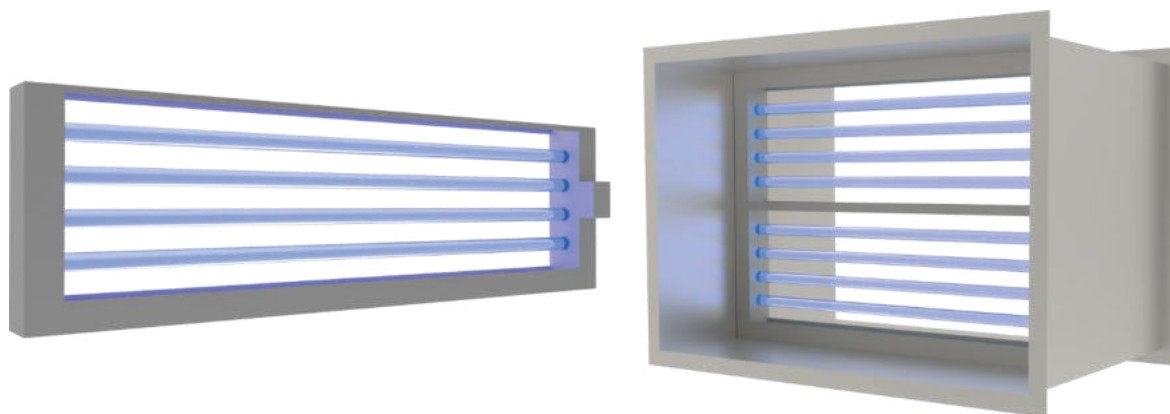
Provozní režimy



Obr. 3 Provozní režimy

Mezi objekty s nejvyšší koncentrací osob můžeme jednoznačně zařadit obchodní centra a jednotlivé obchodní jednotky. Pro dezinfekci vzduchu, který je přiváděn do obchodní jednotky, je do potrubí instalován dezinfekční **UV-C box ATREA**.

Toto zařízení zajistí **likvidaci bakterií a virů s účinností až 99,9 %**. Vzduch přiváděný do pobytové oblasti osob je tedy hygienicky nezávadný a snižuje se tak riziko nákazy v časech epidemií přenášených vzduchem.



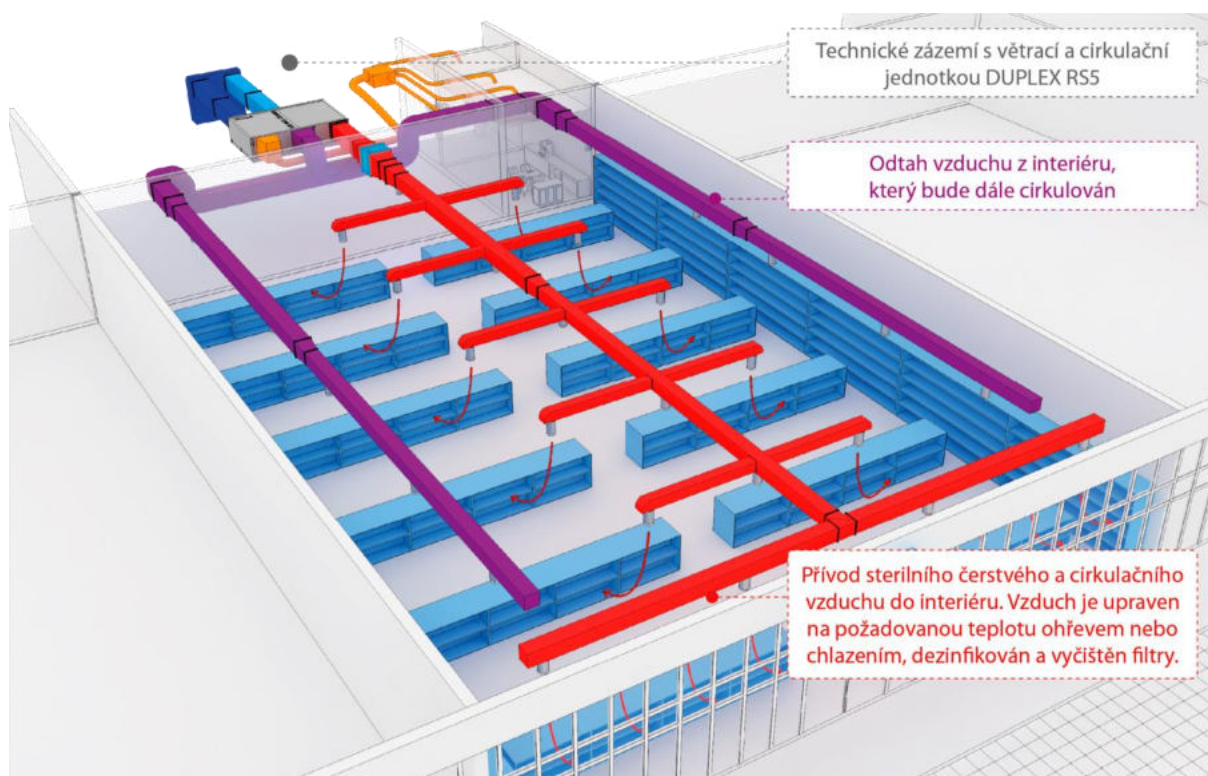
Obr. 4 UV-C box

POPIS VZDUCHOTECHNICKÉHO SYSTÉMU

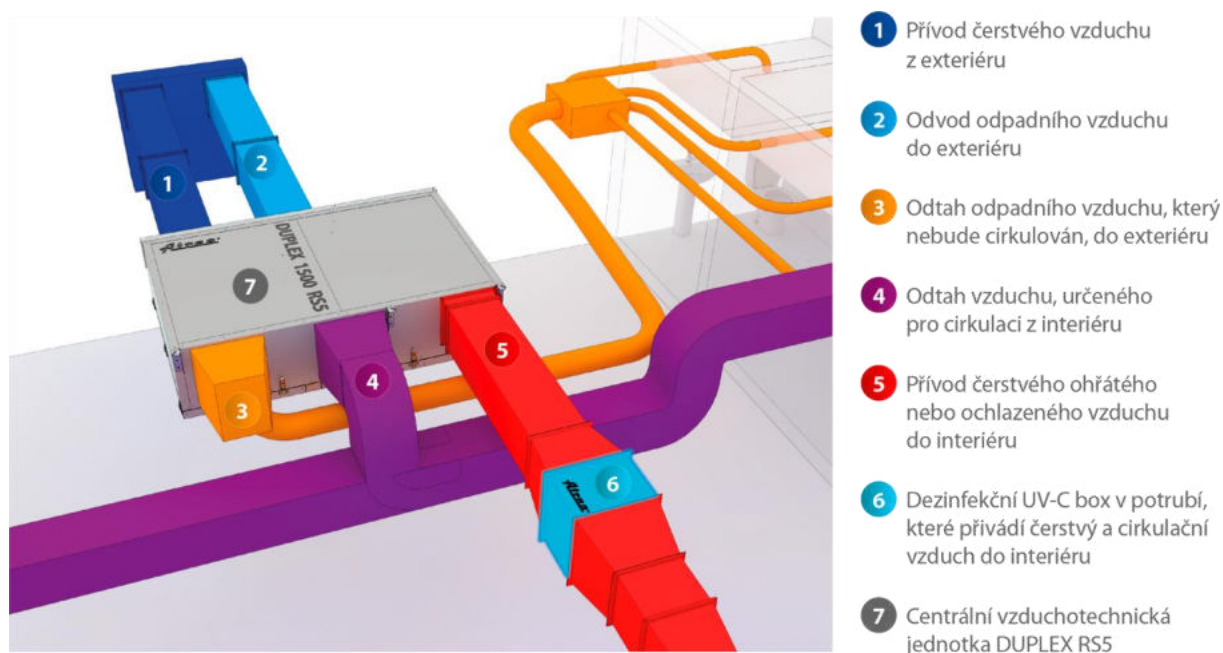
Cirkulační vzduch se odvádí z celého prostoru, kde je koncentrace škodlivin minimální.

Čerstvý vzduch smíchaný s cirkulačním je tepelně upravený, zbavený bakterií a virů a přivádí se zejména do vstupní části provozovny, směrem na prosklenou plochu.

Odpadní vzduch, který se nevyužívá k cirkulaci, je nasáván ze zadní části prodejny, která slouží většinou jako sklad, WC a zázemí pro personál. Jedním systémem tak zajistíte větrání, dezinfekci, vytápění i chlazení.



Obr. 5 Vzorové řešení vzduchotechnického systému s UV-C dezinfekcí



Obr. 6 Napojení jednotky DUPLEX RS5 a umístění UV-C boxu

PRINCIP FUNKCE UV-C DEZINFEKCE

Speciální trubice umístěné v izolovaném boxu produkují UV záření se specifickou vlnovou délkou záření 253,7 nm, které deaktivuje patogeny přítomné v protékajícím vzduchu (bakterie E. coli, SARS, Legionella, koronaviry a další), a přitom **nevytváří ozón**, který je u většiny konkurenčních zařízení velmi negativním jevem. Vzduch proudící definovanou rychlostí kolem těchto trubic se sterilizuje.

Na rozdíl od chemických a biologických dezinfekčních přípravků, tento fyzikální způsob likvidace živých mikrobů **neumožňuje vyvinutí odolnosti (rezistence) mikroorganismů a je proto dlouhodobě účinný.**

Celý reakční proces probíhá pouze v **uzavřeném potrubním boxu bez vzniku odpadních látek**, a proto je pro člověka v budově **zdravotně zcela nezávadný.**

ŘÍZENÍ DEZINFEKČNÍHO UV-C BOX ATREA POMOCÍ DIGITÁLNÍ REGULACE RD5

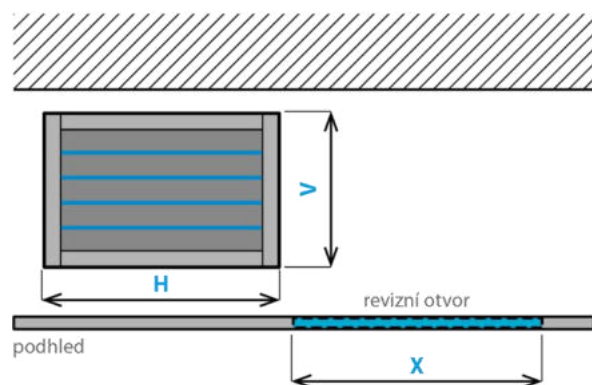
- Blokace na provoz VZT systému
- Provozní stavy viditelné na webu (vzdálená správa)
- Počítadlo provozních hodin a signalizace výměny lamp
- Bezpečnostní rozpínací kontakt ve dveřích UV-C boxu

TECHNICKÉ PARAMETRY

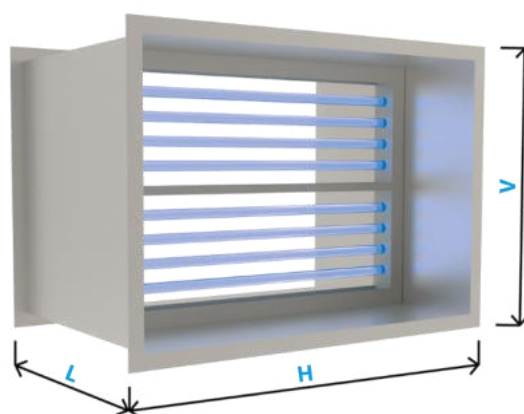
Tab. 1 Technické parametry revizního otvoru a dezinfekčního boxu.

Typ	$V_{\max}$ [m ³ /h]	Příkon [W]	Napojení [mm]	Revizní otvor viz schéma [mm]			Rozměry [mm]		Využití
				H	V	L	X	Y	
UV-C box ATREA 1000 / 200	1000	200	610×400	610	400	400	600	700	VZT systémy pro občanské a průmyslové stavby.
UV-C box ATREA 2000 / 400	2000	400	610×400	610	400	620	600	900	
UV-C box ATREA 4000 / 800	4000	800	820×400	820	400	620	600	900	

Rozměry revizního otvoru



Rozměry dezinfekčního boxu



Obr. 7 Rozměrové schéma k tabulce číslo 1

VLASTNOSTI ZAŘÍZENÍ

- UV-C dezinfekce likviduje bakterie, viry, kvasinky a spory plísni s účinností až 99,9 %
- Díky specifické vlnové délce zařízení nevytváří nežádoucí ozón
- Instalace do potrubí přívodního a cirkulačního vzduchu
- Dezinfekční box nezvyšuje tlakovou ztrátu systému
- Lze jej vypínat v obdobích, kdy není akutní nebezpečí přenosu nákazy vzduchem, a tím snižovat spotřebu energie
- Jednoduchá instalace do VZT potrubí
- Životnost lamp je minimálně 10 000 provozních hodin
- Ovládání, monitoring a havarijní řízení systému pomocí regulace RD5
- Oproti chemickým a biologickým dezinfekčním přípravkům neumožňuje patogenům vyvinutí rezistence a nezanechává žádné toxické nebo karcinogenní vedlejší produkty

OBLASTI VYUŽITÍ

Systém UV-C ATREA je určen především do komerčních prostor (např. obchodní centra, kancelářské budovy, hotely, ordinace a nemocnice) s cirkulací vzduchu. V rodinných domech je cirkulační vzduch jen minoritní cestou k přenosu nákazy mezi lidmi sdílejícími společnou domácnost. Ale i zde je samozřejmě možné UV-C box ATREA použít.

UV-C box ATREA je možné instalovat jako doplněk ke všem vzduchotechnickým jednotkám DUPLEX firmy ATREA, které jsou vybaveny funkcí cirkulace vzduchu.

Ve vyvětraném prostoru se výrazně snižuje koncentrace všech škodlivin, tedy i virů a bakterií.

Kde jsou lidé, tam se musí větrat.

HLUK VENTILÁTORU V TEPELNÉM ČERPADLE VZDUCH – VODA

Miroslav Kučera, Jan Králíček, Erika Langerová

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí

miroslav.kucera@fs.cvut.cz, jan.kralicek@fs.cvut.cz, erika.langerova@fs.cvut.cz

ANOTACE

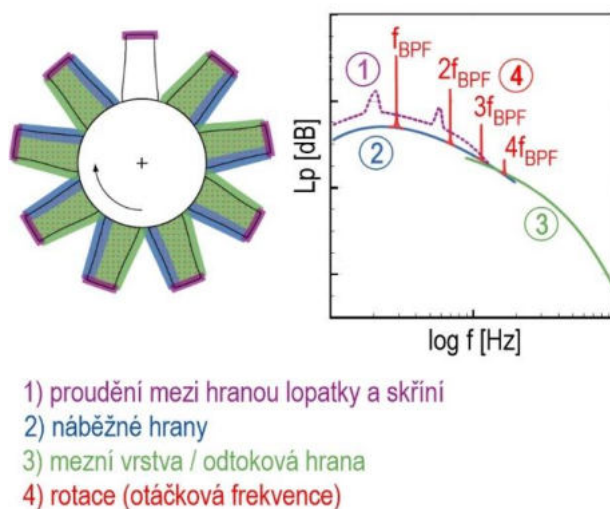
Téma se zaměřuje na významný zdroj hluku v tepelném čerpadle, a to axiální ventilátor. Je proveden rozbor příčin generování hluku a možnosti jeho snižování. Dále jsou uvedeny možné způsoby výpočtu hladin akustického výkonu axiálních ventilátorů prezentované v odborné literatuře.

ÚVOD

Tepelná čerpadla jsou technologií s širokou možností využití. Kromě tradičních systémů vytápění a přípravy teplé vody se často diskutuje například jejich přínos v kombinaci s fotovoltaikou a začleněním do Smart Grids (inteligentní síť mezi zdrojem a odběratelem reagující na skutečnou potřebu energie v reálném čase). Sektor tepelných čerpadel má v EU systematickou podporu cílenou na trvalý nárůst počtu provedených instalací. Jako jedna z překážek pro plošné rozšíření instalací tepelných čerpadel v domácnostech jsou uváděny obavy koncových zákazníků z nadměrné hlučnosti [7]. Vývoj a projekty v zahraničí nasvědčují tomu, že se do budoucna pravděpodobně bude o hlučnosti tepelných čerpadel diskutovat více. Tento trend vnímáme i na území ČR.

ROZBOR HLUKU VENTILÁTORU

Ve výsledném spektru hluku ventilátoru lze rozlišit širokopásmový i sirénový hluk. Širokopásmový hluk je vyzařován na velkém rozsahu frekvencí, přičemž žádná z frekvencí není z hlediska vyzářeného hluku dominantní. Vznik širokopásmového hluku je spojen s turbulentním prouděním vzduchu přes ventilátor a s obtékáním lopatek. Spektrum sirénového hluku je diskrétní, tzn. je charakterizováno výskytem tónových složek, způsobených výraznými vírovými strukturami nebo změnami turbulentního pole. Přítomnost tónových složek ve spektru souvisí s frekvencí otáčení oběžného kola a lopatek ventilátoru [9].



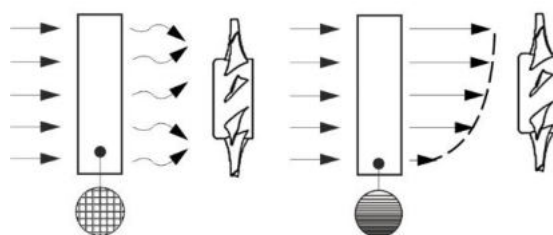
Obr. 1 Dílčí složky spektra hladin akustického výkonu [9]

Dílčí složky výsledného tvaru spektra jsou schematicky znázorněny na obr. 1. Červenou barvou je vyznačena první harmonická a její násobky, tzn. tónové složky vznikající díky rotaci lopatek oběžného kola ventilátoru. Zbylými barvami jsou vyznačeny části ventilátoru, které díky obtékání vzduchem generují převážně širokopásmový hluk, resp. jejich tónový charakter je maskován souhrou dalších zdrojů působících v celkovém spektru zvuku ventilátoru. Mezi ty, jež způsobují výraznější tónové složky, spadá náběžná hrana jako vliv odporové fluktuující síly, tzv. monopól, a odtoková hrana jako vliv příčných setrvačných sil působících kolmo na plochu lopatky, tzv. dipól, tj. vliv intenzivních vírových struktur.

Širokopásmový hluk

Jak bylo uvedeno výše, vznik širokopásmového hluku je spojen s aerodynamikou proudění vzduchu oběžným kolem ventilátoru. Příčinou vzniku hluku je v podstatě narušení rychlostního a tlakového pole proudu vzduchu, které může nastat díky:

- Překážkám na sání ventilátoru
- Překážkám na výtlaku ventilátoru
- Fluktuacím tlaku v mezní vrstvě obtékané lopatky
- Obtékání náběžné hrany lopatky
- Odtržení mezní vrstvy od obtékané lopatky a odtrhávání vírů za lopatkou (může vykazovat tónový charakter)



Obr. 2 Schematické znázornění vlivu tvaru mřížky (výparníku) před ventilátorem na deformaci proudu [8]

Narušení proudu na sání vzniká u tepelných čerpadel díky proudění vzduchu přes výparník. Narušení má za důsledek zvýšenou intenzitu turbulence proudění a vytvoření nehomogenního rychlostního profilu. Díky narušení proudu již před vstupem do ventilátoru jsou výsledné dosahované hladiny akustického výkonu ventilátoru vyšší, než jaké by mohly být v případě nenarušeného proudu. Na narušení proudu má dle [9] vliv i tvar mřížky (lamel) výparníku (obr. 2). V experimentech [18] při zkoumání aerodynamického hluku od stacionárních lopatek bylo prokázáno, že složení náběžného proudu vzduchu na předmět, zejména vliv smykové oblasti kolem jádra proudu, má významný vliv na generování výsledného spektra pro nízké hodnoty $Re < 10^4$. Spektrum fluktuací rychlosti rozvíření náběžného proudu je úzce spjato s generovaným aerodynamickým zvukem, zejména pro hodnotu tónové složky. Spektrální složení zůstává, pouze dochází ke zvýšení hodnoty hladiny akustického tlaku na dané specifické frekvenci vlivem rozvíření náběžného proudu.

Tab. 1 Mechanismy vzniku hluku v axiálních ventilátorech, [9]

Oblast a mechanismus vzniku hluku	Tónová složka	Širokopásmový
Hluk v mezní vrstvě (fluktuace tlaku)		■
Hluk při odtržení mezní vrstvy	■	■
Hluk při odtržení vírů (laminární mezní vrstva)	■	
Hluk při odtržení vírů (turbulentní mezní vrstva)	■	■
Hluk z obtékání náběžné hrany		■

Podle [6] a [9] může hluk vznikat přímo v mezní vrstvě a při odtrhávání vírů za lopatkou. Hluk vznikající přímo v turbulentní mezní vrstvě je způsoben fluktuacemi tlaku a je širokopásmový. Charakter hluku při odtrhávání vírů je závislý na stavu mezní vrstvy (laminární / turbulentní) obtékané lopatky a na tvaru lopatky. Pokud je mezní vrstva laminární, odtrhávající se víry generují tónové složky. Pokud je mezní vrstva turbulentní a lopatka má tupou hranu, generuje se širokopásmový hluk a pokud má lopatka ostrou hranu, generují se tónové složky.

Sirénový hluk a tónové složky

Tónové složky jsou generovány díky proudění vzduchu přes rotující lopatky oběžného kola ventilátoru. Při grafickém vyjádření se ve spektru projeví jako špičky hladin akustického výkonu. Nejvyšší hodnotu akustického výkonu vykáže první špička ve spektru, tzn. špička vyskytující se na první harmonické frekvenci. Akustický výkon dosahovaný na vyšších harmonických bude postupně klesat.

Harmonickou a vyšší harmonické frekvence, na kterých se špička vyskytne, lze určit pomocí výpočtu. Frekvence výskytu tónové složky jsou závislé na počtu lopatek oběžného kola n a otáčkách ventilátoru f_v [ot/min], odtud jejich název lopatkové frekvence a označení f_{BPF} . Značení f_{BPF} je přejaté z angličtiny, po rozepsání: blade passing frequency.

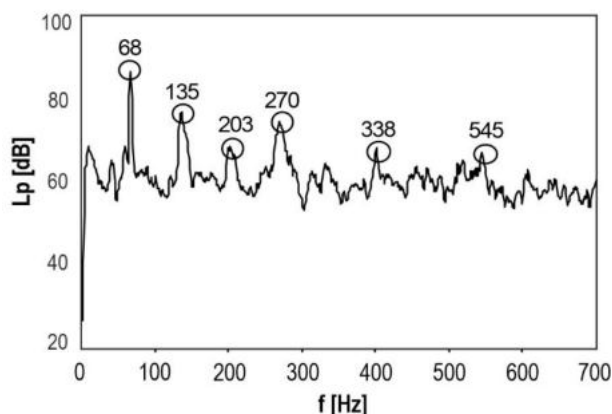
$$f_{BPF} = \frac{n \cdot f_v}{60} \quad (1)$$

Vzorec se dá využít pro odhad frekvence, na které se s největší pravděpodobností tónová složka vyskytne. Například v [14] proměřovali axiální ventilátor o průměru 800 mm se třemi lopatkami při otáčkách 1500 ot/min. V tabulce níže je teoretický výpočet frekvencí výskytu tónových složek podle vzorce (1) porovnaný s frekvencemi, na kterých se tónová složka skutečně vyskytla při měření. Kromě hluku generovaného prouděním vzduchu přes lopatky oběžného kola se do spektra promítá také hluk elektromotoru a chvění přenášené do pláště ventilátoru. Dle [14] je právě chvění další příčinou výskytu hluku v širokopásmovém spektru.

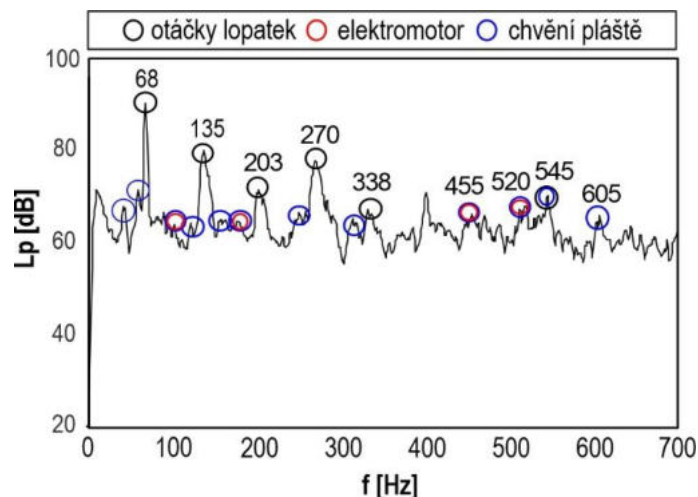
Tab. 2 Porovnání výpočtu lopatkové frekvence podle (1) a výsledků z měření pro ventilátor f_v

f_{BPF}		x2		x3		x4	
výpočet	měření	výpočet	měření	výpočet	měření	výpočet	měření
75 Hz	68 Hz	150 Hz	135 Hz	225 Hz	203 Hz	300 Hz	270 Hz

= 1500 ot/min



Obr. 3 Výskyt tónové složky ve spektru hluku axiálního ventilátoru, pro $f_v = 1500$ ot/min [14]



Obr. 4 Vliv lopatkové frekvence, elektromotoru a chvění pláště na generování hluku axiálního ventilátoru, měření na obr. 3 [14]

Celková hladina akustického výkonu ventilátoru

Hladiny akustického výkonu ventilátoru ve spektru i celkové hladiny se v nejlepším případě získají měřením na konkrétním ventilátoru. Křivky závislosti akustického výkonu ventilátoru na různých provozních stavech by měl poskytnout výrobce. Někdy může být potřeba určit hladinu akustického výkonu, alespoň přibližně, ještě před provedením podrobnějších výpočtů. K takovému odhadu slouží obecné teoretické vzorce. Problémem při hledání obecně platného vzorce je určení veličin, které hladinu akustického výkonu ovlivní zásadně a nelze je zanedbat. Vztahy různých autorů zabývajících se problematikou hluku ventilátorů se zpravidla liší právě tím, které vlivy do výpočtu hladiny akustického výkonu zahrnují a které zanedbávají.

Odvození vzorce pro hladinu akustického výkonu v decibelech vychází ze vzorce pro akustický výkon ve wattech. Vztahy pro určení akustického výkonu jsou založeny na skutečnosti, že se ventilátor chová jako aerodynamický zářič. Vyzařování reálných aerodynamických zářičů se pro matematické výpočty zjednodušuje na vyzařování hypotetického zdroje hluku, přičemž pro hodnocení hluku ventilátorů se ve většině případů užívá zdroj prvního řádu tzv. dipól [13]. Při detailnějším rozboru je však problematika mnohem komplikovanější, viz kapitola Rozbor hluku ventilátoru. Aby bylo vůbec možné popsat aerodynamický hluk, kterým hluk od ventilátorů bezesporu je, je třeba detailněji nahlédnout do dění při obtékání lopatek. Hluk generovaný axiálním ventilátorem lze rozdělit na vliv několika teoretických zářičů (monopól, dipól a kvadrupól) [17]. Vytlačení tekutiny přítomností lopatky vyvolá fluktuující odporovou sílu, kterou lze přiřadit zmíněnému monopólu. Fluktuující příčné setrvačné síly způsobené odtrháváním vírů za lopatkou lze přiřadit dipólu (příčně vztaženo k délce průřezu lopatky). Vliv turbulentního proudu způsobeným souhrou fluktuujících odporových a příčných setrvačných sil (monopól a dipól) je vliv nejkomplikovanějšího objemového zdroje kvadrupól. Problematika aerodynamického hluku je velice náročná. V případě aplikací simulačních nástrojů (např. ANSYS Fluent) je naprosto nezbytné porozumět hlubším teoretickým rozborům, které publikovali např. M. I. Lighthill, N. Curle nebo Ffowcs Williams-Hawkins upravující Kirchhoffovu formuli pro použití na aerodynamické zdroje hluku.

Pro všechny hypotetické zdroje platí, že jejich akustický výkon roste s mocninou rychlosti proudění. Pro dipól byla odvozena závislost akustického výkonu přibližně na šesté mocnině rychlosti. Na předpokladu dipólového vyzařování byly odvozeny např. vztahy pro výpočet

akustického výkonu ventilátoru uvedené v tab. 3. Nejde o konečný výčet výpočtových vztahů, čtenář nalezne v literatuře řadu dalších.

Tab. 3 Akustický výkon podle [7], [13]

Akustický výkon dipólu	Akustický výkon ventilátoru	
Dle Lighthillovy teorie (1951)	Dle Goldstein (1976)	Dle Regenscheit (1962)
$W = \rho \cdot u^3 \cdot L^2 \cdot \left(\frac{u}{c}\right)^m$	$W = \rho \cdot u^3 \cdot D^2 \cdot \left(\frac{u}{c}\right)^m$	$W = \dot{V} \cdot \Delta p \cdot \left(\frac{1}{\eta_r} - 1\right) \cdot \left(\frac{u}{c}\right)^m$
$W = \rho \cdot u^3 \cdot L^2 \cdot Ma^m$	$W = \rho \cdot u^3 \cdot D^2 \cdot Ma^m$	$W = \dot{V} \cdot \Delta p \cdot \left(\frac{1}{\eta_r} - 1\right) \cdot Ma^m$
kde $m = 3$	kde m neuvedeno	kde $m = 2,5$ pro axiální ventilátory

Machovo číslo Ma uvedené ve vztazích v tab. 3 je definováno poměrem obvodové rychlosti oběžného kola u a rychlosti šíření zvuku c .

Vztahy pro výpočet hladin akustického výkonu ventilátoru lze vyjádřit jako logaritmickou formu vztahů uvedených výše. Ve vztazích se navíc objevuje hodnota L_{sp} specifická hladina akustického výkonu ventilátoru. Jedná se o konstantu, která je jedinečná pro konkrétní ventilátor – závisí na typu ventilátoru a poloze pracovního bodu na charakteristice ventilátoru. Hodnoty specifické hladiny L_{sp} pro axiální ventilátory uvádí např. [2], tyto hodnoty jsou dále uvedeny v tab. 4. Naproti tomu lit. [13] hovoří pouze o jednočíselném údaji. Specifická hladina odpovídá hladině akustického tlaku, kterou by měl ventilátor, kdyby dodával $1 \text{ m}^3/\text{s}$ vzduchu dopravním tlakem 1 Pa [7].

Při úpravě tvaru rovnic se vychází ze skutečnosti, že pro ventilátory platí:

$$\Delta p \propto u^2 \quad \dot{V} \propto D^2 \cdot u$$

Takto získáme vztahy pro výpočet hladin akustického výkonu ventilátoru dle [6]

$$L_w = L_{sp} + 10 \cdot \log \dot{V} + 20 \cdot \log \Delta p \quad (2)$$

$$L_w = L_{sp} + 10 \cdot \log \dot{V} + 20 \cdot \log \Delta p + 10 \cdot \log \left(\left(\frac{1}{\eta_t} - 1 \right) \cdot Ma^m \right) \quad (3)$$

Provedeme-li rozbor vztahů (2) a (3) vycházející z [6], je patrné, že na vyzařovanou hladinu akustického výkonu má významnější vliv dopravní tlak než dopravované množství, což je dáno konstantou před logaritmem. Nicméně dopravní tlak je spjat s otáčkami zařízení, resp. s rozměrem oběžného kola. Při větším dopravním tlaku je potřeba dosáhnout vyšší rychlosti proudění kolem lopatky, tedy vyšších otáček, čímž vzniká vyšší aerodynamický hluk. Aerodynamický hluk je jednoznačně spjat s rychlostí proudění, zatímco objem vzduchu spíše souvisí s velikostí lopatek, která nehraje takovou roli z pohledu generování aerodynamického hluku. Velikost lopatek spíše mění tvar spektra akustického tlaku z důvodu platnosti

Strouhalova čísla. Větší rozměr, např. tloušťka lopatky, při stejné rychlosti proudění vzduchu posouvá frekvenci vyzářeného dominantního peaku do nižších hodnot spektra.

Dle (2) a (3) zdvojnásobení dopravního tlaku bude představovat nárůst hladiny akustického výkonu o 6 dB, kdežto zdvojnásobení dopravovaného množství nárůst pouze 3 dB. Praktická měření ukazují, že zdvojnásobením průtoku ventilátoru o dvojnásobek dochází k nárůstu hluku řádově o 6 až 10 dB. Zásadní z pohledu hluku dnešních ventilátorů jsou jeho otáčky, které souvisí s průtokem. Pokles otáček ventilátoru na polovinu může přinést pokles hluku až o 15 dB.

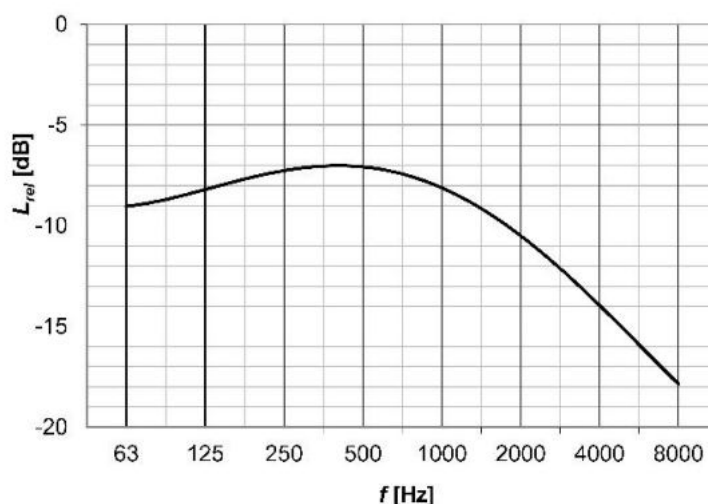
Tab. 4 Specifické hladiny akustického výkonu L_{sp} axiálních ventilátorů dle [2]

Průměr rotoru (m)	Frekvence oktávového pásma [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
> 1	36	31	32	34	32	31	24	22
< 1	33	32	34	38	37	36	28	25

Jak jsme již dříve uvedli, v praxi pracujeme nejlépe ve spektru, tzn. že vztahy např. (2) a (3), potřebujeme přepočítat na spektrum, což je možné využitím vztahu

$$L_{W0} = L_W + L_{rel} \quad (4)$$

kde L_{rel} je relativní hladina určující tvar spektra obr. 5 [dB]



Obr. 5 Relativní spektrum axiálních ventilátorů [13]

Další formy rovnic uváděné v odborné literatuře v sobě zahrnují také vliv průtoku vzduchu a dopravního tlaku, ale zpravidla používají jiné korekční koeficienty. Například ASHRAE [11] doporučuje používat vztah (5) podle Grahama (1975)

$$L_W = K_F + 10 \cdot \log \frac{V_F}{V_{REF}} + 20 \cdot \log \frac{\Delta p_F}{\Delta p_{REF}} + C_{EFF} + C_{BFI} \quad (5)$$

kde K_F je spektrální konstanta podle typu ventilátoru (axiální, radiální atd.) [dB]

V_F	průtok vzduchu ventilátorem	[l/s]
V_{REF}	referenční průtok vzduchu (0,472 l/s)	[l/s]
Δp_F	statický tlak ventilátoru	[Pa]
Δp_{REF}	referenční tlak (249 Pa)	[Pa]
C_{EFF}	korekce na účinnost	[dB]
C_{BFI}	korekce na přírůstek lopatkové frekvence	[dB]

Jak je patrné při porovnání vztahu s rovnicemi uvedenými v tabulce na předchozí straně, místo specifické hladiny akustického výkonu L_{sp} je v rovnici použita spektrální konstanta K_F . Tato konstanta se odečítá z tabulky podle typu ventilátoru. Korekce na účinnost C_{EFF} se použije v případě, že ventilátor pracuje v jiném než optimálním pracovním bodě.

Nejzajímavější je korekce na přírůstek lopatkové frekvence C_{BFI} , protože umožňuje do výpočtu zahrnout vliv tónových složek, vznikajících průtokem vzduchu přes rotující lopatky oběžného kola. Pro axiální nízkotlaké ventilátory předpokládá ASHRAE výskyt první harmonické na frekvenci 63 Hz a tomu přiřazuje příslušnou korekci dle tab. 5.

Problémem vzorce dle ASHRAE je v tom, že výpočet vychází z K_F , tedy tabelovaných hodnot. Tyto hodnoty z principu nemohou dokonale postihnout vlastnosti všech ventilátorů a jsou platné pro běžné ventilátory dostupné na trhu v době vzniku vzorce. V případě současných optimalizovaných řešení budou odhadem ze vzorce dle ASHRAE pravděpodobně vycházet hodnoty nadsazené nad hodnoty skutečně naměřené výrobcem. V případě vzorců na předchozí straně toto neplatí, protože hladinu L_{sp} definují jako charakteristickou pro daný ventilátor, tzn. že odhad by měl být přesnější. Na druhou stranu je výhodou vzorce dle ASHRAE možnost výpočtu ve spektru a zavedení korekce na váhový filtr A, čehož se dá využít a výsledky vzorce porovnat s výsledky měření výrobce. Příklad porovnání je uveden v tab. 7.

Tab. 5 Korekce K_F a C_{BFI} dle ASHRAE [11]

f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
K_F [dB]	48	47	49	53	52	51	43	40
C_{BF} [dB]	7	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 6 Korekce C_{EFF} dle ASHRAE [11]

η_{rel} [%]	100–90	89–85	85–75	74–65	64–55	54–55	Pod 50
C_{EFF} [dB]	0	3	6	9	12	15	16

$$\eta_{rel} = \frac{100 \cdot V_F \cdot \Delta p_F}{6356 \cdot \eta_{max} \cdot 746 \cdot W} \quad (6)$$

kde W je jmenovitý výkon ventilátoru [W]

η_{rel} představuje sníženou účinnost ventilátoru při provozu za jiných než optimálních pracovních podmínek, slouží k odečtu korekčního faktoru z tabulky 6. Maximální

dosažitelnou účinnost η max při provozu ventilátoru za optimálních podmínek by měl udávat výrobce v technických podkladech.

Porovnání vztahu dle ASHRAE se skutečně naměřenými hodnotami

Výpočet byl proveden podle vztahu (5).

Byly vybrány tři výrobky s odlišným průměrem oběžného kola, pro které byl výpočet dle ASHRAE proveden. Zadané hodnoty jsou z technického listu výrobce [15] a jsou platné pro provoz v bodě s nejvyšší účinností, tzn. korekce $CEFF = 0$ dB

Tab. 7a Porovnání výsledků výpočtu hladin akustického výkonu A dle ASHRAE – průměr oběžného kola ventilátoru 500 mm

f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L_{wc} [dB]
K_F [dB]	48	47	49	53	52	51	43	40	–
C_{BF} [dB]	7	0	0	0	0	0	0	0	–
L_w [dB]	76	68	70	74	73	72	64	61	81
K_{Ai} [dB]	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	–
L_{wA} [dB]	50	52	62	71	73	74	65	60	78
L_{wA} výrobce	4	53	61	66	66	64	58	50	71

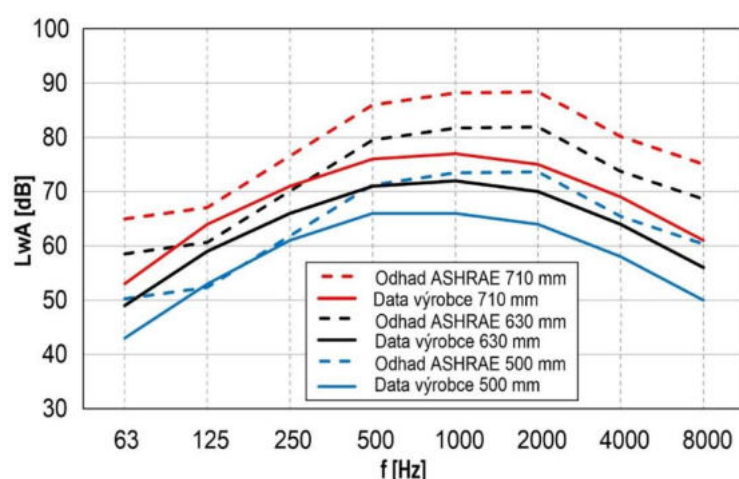
Pro ventilátor s průměrem oběžného kola 500 mm platí pro provoz v bodě s nejvyšší účinností tyto parametry: průtok $V_F = 3945$ m³/h a $\Delta p_F = 61$ Pa, pro ventilátor s průměrem oběžného kola 630 mm je při provozu v bodě s nejvyšší účinností průtok $V_F = 9129$ m³/h a $\Delta p_F = 104$ Pa a pro ventilátor o průměru oběžného kola 710 mm platí parametry $V_F = 15643$ m³/h a $\Delta p_F = 167$ Pa.

Tab. 7b Porovnání výsledků výpočtu hladin akustického výkonu A dle ASHRAE - průměr oběžného kola ventilátoru 630 mm

f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L_{wc} [dB]
K_F [dB]	48	47	49	53	52	51	43	40	–
C_{BF} [dB]	7	0	0	0	0	0	0	0	–
L_w [dB]	85	77	79	83	82	81	73	70	90
K_{Ai} [dB]	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	–
L_{wA} [dB]	59	61	70	80	82	82	74	69	86
L_{wA} výrobce	49	59	66	71	72	70	64	56	77

Tab. 7c Porovnání výsledků výpočtu hladin akustického výkonu A dle ASHRAE – průměr oběžného kola ventilátoru 710 mm

f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L_{wc} [dB]
K_F [dB]	48	47	49	53	52	51	43	40	–
C_{BF} [dB]	7	0	0	0	0	0	0	0	–
L_w [dB]	91	83	85	89	88	87	79	76	96
K_{Ai} [dB]	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	–
L_{wA} [dB]	65	67	77	86	88	88	80	75	93
L_{wA} výrobce	53	64	71	76	77	75	69	61	82



Obr. 6 Porovnání hladin akustického výkonu A stanovených výpočtem dle ASHRAE a udávaných výrobcem

Z grafického porovnání je patrné, že odhadem dle vzorce od ASHRAE vychází vyšší hodnoty než z měření výrobce. To může být dáno tím, že vstupní hodnoty K_F dosazované do vzorce vychází z hodnot typických pro ventilátory v období vzniku vzorce, tzn. přibližně rok 1975. Konstrukční řešení ventilátorů prošlo od té doby vývojem a pro přesnější odhad by bylo vhodné mít k dispozici aktuálnější data pro K_F .

Na druhou stranu, pokud by byl vzorec použit pro předběžný odhad hladiny akustického výkonu skutečného ventilátoru, výpočet by byl na straně bezpečnosti, protože skutečné hladiny výkonu by dosahovaly nižších hodnot, viz červená křivka.

Porovnání výpočtu podle vztahu (2)

Tab. 8a Porovnání výsledků výpočtu hladin akustického výkonu A dle vztahu 2-průměr oběžného kola ventilátoru 500 mm

f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L_{wc} [dB]
L_{sp} [dB]	33	32	34	38	37	36	28	25	–
L_w [dB]	69	68	70	74	73	72	64	61	80
K_{Ai} [dB]	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	–
L_{wA} [dB]	43	52	62	71	73	73	65	60	78
L_{wA} výrobce	43	53	61	66	66	64	58	50	71

Tab. 8b Porovnání výsledků výpočtu hladin akustického výkonu A dle vztahu 2-průměr oběžného kola ventilátoru 630 mm

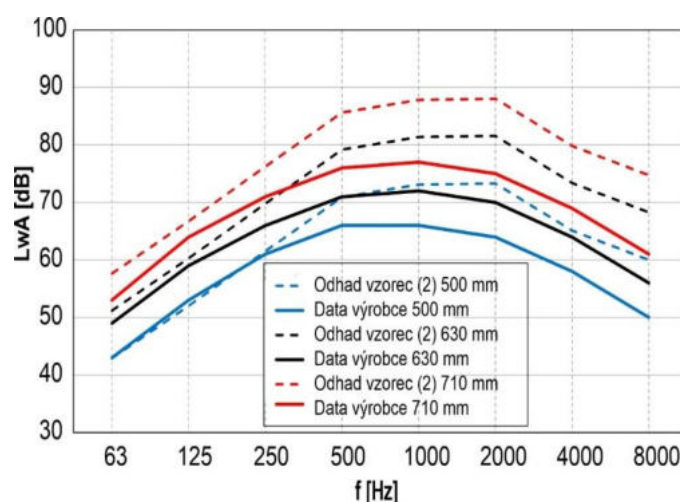
f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L_{wc} [dB]
L_{sp} [dB]	33	32	34	38	37	36	28	25	–
L_w [dB]	77	76	78	82	81	80	72	69	88
K_{Ai} [dB]	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	–
L_{wA} [dB]	51	60	70	79	81	82	73	68	86
L_{wA} výrobce	49	59	66	71	72	70	64	56	77

Tab. 8c Porovnání výsledků výpočtu hladin akustického výkonu A dle vztahu 2-průměr oběžného kola ventilátoru 710 mm

f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L_{wc} [dB]
L_{sp} [dB]	33	32	34	38	37	36	28	25	–
L_w [dB]	84	83	85	89	88	87	79	76	94
K_{Ai} [dB]	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	–
L_{wA} [dB]	58	67	76	86	88	88	80	75	93
L_{wA} výrobce [dB]	53	64	71	76	77	75	69	61	82

Závěrem lze shrnout, že z hlediska hluku ventilátorů tepelných čerpadel má význam nezapomínat na následující:

- Při předběžném odhadu hladiny akustického výkonu ventilátoru je možné vycházet z teoretických vzorců, ale přesné výpočty by měly vycházet z naměřených dat poskytnutých výrobcem ventilátoru. Je nutné zohlednit skutečný provozní stav ventilátoru, tzn. skutečný průtok a skutečný dopravní tlak.
- Z pohledu konstruktéra lze výslednou hlučnost ovlivnit konstrukčním řešením ventilátoru (lopatkami, usměrněním proudění na sání apod.). Dále lze ovlivnit výskyt tónových složek volbou počtu lopatek a frekvencí otáček lopatek oběžného kola.
- Co se týče provozních vlastností, je z teoretických vzorců pro odhad akustického výkonu patrné, že akustický výkon je závislý především na dopravním tlaku ventilátoru a na průtoku vzduchu. **Nejzásadnější redukcí zvuku ventilátoru je snížení jeho otáček, které při poklesu o polovinu mohou snížit generovaný zvuk samotným ventilátorem až o 15 dB.**
- Z pohledu umístění tepelného čerpadla je nutné zdůraznit, že hluk ventilátoru mohou negativně ovlivnit překážky na sání a na výtlaku. Je důležité dbát na dodržení minimálních odstupů od okolních objektů doporučených výrobcem ventilátoru, potažmo tepelného čerpadla. Jde zejména o nepřítižení další tlakovou ztrátou nevhodnou instalací TČ, jelikož axiální ventilátory jsou obecně málo schopné vypořádat se se zvýšeným odporem na sání nebo výtlaku (s tím také souvisí nevhodnost instalace TČ do akustických krytů).

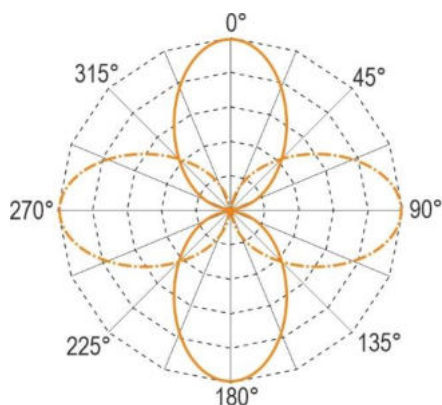


Obr. 7 Porovnání hladin akustického výkonu A stanovených výpočtem dle vztahu 2 a udávaných výrobcem

SMĚROVÁ CHARAKTERISTIKA VENTILÁTORU

Teorie odhadu směrovosti hluku ventilátoru je založena na předpokladu, že se ventilátor chová jako akustický dipól aerodynamického zdroje hluku (obr. 7). Dipólové vyzařování aerodynamických zdrojů si lze představit jako určitý objem tekutiny, která mění svoji hybnost, vytváří rozruch v okolním prostředí a tím dochází k vyzařování a šíření hluku. Ke změně hybnosti dochází díky působení sil na tekutinu, proto se dipóly vyskytují u povrchů obtékaných těles [13]. Jejich činitel směrovosti je funkcí směrového úhlu ϑ a určí se následujícím vzorcem:

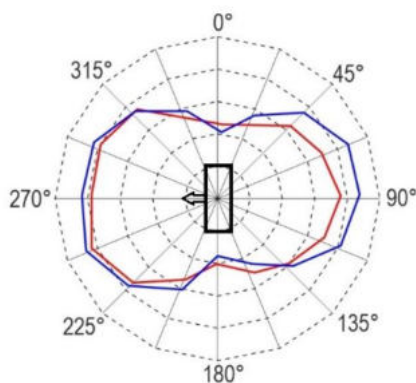
$$Q = \cos^2 \vartheta \quad (7)$$



Obr. 8 Akustický dipól, plná čára reprezentuje vyzařování v ose y, čerchovaná v ose x

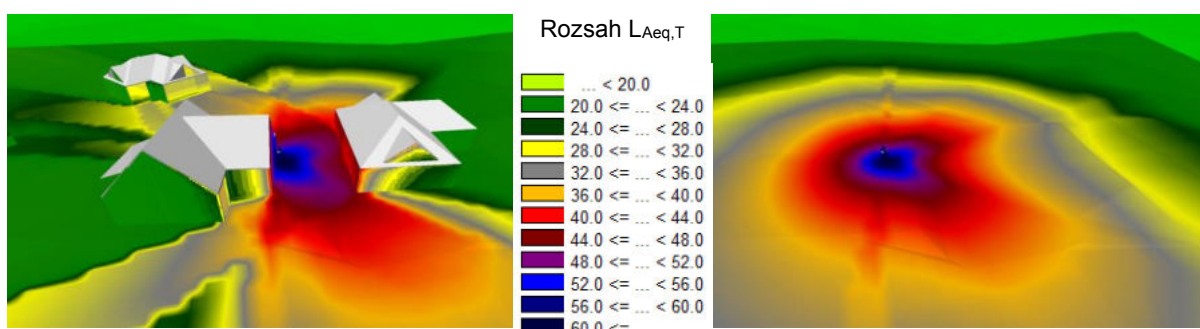
Skutečné směrovosti ventilátoru, ale i kompresoru se budou od vyzařování hypotetického modelu lišit a nedosáhnou idealizovaného charakteru vyzařování, což je patrné z obr. 8. Jedná se o výstupy z reálného měření dle [16] v laboratorních podmínkách ve vzdálenosti 2 m od jednotky tepelného čerpadla, mikrofony byly umístěny ve výšce 0,65 a 1,29 m od podlahy. Barevně vyznačená křivka v grafech značí celkovou hladinu akustického tlaku L_{pA} , konkrétní hodnoty záměrně nejsou uvedeny, cílem je pouze zobrazení trendu.

V grafu na obr. 8 je osa ventilátoru směr 270°. Z grafu na obr. 8 je patrná dominantní směrovost v ose ventilátoru (směr 90 – 270°) a pokles až o 4 dB ve směru kolmém, tj. do míst, kde mohou být stěny skříně.



Obr. 9 Směrová charakteristika axiálního ventilátoru (modrá křivka představuje polohu mikrofónů 0,65 m nad podlahou, modrá křivka pak 1,29 m [16])

Z tohoto výsledku bychom mohli nabýt dojmu, že velmi efektivním řešením bude pootočit ventilátor, tedy celé tepelné čerpadlo o 90°. Toto řešení není ovšem jednoznačné, jelikož významný vliv na celkovou směrovost TČ má umístění zařízení v reálném prostředí, zejména pak odrazivé plochy, ale také přítomnosti hmot objektů a stěn, které zásadně ovlivňují vyzařování zvuku do okolí, viz ukázka simulace hluku od provozu TČ na obr. 10 (hlukové mapy a zatížení fasád domů). Dále pak se do výsledné směrovosti bude promítat například vliv ostatních komponent tepelného čerpadla, způsob uchycení ventilátoru / kompresoru na jednotce a přenos vibrací do základu, které naruší idealizované pole vyzařování akustického dipólu.

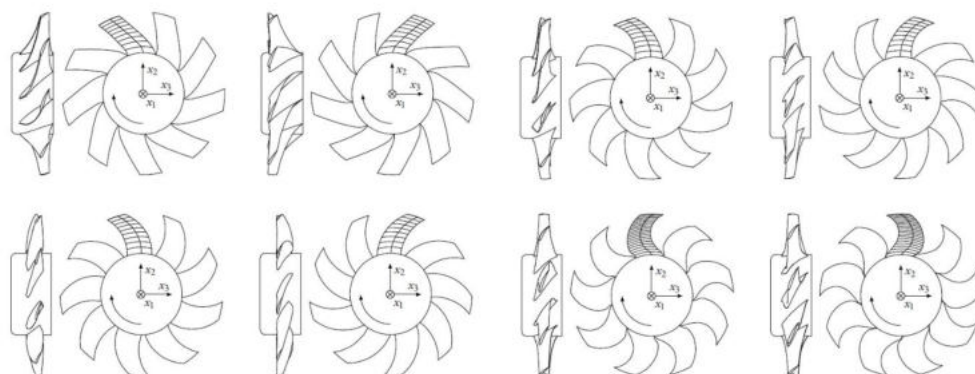


Obr. 10 Hluková pásma ekvivalentních hladin akustického tlaku A od provozu TČ ve výšce 2 m nad terénem včetně hlukového zatížení okolních objektů pro případ vlevo: reálná situace s objekty, vpravo: volné pole, pouze terén [19]

REDUKCE HLUKU VENTILÁTORU

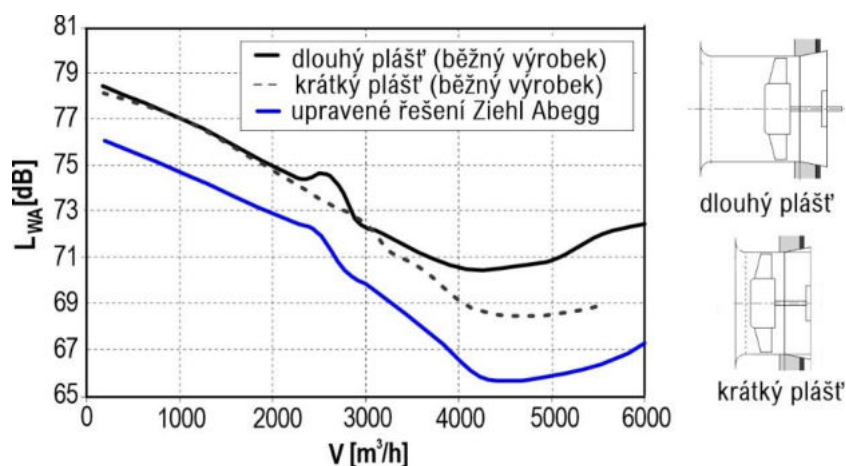
Jak je patrné z předchozích odstavců, hluk ventilátoru musí být řešen již ve fázi konstrukčního návrhu. Tyto úpravy se většinou zaměřují na optimalizaci tvaru lopatek nebo pláště ventilátoru (zejména na sání kvůli usměrnění proudu vzduchu).

Optimalizace tvaru lopatek se vzhledem ke složitosti obtékání zpravidla řeší pomocí CFD analýzy. Dle [1] jsou v posledních letech patrné dva hlavní koncepty řešení tvaru lopatek. První řeší snižování hluku návrhem zkosení nebo zvlnění lopatek viz různé varianty na obr. 11. Druhý vývojový směr se zaměřuje na návrh zakončení lopatek, kdy místo tradičního zakončení do tvaru špičky se navrhuje zakončení destičkami nebo zoubky.



Obr. 11 Schéma možného řešení tvaru lopatek [9]. Jednotlivé varianty se liší orientací lopatek (dopředu zahnuté, dozadu zahnuté) vzhledem ke směru otáčení (směr vyznačen šipkou) a dále hustotou drážkování jednotlivých lopatek

Snahou výrobců je dále navrhnout plášť ventilátoru tak, aby vzduch vstupoval do pracovního prostoru ventilátoru usměrněně. Změnu v konstrukčním řešení pláště ventilátoru na sání a dosažený pokles hladiny akustického výkonu prezentovala v nedávné době například firma Ziehl Abegg [3] a [4]. Porovnání hladin akustického výkonu standardních řešení a nového řešení konstrukce ventilátoru je zobrazeno v grafu na obr. 12. Hodnoty akustického výkonu byly zjišťovány na výtlaku ventilátoru. Upravené řešení spočívá v optimalizované konstrukci difuzoru a uložení ventilátoru. Optimalizace byla provedena s využitím metody CFD.



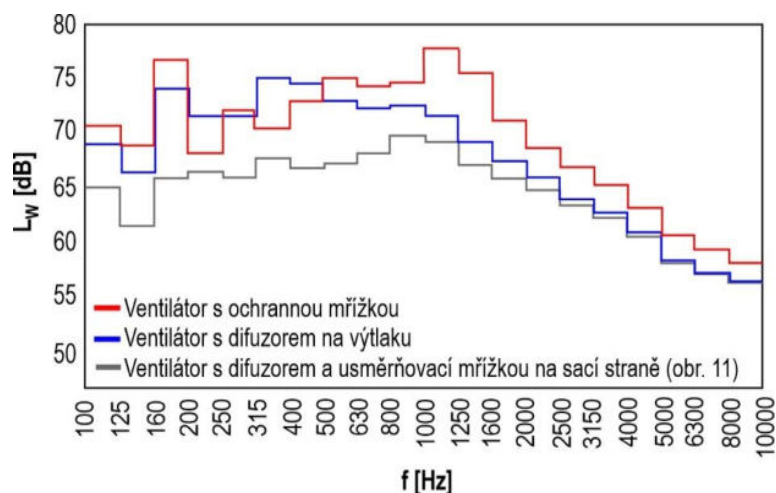
Obr. 12 Vliv upravené konstrukce pláště ventilátoru [3], [4] a [9].

Cílem je potlačení turbulence v oblasti velkého průměru oběžného kola. Můžeme tak nalézt např. řešení v podobě různých usměrňovačů, jak dokumentuje např. mřížka na obr. 13.



Obr. 13 Snížení hluku v podobě nasávací mřížky a difuzoru na výtlaku ventilátoru [5]

Snížení turbulence nasávaného vzduchu pak povede na snížení celkových hladin včetně tónových složek ve spektru hluku ventilátoru, jak dokumentuje obr. 14 [5]. Podrobnější rozbor proudění nebyl v tomto zdroji uveden.



Obr. 14 Spektrum hladiny akustického výkonu kondenzátorové jednotky [5]

Dalším řešením je pak instalace difuzoru na výtlak ventilátoru. Snížení hlučnosti spočívá ve snížení otáček ventilátoru. Je to dáno tím, že difuzor přeměňuje dynamický tlak na tlak statický. Dojde tak ke snížení tlakové ztráty na výtlaku, a tím ke zvýšení průtoku vzduchu po stejné otáčkové charakteristice ventilátoru. Nastavení průtoku na původní hodnotu dosáhneme přechodem na nižší otáčkovou charakteristiku a snížením otáček tak dosáhneme snížení hluku.

Velký potenciál pro redukcii hluku ventilátoru tak má snížení otáček ventilátoru. Dosazením do rovnice pro celkovou hladinu akustického výkonu (2), lze získat vztah vyjadřující závislost výsledné hladiny akustického výkonu na přibližně páté mocnině otáček ventilátoru.

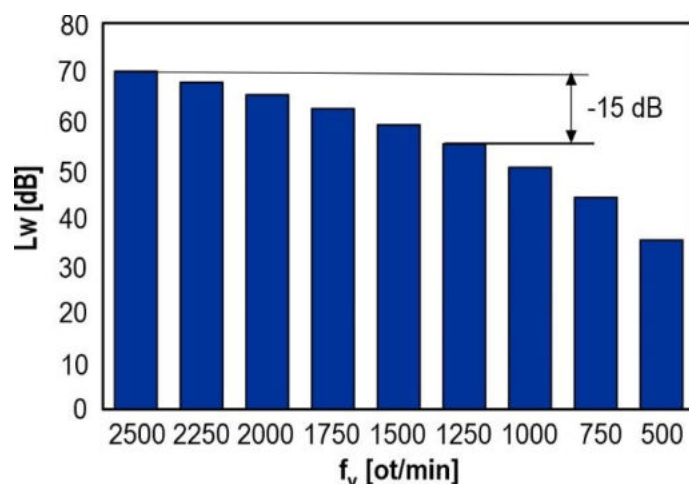
Do vztahu (2) dosadíme za průtok a dopravní tlak známé vazby vyjadřující závislost těchto parametrů na otáčkách

$$\bar{V}_2 = \bar{V}_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad \Delta p_2 = \Delta p_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

Po úpravě obdržíme avizovaný vztah, který nám umožňuje stanovit snížení nebo zvýšení hladin akustického výkonu ventilátoru v závislosti na změně otáček.

$$L_w - 50 \cdot \log \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad L_w - 50 \cdot \log \left(\frac{f_{v2}}{f_{v1}} \right) \quad (8)$$

Graficky je tento vztah uveden na obr. 15. Z grafu je patrné, že snížením otáček na polovinu je možné dosáhnout poklesu 15 dB oproti výchozí hodnotě.



Obr. 15 Změna celkové hladiny akustického výkonu L_w se změnou otáček

Budeme-li stát před problémem stanovení hlučnosti inverterového tepelného čerpadla, může vztah (9) využít a provést kvalifikovaný odhad celkové hladiny akustického výkonu se změnou otáček. Tento kvalifikovaný odhad věrně danou situaci popíše, jak dokumentuje např. lit. [10].

ZÁVĚR

Redukce hluku ventilátoru je především záležitostí optimalizace konstrukce a tvaru lopatek, což by měl řešit dodavatel ventilátoru, resp. dodavatel tepelného čerpadla tak, aby vhodným výběrem jednotlivých komponent nabídl zákazníkům co nejvyšší akustický komfort při zajištění požadavku na výkonové parametry svého výrobku. Pokud je to možné, je výhodnější navrhnout pro tepelné čerpadlo raději jeden větší ventilátor než dva menší. Z pohledu projektanta by neměl být výběr tepelného čerpadla podřízen jeho ceně. Jak ukáže další pokračování tohoto tématu, bude právě na projektantovi, aby tepelné čerpadlo vhodně zakomponoval do skutečné zástavby, kde na něho budou číhat další problémy, a to uložení stroje na základ, odrazy od okolní zástavby atd., které tak mohou akustický komfort významně zhoršit.

LITERATURA

- [1] CASTEGNARO, S. Aerodynamic Design of Low-Speed Axial-Flow Fans: A Historical Overview. Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN). [Online] 2018. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/designs2030020>.
- [2] CLAEISSON, J. *Thermal Comfort and Indoor Climate*. Stockholm, Sweden: KTH Energy Technology, Royal Institute of Technology, 2019.
- [3] DIETLE, J. High Efficiency & Reliable Fans for Ammonia Refrigeration Application. Association of Ammonia Refrigeration. [Online] 2020. [cit. 24.10.2020]. Dostupné z: <https://ammoniaindia.org/wp-content/uploads/2020/01/3.-Technical-Presentation-2-.Joachim-Dietle-ARCON-2020-Mumbai.pdf>.
- [4] DIETLE, J. Improving Heat Pump Systems. Chillventa the International exhibition for the Refrigeration – AC & Ventilation – Heat Pumps Sector. [Online] 2012. [cit. 24.10.2020] Dostupné z: https://www.chillventa.de/Filestore.aspx/F06_P5_Ziehl-Abegg_Dietle.pdf?fair=chillventa&type=file&key=bcaa2d3e-5f1a-4a33-8945-6eebdf8768e4&language=none&filegroup=&filetype=file&indexfile=true

- [5] Firemní materiály ebmpapst. Systém usměrňování proudění. ebmpapst. [Online] 15. 4. 2021. Dostupné z: https://www.ebmpapst.cz/cs/career/press_releases_detail_384.php
- [6] GRAF, H., R. Lärmreduktion bei Luft/Wasser-Wärmepumpenanlagen. Sulzer Innotec. [Online] 2002. [cit. 10.11.2020]. Dostupné z: http://www.laerm.ch/dokumente/laermvorsorge/waermepumpen_bae.pdf.
- [7] Heat pumps and sound. European Heat Pump Association (EHPA). [Online] 2020. [cit. 3.10.2020]. Dostupné z: https://www.ehpa.org/fileadmin/user_upload/HEAT_PUMPS_AND_SOUND_WHITE_PAPER-compressed.pdf.
- [8] KRÖMER, F. Influence of distorted inflow conditions on the aeroacoustic sound emission of axial fans. ResearchGate. [Online] 2018. [cit. 31.10.2020]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/330901116_Sound_emission_of_low-pressure_axial_fans_under_distorted_inflow_conditions.
- [9] KRÖMER, F. Sound emission of low-pressure axial fans under distorted inflow conditions. FAU University Press ein Imprint der Universität Erlangen-Nürnberg Universitätsbibliothek. [Online] 2018. [cit. 31.10.2020]. Dostupné z: https://portal.kobv.de/uid.do?query=b3kat_BV044924278&index=internal&plv=2. 978-3-96147-088-4.
- [10] KUČERA, M., KRÁLÍČEK, J., NOSEK, K. Provoz tepelného čerpadla rodinného domu z pohledu potenciálního zdroje hluku ve venkovním prostoru. In: VVI, 2020, ročník 29, číslo 4, s. 228-231. ISSN 1210-1389. [cit. 20.10.2020]
- [11] LONG, M. Architectural Acoustic – Noise in Mechanical Systems. ScienceDirect. [Online] 2014. [cit. 1.11.2020]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123982582000131>.
- [12] NEISE, V. Noise rating of fans on the basis of the specific sound power level. The Australasian Fluid Mechanics Conference. [Online] 1989. [cit. 31.10.2020]. Dostupné z: <https://people.eng.unimelb.edu.au/imarusic/proceedings/10/Neise.pdf>.
- [13] NOVÝ, R. Hluk a chvění. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2009. 400 s. ISBN 978-80-01-04347-9. [cit. 5.10.2020].
- [14] PÁMIES, T. aj. Identification of sound sources emitted by an axial fan. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Terrassa U.P.C. [Online] 1.4.2021. Dostupné z: http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/Sevilla02_envgen010.pdf.
- [15] Technické podklady Elektrodesign. Axiální ventilátory IP65, série COMPACT, TCBB/TCBT 500. Elektrodesign. [Online] 2021. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/uplny-sortiment/produkty/ventilatory/axialni-ventilatory/ventilatory-tcbb-tcbs>.
- [16] ZDVIHAL, M. Model pro určení směrovosti šíření zvuku. VUT v Brně – energetický ústav. [Online] 25.3.2021. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/handle/11012/59622>.
- [17] BRENTNER K. S., FARASSAT F. An analytical comparison of the acoustic analogy and Kirchhoff formulation for moving surfaces. In: *American Helicopter Society 53rd Annual Forum* [online]. 1997. [vid. 10 September 2018]. Dostupné z: <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20040110264>
- [18] KRÁLÍČEK J., KUČERA M. Experimental evaluation of aerodynamic noise and fluctuations of turbulent flow over a terminal diffuser of a ventilation system. *The 25th International Congress on Sound and Vibration*. Hiroshima, Japan. 2018. ISSN 2329-3675. ISBN 978-83-7880-552-6.
- [19] AKUSTPROJEKT s.r.o., *Databáze akustických studií*. Česká republika, Praha, 2020

HLUK KOMPRESORU V TEPELNÉM ČERPADLE VZDUCH – VODA

Miroslav Kučera, Jan Králíček, Erika Langerová

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí

miroslav.kucera@fs.cvut.cz, jan.kralicek@fs.cvut.cz, erika.langerova@fs.cvut.cz

ANOTACE

Článek se zaměřuje na nejčastěji instalovaný typ tepelných čerpadel vzduch/voda. Z konstrukčního hlediska je téma omezeno na tepelná čerpadla s elektricky poháněnými a hermeticky uzavřenými scroll kompresory, protože se jedná o nejčastěji instalovaný typ tepelných čerpadel menších výkonů (do 50 kW). Článek pokrývá jak téma ON/OFF, tak i invertorových tepelných čerpadel. Řešena jsou pouze tepelná čerpadla instalovaná v exteriéru rodinných, příp. bytových domů.

ÚVOD

Akustické vlastnosti tepelných čerpadel jsou stále považovány za okrajovou záležitost, jak je patrné například z energetických štítků a informačních listů. Na nich se uvádění akustických vlastností zúžilo pouze na jednočíselné hodnocení prostřednictvím celkové hladiny akustického výkonu vážené filtrem A, tzn. L_{wA} (dB). V mnoha případech byl tento údaj pro výpočet šíření hluku dostatečný, ale s nárůstem počtu provedených instalací se ukazuje, že tomu tak nemusí být vždy.

Zatímco pro určování výkonových parametrů tepelných čerpadel existuje poměrně rozsáhlá metodika zkoušení a vyhodnocování, akustické normy pro účely energetického štítkování doprovází poměrně dost nejasností, zejména v případě invertorových tepelných čerpadel.

Údaj o celkové hladině akustického výkonu L_{wA} je z energetického štítku obvykle přejímán do další dokumentace typu technický list, kde ale není doplněn o podrobnější data. Projektantovi i koncovému zákazníkovi tak chybí například informace o charakteru hladin akustického výkonu ve spektru, která poskytuje vhodnější možnost výpočtu a zhodnocení hlukové zátěže od tepelného čerpadla než jednočíselná hodnota L_{wA} . Omezená dostupnost dat o akustických vlastnostech tepelných čerpadel je jedním z důvodů, proč s nárůstem počtu prodejí vzrostl také počet instalací, které nebyly z hlukového hlediska řešeny správně. Druhým důvodem je pak obvykle podcenění akustických výpočtů na straně projektanta (dodavatele) tepelného čerpadla, což pak vede ke sjednání nápravy na náklady projektanta/dodavatele, pokud to již hotová instalace, z pohledu akustiky, vůbec umožňuje řešit.

Ke zlepšení situace při instalacích tepelných čerpadel také přispívá větší informovanost laické veřejnosti v oblasti akustiky, tedy konečných provozovatelů, ale i jejich budoucích sousedů. Množí se případy, kdy budoucí sousedé iniciují řešení, případně upozorňují na možný budoucí problém s nadměrnou hlučností. Důležitý je zejména postoj příslušného orgánu ochrany veřejného zdraví, tj. hygienické stanice, která má vyžadovat akustickou studii podloženou akustickým modelem před započítáním samotných prací na instalaci tepelného čerpadla. Tomu tak ne vždy na území ČR je a dochází ke značným rozdílům v požadavcích na kvalitu a rozsah dokumentace pro územní nebo stavební povolení.

ROZBOR JEDNOTLIVÝCH ZDROJŮ HLUKU V TEPELNÉM ČERPADLE

Tepelné čerpadlo je složeno z několika dílčích zdrojů hluku, které tvoří z pohledu akustiky jak mechanické, tak aerodynamické zářiče. Hluk mechanických zářičů je obecně způsoben kmitáním jejich povrchu a přenosem těchto kmitů do okolního prostředí. V případě tepelného

čerpadla je nevýznamnějším mechanickým zářičem kompresor. Příčinou hluku aerodynamických zářičů je nestacionární turbulentní proudění tekutiny, případně obtékání těles. V tepelném čerpadle je aerodynamickým zářičem zejména ventilátor [15].

Řešení hlučnosti tepelného čerpadla představuje poměrně komplexní problém. Je potřeba mít představu nejen o zdrojích a příčinách hluku v tepelném čerpadle, ale také o cestách šíření hluku z tepelného čerpadla do okolí. Hluk se z tepelných čerpadel může šířit vzduchem i přilehlými konstrukcemi. O cestách šíření hluku by měl mít představu především projektant ale i koncový uživatel, kteří rozhodují o konečném umístění tepelného čerpadla, viz tab. 1. Rozbor v tab. 1 vychází z úvahy, že je snazší obalit kompresor do protihlukového obalu než řešit tlumič hluku pro ventilátor, který pak bude představovat dodatečnou tlakovou ztrátu, nehledě na nedostatek místa pro jeho instalaci.

Vhodné umístění a pružné uložení je nutné řešit v závislosti na konkrétním místě instalace. Výše uvedené dílčí zdroje hluku jsou v tepelném čerpadle navzájem konstrukčně propojeny a spolupodílí se na výsledném akustickém výkonu jednotky. Výsledné spektrum hladin akustického výkonu je různé dle modelu tepelného čerpadla v závislosti na konkrétním konstrukčním řešení a na aktuálních provozních podmínkách.

Tab. 1 Zdroje hluku v tepelném čerpadle

Zdroj	Příčina vzniku hluku	Cesta šíření hluku	Dodatečná redukce hluku
Ventilátor	Narušení proudového pole Odtrhávání vírů Fluktuace tlaku	Vzduchem, Konstrukcí–vibrace	Velmi obtížná (redukce hluku souvisí s vytvořením tlakové ztráty – tlumiče hluku, nebo narušením proudového pole ventilátoru – snížení intenzivních fluktuací proudění – snížení akustického tlaku)
Kompresor	Komprese par chladiva, Mechanický pohyb	Vzduchem Konstrukcí–vibrace, Chladivovým okruhem	Relativně snadná (uzavřený okruh, lze zvýšit zvukovou izolaci krytu v kombinaci s lokálním pružným uložením)

Výhodou kompresorů je možnost realizace dodatečných protihlukových opatření ve formě různých protihlukových obalů. Ty zajišťují útlum zejména na vyšších frekvencích spektra. Přenos vibrací od kompresoru do konstrukce tepelného čerpadla je možné částečně eliminovat pomocí pružného uložení. U axiálních ventilátorů tolik možností pro dodatečné tlumení hluku není. Díky malému dopravnímu tlaku odpadá možnost instalace tlumičů na výtlak ventilátoru. Z uvedeného vyplývá, že snižování hluku ventilátoru je nutné řešit konstrukčními úpravami ve fázi návrhu. Pokud toto výrobci neřeší, tvoří dominantní zdroj hluku tepelného čerpadla právě ventilátor [9].

Vzhledem k tomu, že se součty akustických výkonů dílčích zdrojů hluku provádí logaritmicky, promítá se do výsledné hladiny akustického výkonu nejvíce nejsilnější zdroj. Pokud je nutné výslednou hladinu akustického výkonu snížit, protihluková opatření je nejefektivnější provést právě u nejsilnějšího zdroje. V případě, že by se jednalo o ventilátor, bude realizace dodatečného protihlukového opatření komplikovaná z důvodu zanesení

dodatečné tlakové ztráty (instalace tlumičů), kterou ventilátor již nemusí překonat. Jiné řešení je např. zaměřit se na podstatu generování hluku ventilátorem, tj. upravit proudové pole, což souvisí s ventilátorovým kolem, otáčkami, velikostí a tvarem lopatek, počtem lopatek, resp. zásahem do samotného proudového pole – rozbití turbulentních vírových struktur na výdechu. Každopádně se jedná o velmi nákladnou záležitost.

Výrazné navýšení hluku tepelného čerpadla je spojeno také s odmrzováním na výparníku. Jedná se pouze o krátkodobé a občasné navýšení hluku za provozu, nikoli o trvalý zdroj, proto není v tabulce výše zmíněno. V některých případech jsou právě tyto změny hlučnosti dané změnou provozního stavu tím, na co si okolí stěžuje. Může se totiž stát, že pokud je tepelné čerpadlo nevhodně navrženo, odmrzování probíhá častěji.

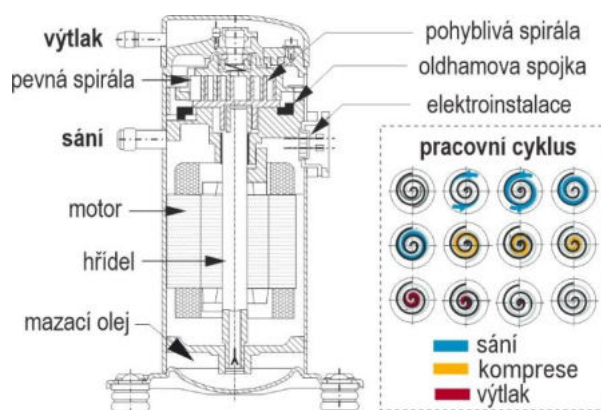
Výrobci tepelných čerpadel se obecně vyhýbají instalaci dodatečných krytů z obavy, aby nedošlo ke zhoršení provozních parametrů vlivem tlakové ztráty dodatečného krytu. Druhým důvodem je obava, aby nevhodnou konstrukcí krytu nevznikala kolem jednotky oblast vychlazeného vzduchu, což by opět vedlo na zhoršení provozních podmínek. Existuje však řada úspěšných realizací, které ovšem někdy vyžadují instalaci podpůrného ventilátoru, a tedy i dalšího zdroje hluku, se kterým je třeba v návrhu samozřejmě počítat.

ROZBOR HLUKU KOMPRESORU

Výsledná hlučnost kompresoru závisí zejména na typu kompresoru, na jeho výkonu, konstrukčním řešení a na aktuálních provozních podmínkách.

Co se týče typu kompresoru, článek se dále vzhledem k rozsahu omezí pouze na popis vzniku a šíření hluku v kompresorech typu scroll, které se v tepelných čerpadlech pro rodinné domy v současnosti používají nejčastěji. Scroll kompresory se vyrábí v mnoha konstrukčních provedeních. Kromě standardní nabídky kompresorů řízených ON/OFF jsou pro tepelná čerpadla k dispozici také scroll kompresory s modulací výkonu změnou otáček nebo změnou objemu pracovního prostoru (např. typ Digital Scroll). Nejrozšířenější jsou scroll kompresory s jednostupňovou kompresí. Někteří výrobci tepelných čerpadel využívají kompresory typu EVI Scroll s nástřikem chladiva do pracovního prostoru kompresoru, které pracují na dvou kompresních stupních. Jedná se tedy o poměrně rozsáhlé téma, které v rámci našeho rozsahu nelze plně popsat. V další části textu bude řešen pouze hluk ON/OFF scroll kompresorů bez nástřiku chladiva do pracovního prostoru. V závěru je uvedena krátká poznámka k hluku scroll kompresorů s modulací výkonu.

Příklad možného konstrukčního řešení dále uvažovaných scroll kompresorů je zobrazen na obr. 1. Pracovní (kompresní) prostor se nachází v horní polovině kompresoru. Kompresi par chladiva probíhá plynule změnou kompresního prostoru. Změna je realizována pohybem pohyblivé spirály vůči pevné spirále, jak je patrné z tohoto obrázku. Sání probíhá po obvodu pevné spirály a výtlač par chladiva v jejím středu [13].



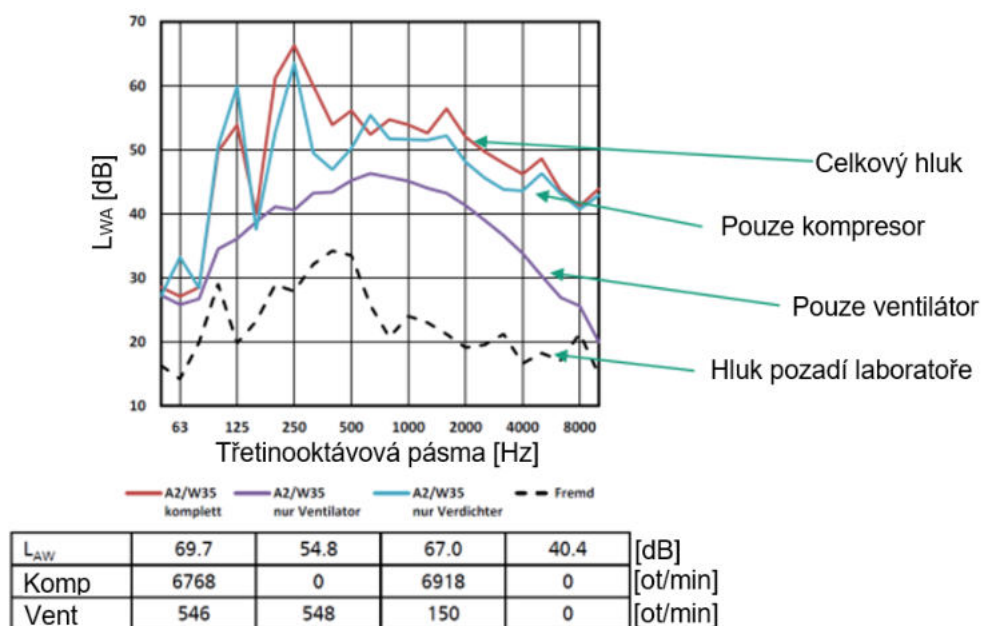
Obr. 1 Schéma a pracovní cyklus scroll kompresoru, přeloženo a upraveno podle [19], [10]

Konstrukční uspořádání scroll kompresorů představuje samo o sobě akusticky velmi příznivé řešení v porovnání s ostatními typy kompresorů, zejména pístovými. U nich je riziko přenosu vibrací do přilehlých konstrukcí a riziko vzniku tlakových rázů v chladivovém potrubí mnohem vyšší [13]. I tak je scroll kompresor zařízení, ve kterém dochází k pohybu součástí (spirály, hřídel) a ke kompresi chladiva, a tudíž nutně k vyzařování hluku a šíření vibrací.

Přestože bude výsledná hlučnost konkrétního kompresoru záležet na konstrukčním řešení daného výrobce, použitých materiálech atd., určité společné charakteristiky ve vzniku a šíření hluku by mělo být možné pro scroll kompresory definovat.

Scroll kompresory vyzařují hluk v širokém rozsahu frekvencí. Základní hladina hluku je daná konstrukčním řešením kompresoru, které je zcela v kompetenci výrobce. Pokud je tato hladina pro zamýšlené použití kompresoru příliš vysoká, je nutné řešit dodatečná protihluková opatření. Aby mohla být opatření navržena, je nutné znát, na jakých frekvencích a s jakou intenzitou kompresor hluk vyzařuje a které části jsou rizikové z hlediska přenosu vibrací.

V grafu na obr. 2 je uveden porovnávací diagram hladin akustického výkonu A ventilátoru, kompresoru a celkové jednotky vybraného tepelného čerpadla, převzato z [3]. Je ale nutné zdůraznit, že se jedná o hodnoty akustického výkonu po korekci váhovým filtrem A, jehož použitím se výrazně sníží skutečně naměřené hladiny akustického výkonu zejména v nízkofrekvenční oblasti. Měření TČ na Obr. 2 bylo prováděno za podmínek A2/W35 (tzn. teplota na straně vzduchu 2 °C, teplota na straně vody 35 °C). Výsledky pouze demonstrují vliv jednotlivých zdrojů hluku. Prakticky to znamená, že kompresor je často vysokotáčkový zdroj zvuku. Ve zmíněném grafu dosahuje kompresor otáček ≈ 7000 ot/min, tj. 117 Hz (podobně i jako TČ od výrobce lit.[16]), což se projevuje výslednou tónovou složkou pro třetinooktávu 125 Hz a následně jako harmonický násobek 250 Hz. Naopak ventilátor v použitém zařízení dosahuje velice nízkých otáček ≈ 550 ot/min, tj. 10 Hz. U zdroje typu ventilátor se vyskytuje nikoliv otáčková, ale tzv. lopatková frekvence, která se pak ve spektru projevuje jako násobek počtu lopatek a otáček, tedy v tomto případě by mohla být v úrovni nízkých frekvencí mimo sledované spektrum (pod 63 Hz). U běžných tepelných čerpadel je významná tónová složka právě od ventilátoru, jelikož se otáčí dle požadovaného výkonu obvykle rychleji a tím se pak ventilátor výrazně projevuje ve středních a vyšších pásmech. Nicméně u uvedeného případu na obr. 2 (závisí na venkovní teplotě a výstupní teplotě vody) jsou otáčky ventilátoru velmi nízké a stává se podružným zdrojem hluku. Naopak kompresor je zdrojem tónové složky na frekvenci 125 a 250 Hz, jež jsou spjaté s vysokými otáčkami kompresoru. Následně se tato tónová složka projevuje v celkové hlučnosti jednotky TČ.



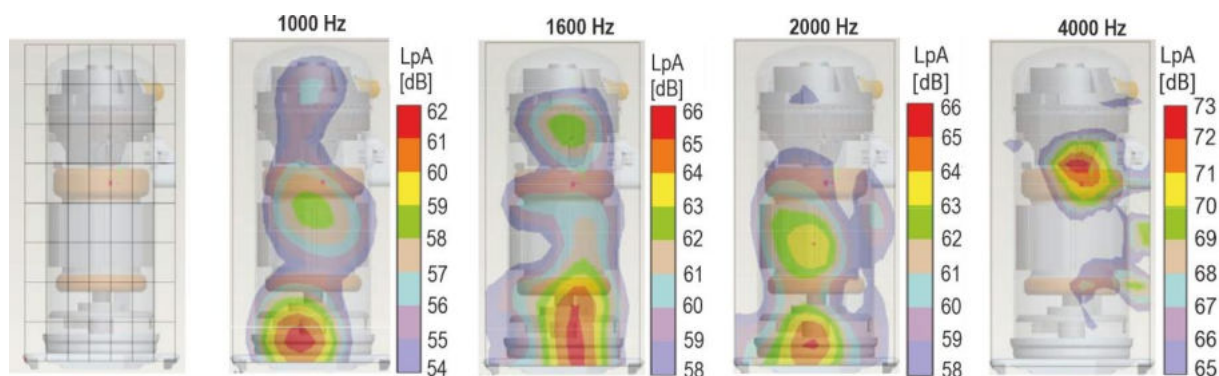
Obr. 2 Porovnávací diagram spekter hladin akustického výkonu A L_{WA} ventilátoru, kompresoru a celé jednotky vybraného tepelného čerpadla, měření za podmínek $A2/W35$ (tzn. teplota na straně vzduchu $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, teplota na straně vody $35\text{ }^{\circ}\text{C}$), převzato z [3]

Diagram na obr. 2 tak demonstruje značný vliv otáček zařízení na celkový hluk. Topný výkon TČ je závislý na otáčkách kompresoru a ventilátoru. Celková hladina akustického výkonu TČ je pak odvislá od zdroje, který má největší otáčky, tj. v případě obr. 2 je hodnota L_{WA} jednoznačně dána otáčkami kompresoru, který způsobuje tónové složky na výše uvedených kmitočtech. Pokud se změní otáčky zdrojů hluku, posune se i zmíněná tónová složka ve spektru L_{WA} . Změna nastavení TČ, tj. venkovní teplota a požadovaná výstupní teplota, pak může způsobit nárůst otáček ventilátoru, např. i při odmrazování, tedy objeví se tónová složka daná lopatkovou frekvencí a celkový hluk TČ naroste. Snahou je otáčky ventilátoru co nejvíce snížit, nicméně způsobí to výraznější projev kompresoru, který by jinak nebyl dominantním zdrojem hluku, viz obr. 2.

Při návrhu opatření pro redukci hluku je nutné identifikovat v jaké části zařízení a na jakých frekvencích je hluk vyzařován s největší intenzitou. Například ve scroll kompresorech zkoušených v [1] a [12] docházelo na nižších frekvencích k vibracím a následnému vyzařování hluku z dolní poloviny kompresoru. Na frekvenčním rozsahu přibližně 1000 – 2000 Hz byl hluk s největší intenzitou vyzařován v horní polovině kompresoru, resp. pracovní oblasti a prostorech, kterými proudí stlačené páry chladiva z kompresoru do připojeného potrubí.

Autoři v lit. [12] vyhodnocovali hluk ON/OFF scroll kompresoru metodou akustické holografie v blízkém poli (Near Field Acoustical Holography – NAH), která umožňuje naměřené hodnoty akustického tlaku zobrazit pomocí hlukové mapy. Jedná se o bezkontaktní metodu. Princip metody spočívá v měření akustického tlaku pomocí mikrofónového pole v blízké vzdálenosti od zkoušeného objektu (v tomto případě ve vzdálenosti 0,1 m od kompresoru) a následném přepočtu těchto hodnot přímo na tu část objektu, kde je potřeba zjistit akustický tlak. Pro přepočet slouží algoritmy akustické holografie, podrobnější popis metody je možné najít například v [14].

Na obr. 3 je zobrazena hluková mapa scroll kompresoru získaná měřením touto metodou. Číselná hodnota v Hz nad příslušnými obrázky značí frekvenci spektra. Kromě identifikace oblastí nejvíce vyzařujících hluk je zajímavý i číselný nárůst L_{pA} směrem do vyšších frekvencí spektra. Podobný trend je patrný i u kompresoru z grafu na obr. 2 (i když jsou na grafu zobrazeny hodnoty akustického výkonu a ne tlaku, oba případy je možné – z hlediska trendu, nikoli číselných hodnot – porovnat, protože výpočet akustického tlaku vychází ze znalosti akustického výkonu).



Obr. 3 Hluková mapa ON/OFF scroll kompresoru (15 kW) z metody akustické holografie v blízkém poli [12]

SMĚROVÁ CHARAKTERISTIKA KOMPRESORU

Při měření hladiny akustického tlaku se okolo tepelného čerpadla podle předem stanoveného schématu rozmístí do stanovených výšek mikrofony a provede se měření. Při vyhodnocení se hladiny naměřené ve stejných výškách a stejných vzdálenostech logaritmicky sečtou a získá se celková hladina akustického tlaku v dané vzdálenosti a výšce. Charakterizovat hluk prostřednictvím jednoho čísla je výhodné z pohledu snadné komunikace mezi výrobcem a zákazníkem. Ale tento způsob interpretace naměřených dat v podstatě smazává rozdíl v intenzitě vyzařování do jednotlivých směrů a znemožňuje projektantovi podrobnější zhodnocení vlivu hluku tepelného čerpadla na okolí. V některých případech, jako je například instalace tepelného čerpadla v husté zástavbě, může toto zjednodušení přinést po instalaci problémy v podobě stížností na nadměrnou hlukovou zátěž. Samotná nevhodně zvolená orientace směru výdechu ventilátoru tepelného čerpadla může značně ovlivnit efekt akustické zástěny nebo útlum vzdáleností mezi zdrojem a chráněným venkovním prostorem.

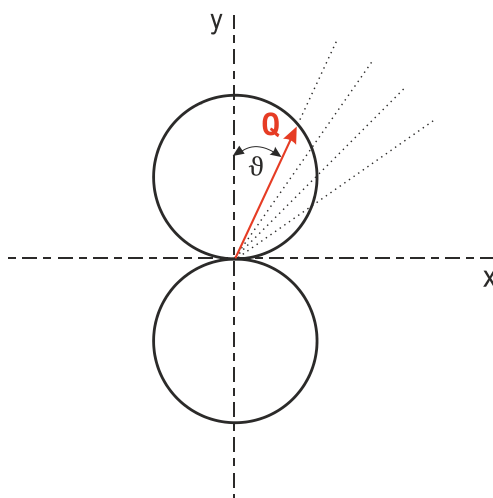
V tepelném čerpadle rozlišujeme aerodynamické i mechanické zdroje hluku. Přestože tyto zdroje vyzařují hluk na základě odlišných fyzikálních principů, mají obdobné směrové charakteristiky. Směrové charakteristiky vyjadřují, v jakém směru vyzařuje daný zdroj hluku akustickou energii dominantně a charakterizují se směrovým činitelem Q [15]. Směrový činitel Q je definován jako poměr mezi intenzitou zvuku vyzařovanou v daném směru $I(\vartheta)$ a střední intenzitou zvuku v okolí zářiče I_m podle vzorce:

$$Q = \frac{I(\vartheta)}{I_m} \quad (1)$$

Pro přibližný odhad charakteru směrovosti tepelného čerpadla lze skutečné dílčí zdroje hluku nahradit hypotetickými zdroji a jejich typickými směrovými charakteristikami.

Pokud vyzařování kompresoru připodobníme k vyzařování dipólu mechanického zdroje hluku, bude se modelovat jako koule kmitající podél některé z os. Ke kmitavému pohybu může docházet díky pracovnímu cyklu nasávání, stlačování a výtlaku chladiva z kompresoru. Je tedy zřejmé, že intenzita kmitavého pohybu, a tedy i charakter vyzařování akustické energie budou záviset na typu použitého kompresoru. Model kmitající koule je typický tím, že vyzařuje akustickou energii nerovnoměrně do různých směrů, jak je zobrazeno na schématu obr. 4. Jeho činitel směrovosti je funkcí směrového úhlu ϑ podle vzorce:

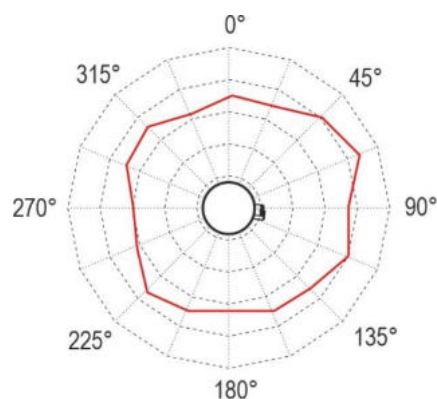
$$Q = 2 \cdot \cos^2 \vartheta \quad (2)$$



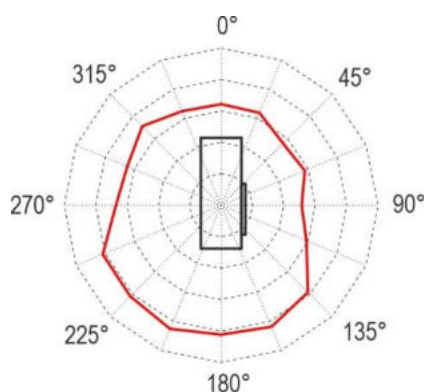
Obr. 4 Charakter vyzařování akustické energie dipólu

Experimenty provedené v literatuře [19] se mimo jiné zabývaly mapováním směrového vyzařování kompresoru konstrukčně i tvarově shodném s tím, kterým se zabývá naše téma. Z grafu na obr. 5 je patrná směrově nevýrazná charakteristika samotného kompresoru měřeného v akustické laboratoři. Kompresor bychom tak z hlediska vyzařování akustické energie pláštěm do okolí mohli považovat za hypotetický zdroj nultého řádu, tedy všesměrově vyzařující pulsující kouli.

Druhé schéma na obr. 6 prezentuje stejný kompresor, ale tentokrát instalovaný do skutečné skříně jednotky. Měření bylo provedeno bez opláštění jednotky. Je zde vidět změna ve směrovém vyzařování kompresoru, která je ovlivněna skutečnou instalací (odrazy od okolních součástí, v oblasti 135 až 225° není kompresor stíněn). Vlivem skutečné instalace tak dochází současně k nárůstu celkové hladiny akustického tlaku, který je dán chvěním ostatních částí konstrukce [19].



Obr. 5 Směrová charakteristika samotného kompresoru [19]



Obr. 6 Směrová charakteristika kompresoru umístěného do reálné jednotky měřeno bez opláštění [19]

MOŽNOSTI REDUKCE HLUKU KOMPRESORU

Redukce hluku kompresoru spočívá v:

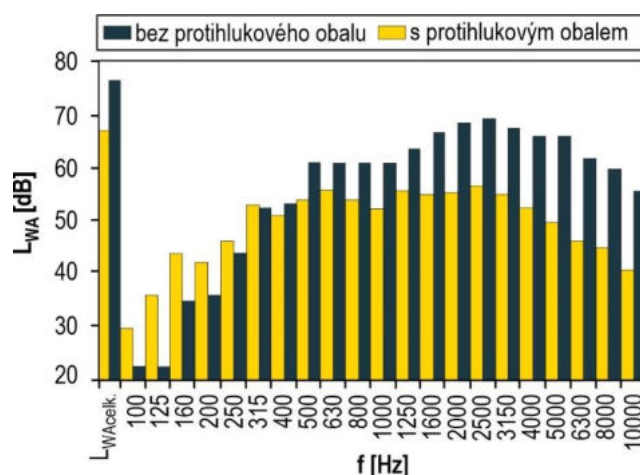
- Tlumení hluku vyzařovaného do okolí (protihlukové obaly)
- Tlumení vibrací (pružné uložení)

Protihlukové obaly

Pracovní prostor a navazující výtlačný prostor jsou významnou oblastí z hlediska vyzařování hluku. Vyzařování je zde způsobeno zejména samotným procesem komprese chladiva a následným prouděním stlačených par chladiva přes výtlačný prostor. U ostatních typů kompresorů (pístový, šroubový) je tato oblast riziková také z hlediska vzniku tlakových rázů [1], tzn. na sání a výtlak kompresoru je předepsáno instalovat tlumiče. Ve scroll kompresorech je dle výrobců, výběrem například [5] nebo [6], riziko vzniku tlakových rázů minimální, pokud je kompresor provozován za standardních tlakových poměrů, pro které byl navržen. Přesto výrobci doporučují na konkrétní aplikaci provést kontrolní měření tlaku v chladivu a v případě potřeby tlumič rázů instalovat také.

Protihlukové obaly se vyrábí ve vícero provedeních, někteří výrobci [4] je navrhuji přímo na své kompresory, takže uvádí i srovnávací měření před a po instalaci protihlukového obalu. Na obr. 7 je zobrazeno spektrum hladin akustického výkonu scroll kompresoru před a po instalaci

obalu. Z grafu je patrné, že instalací protihlukového obalu je možné dosáhnout značného snížení hladin akustického výkonu L_{WA} zejména v oblasti vyšších frekvencí. V oblasti nižších frekvencí (přibližně 100 až 315 Hz) naopak dochází ke zvýšení hladin L_{WA} , což je pravděpodobně způsobeno celkovým přeladěním zdroje zvuku vlivem instalace krytu (nízké frekvence nejsou tlumeny, ale zesíleny rezonancí prostoru krytu, pohltivá konstrukce vzhledem k malé tloušťce je není schopna pohltit).



Obr. 7 Hladiny akustického výkonu ON/OFF scroll kompresoru (6,7 kW) před a po instalaci protihlukového obalu [4]



Obr. 8 Protihlukový obal scroll kompresoru – postup instalace [4]

Tlumení vibrací

Jak bylo uvedeno na předchozích stranách, při instalaci je nutné řešit také možné riziko přenosu vibrací z dolní poloviny kompresoru do přilehlých konstrukcí. Je nutné poznamenat, že akustické údaje z technického listu kompresoru platí pro kompresor, který byl při zkoušce usazen na pevném podkladu o vysoké hmotnosti (tab. 2 A).

V tepelném čerpadle je ale kompresor ve většině případů nainstalován na tenké plechové desce spodního rámu (tab. 2 B). Plechová deska rámu má vůči kompresoru velmi malou hmotnost, navíc je zatížena dalšími komponenty tepelného čerpadla, takže nelze vyloučit její mírné prohnutí. Kompresor je typicky instalován přímo na desku a pružně uložen prostřednictvím silentbloků. Samotné tepelné čerpadlo stojí na nohách kvůli zajištění prostoru pro odvod kondenzátu ze sběrače, ale často není pružně uloženo. Tento způsob uložení s sebou nese problém při tlumení vibrací [9]. Lepší řešení představuje varianta v tab. 2 C, tzn. pružné uložení kompresoru i tepelného čerpadla. Zásadní je vyrovnaní tepelného čerpadla tak, aby bylo na podkladu umístěno zcela vodorovně.

Rozdíly v tlumení vibrací při řešení A, B i C je možné ukázat na výpočtu. Je nutné zdůraznit, že se jedná o velmi zjednodušený výpočet skutečného stavu, pro přibližnou představu je ale dostačující. Příklad uvažuje, že kompresor je do tepelného čerpadla instalován se stejným typem silentbloků, s jakým byl zkoušen na zkušebně. Změní se pouze parametry základu, na kterém je kompresor uložen. Ve všech případech se kompresor o hmotnosti m_1 instaluje na pryžové silentbloky o tuhosti k a tato soustava je ustavena na základ o hmotnosti m_2 .

Vstupní parametry:

Hmotnost kompresoru m_1 : 30 kg

Frekvence kompresoru (budicí síly) f : 48 Hz

Hmotnost m_2 základu pro případ A: 1000 kg

Hmotnost m_2 základu pro případ B, C: 1,5 kg

Od výrobce jsou dodány pryžové silentbloky:

Počet silentbloků: 4 ks

Dynamická tuhost k : 60 N/mm

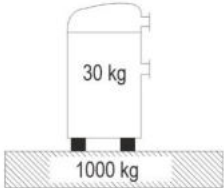
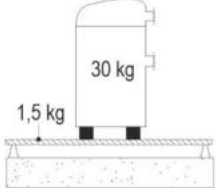
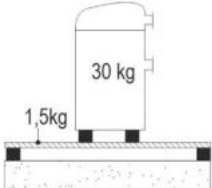
Vlastní frekvence soustavy se určí ze vzorce

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{k \cdot \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \quad (3)$$

Pro zajištění optimálního tlumení je potřeba dosáhnout činitele naladění v rozmezí

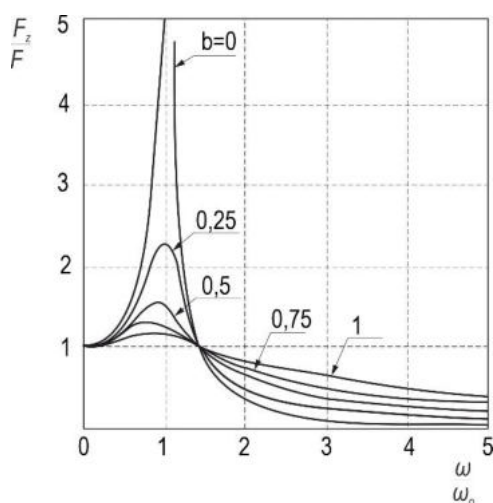
$$\nu = \frac{f}{f_0} > 3 \text{ až } 5 \quad (4)$$

Tab. 2 Varianty uložení kompresoru

Variant	A Kompresor na zkušebně	B Kompresor uvnitř TČ - typicky	C Kompresor uvnitř TČ - lépe
Schéma			
Popis	Pevný základ s výrazně vyšší hmotností než samotný kompresor	Plechová tenká a lehká deska rámu, TČ na nohách bez pružného uložení	Plechová tenká a lehká deska rámu, jednotka TČ pružně uložena
Vztahy	$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{4.60000 \left(\frac{1}{30} + \frac{1}{1000} \right)}$ $f_0 = 14 \text{ Hz}$ $\nu = \frac{f}{f_0} = \frac{48}{14}$ $\nu = 3,3$	$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{4.60000 \left(\frac{1}{30} + \frac{1}{1,5} \right)}$ $f_0 = 65 \text{ Hz}$ $\nu = \frac{f}{f_0} = \frac{48}{65}$ $\nu = 0,74$	Nelze zjednodušeně
Závěr	Z hlediska tlumení v pořádku	Nevhodné řešení	Vyšší frekvence tlumeny pružným uložením kompresoru, nižší pružným uložením TČ (7)

Kvůli nízké hmotnosti plechu je v případě B mnohem vyšší vlastní frekvence soustavy f_0 . Není splněno doporučení pro dosažení součinitele naladění ν v rozmezí 3 až 5. Vhodným řešením tlumení je dle [9] varianta na obrázku C, tedy pružné uložení jak kompresoru, tak tepelného čerpadla.

Cílem při návrhu dobrého pružného uložení je, aby činitel naladění soustavy byl minimálně 3, ideálně více, pro komfortní pružné uložení může dosahovat i hodnot kolem 10. Důvod nám předkládá graf na obr. 9. Vidíme zde průběh účinku silového přenosu ze stroje do základu. Na svislé ose je poměr síly přenášené do základu k síle budící a na vodorovné ose je činitel naladění soustavy. Je patrné, že pro hodnotu činitele naladění v oblasti kolem 1 dochází k zesilování silového přenosu, kdežto pro hodnoty vyšší jak 3 je poměr na svislé ose spolehlivě pod hodnotou 1. Na základě tohoto průběhu je možné konstatovat, že je lépe zařízení přišroubovat pevně na základ ($\nu = 0$) než zařízení chybně uložit a provozovat ho při $\nu \approx 1$. Je však jednoznačné, navrhovat pružné uložení na hodnoty činitele naladění vyšší než 3.



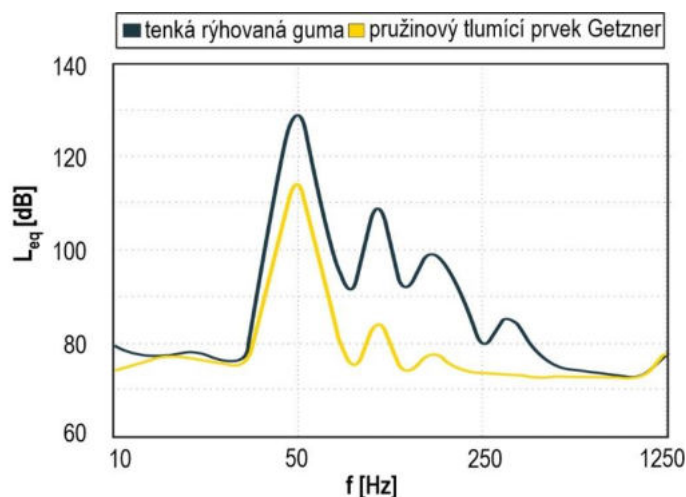
Obr. 9 Účinnost silového přenosu [14]

Dalším příkladem možného řešení může být ukládání kompresoru na samostatnou desku pružně oddělenou od desky ostatních komponentů tepelného čerpadla (obr. 10). Snahou je minimalizovat riziko přenosu vibrací do výměníků a dalších součástí. Ukázka používaných způsobů pružného uložení tepelného čerpadla na základovou desku je uvedena na obr. 12.



Obr. 10 Uložení kompresoru na samostatné desce [8]

Renomovaní výrobci ve svých podkladech také upozorňují na možné problémy s využíváním pryžových tlumících prvků v zimním období. Při návrhu pryžových tlumících prvků je nutné sledovat povolený pracovní rozsah teplot, protože některé výrobky mohou při teplotách pod bodem mrazu ztrácet svou tlumící schopnost. Pokud je tepelné čerpadlo umístěno v oblasti s nízkými venkovními teplotami, je vhodnější zvolit uložení na izolátory s ocelovými vinutými pružinami.

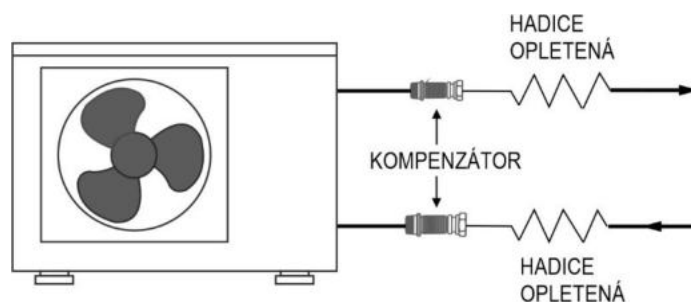


Obr. 11 Kmitočtový průběh ekvivalentní hladiny akustického tlaku při nahrazení tenké rýhované pryžové guma pružinovým prvkem [7]



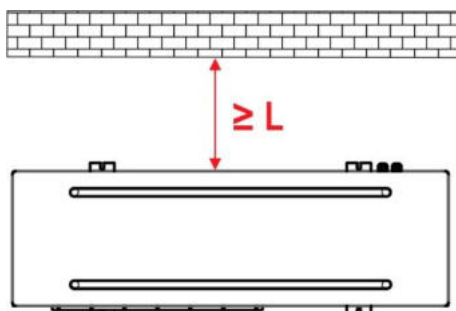
Obr. 12 Náhrada pryžových prvků pružinovými [7]

Na výstupní potrubí tepelného čerpadla je doporučeno instalovat kompenzátory. Kompenzátory slouží jako ochrana deskového výměníku tepelného čerpadla před roztržení mrazem. Kompenzátory se v závislosti na konstrukci tepelného čerpadla připojují buď přímo na výstupní potrubí z tepelného čerpadla, případně se pro jejich spojení s výstupním potrubím používají vsuvky nebo přechodová svěrná šroubení.



Obr. 13 Pružné napojení venkovní jednotky prostřednictvím kompenzátorů a opředených hadic podle [16]

Pro omezení přenosu vibrací do dále navazujícího potrubí je doporučeno za kompenzátor instalovat opletené difuzně těsné hadice vhodné délky. Princip zapojení je schematicky naznačen na obrázku 13. Za opletenou hadici pokračuje měděné, nerezové, případně jiné potrubí vhodné dimenze. Pro snadnou montáž, údržbu a zajištění správné funkce kompenzátoru a opletených hadic je nutné dodržet minimální odstup tepelného čerpadla od stěny za ním, viz obr. 14. Minimální odstupy předepisuje výrobce a je nutné je respektovat.



Obr. 14 Vzdálenost jednotky od stěny [16]



Obr. 15 Vlnovcový kompenzátor a opředené hadice [17]

ZÁVĚR

Cílem prezentovaného příspěvku nebylo vyčerpávajícím způsobem provést rozbor příčin generování hluku od kompresorů používaných u tepelných čerpadel, ale pouze poukázat na nejběžnější instalovaný typ, nejtypičtější příčiny a možnosti jejich řešení.

LITERATURA

- [1] AHM, B. H, aj. A Study on Noise Identification of Compressor Based on 2 Dimensional Complex Sound Intensity. International Compressor Engineering Conference. [Online] 25-28. 6. 2000 [cit. 18.10.2020]. Dostupné z: <https://docs.lib.purdue.edu/icec/1439>
- [2] BUFKA, A., MODLÍK, M., VEVERKOVÁ, J. Tepelná čerpadla v letech 1981-2018 - výsledky statistického zjišťování. Ministerstvo průmyslu a obchodu. [Online] 2019 [cit. 5.10.2020]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2019/5/Tepelna-čerpadla-1981-2018-final-verze.pdf>
- [3] BRAUMGARDT, S. a další. Testing Campaign On The Energetical and Acoustical Behaviour of Heat Pump // Part 2. IEA HPT Annex 51 “Acoustic Signatures of Heat

- Pumps". [Online] 2016. [cit. 9.5.2021] Dostupné z:
<https://heatpumpingtechnologies.org/annex51/wp-content/uploads/sites/59/2019/09/testing-campaign-on-the-energetical-and-acoustical-behaviour-part2.pdf>
- [4] Copeland, Firemní podklady. Sound Shell For Copeland Compressors. Emerson Climate Technologies. [Online] 2012. [cit. 18.10.2020]. Dostupné z:
<https://climate.emerson.com/shop/SearchDisplay?storeId=10155&catalogId=10054&langId=-1&searchTerm=Sound+Shell+for+Copeland%E2%84%A2+Compressors+&cmBusinessSegmentId=&wcsBusinessSegmentId=&cmFacetId=&cmTabSelected=2&fetchFacets=true#facet:&facetLimit:&prod>
- [5] Copeland, Firemní podklady. Copeland Scroll Compressors for Heat Pumps with R410A. Copeland Scroll Compressors. [Online]. 2020. [cit. 18.10.2020]. Dostupné z:
<https://climate.emerson.com/en-gb/shop/1/climate-technologies/copeland-eu-sku-zh04k1p-pfz-524-en-gb>
- [6] Danfoss, Firemní podklady. Danfoss Heat Pump scroll compressors, HHP-Series. [Online]. 2015. [cit. 17.10.2020]. Dostupné z:
<https://www.danfoss.com/en/products/compressors/dcs/compressors-for-air-conditioning-and-heating/heating-scrolls-psh/#tab-overview>
- [7] Getzner, Firemní materiály. Measurement Report for Heat Pump Bearing. Getzner. [Online]. 2020. [cit. 17.10.2020]. Dostupné z:
[https://www.getzner.com/media/5092/download/Measurement Report for Heat Pump Bearing EN.pdf?v=2](https://www.getzner.com/media/5092/download/Measurement%20Report%20for%20Heat%20Pump%20Bearing%20EN.pdf?v=2)
- [8] Getzner, Firemní materiály. Bearing of Heat Pumps. Getzner. [Online]. 2020. [cit. 17.10.2020]. Dostupné z: <https://www.getzner.com/en/applications/industry/h>
- [9] GRAF, H., R. Lärmreduktion bei Luft/Wasser-Wärmepumpenanlagen. Sulzer Innotec. [Online] 2002. [cit. 10.11.2020]. Dostupné z:
http://www.laerm.ch/dokumente/laermvorsorge/waermepumpen_bae.pdf
- [10] GROSS, D., GENERVOIS, D. Scroll Wrap Additional Stress In Variable Speed Application. Compressor Engineering Conference. [Online] 9-12. 7. 2018. [cit. 1.11.2020]. Dostupné z: <https://docs.lib.purdue.edu/icec/2584>
- [11] Heat pumps and sound. European Heat Pump Association (EHPA). [Online] 2020. [cit. 3.10.2020]. Dostupné z:
https://www.ehpa.org/fileadmin/user_upload/HEAT_PUMPS_AND_SOUND_-_WHITE_PAPER-compressed.pdf
- [12] HUANG, Z. aj. The Diagnosis and Optimization of Scroll Compressor Noise Based on the Theory of Near-Field Acoustical Holography. International Compressor Engineering Conference. [Online] 12-15. 7. 2010. [cit. 17.10.2020]. Dostupné z:
<https://docs.lib.purdue.edu/icec/2016>
- [13] KARAGIORGIS, G. Flow modeling of scroll compressors and expanders. Unpublished Doctoral thesis, City University London. [Online] 1998. [cit. 2.11.2020]. Dostupné z:
<http://openaccess.city.ac.uk/7573/>
- [14] KOUTNÝ, A. Sound Source Localization in Enclosures. Disertační práce. [Online]. 2017. [cit. 10.11.2020]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/72843>
- [15] NOVÝ, R. Hluk a chvění. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2009. 400 s. ISBN 978-80-01-04347-9. [cit. 5.10.2020].

- [16] Regulus. Firemní materiály. Stavební připravenost pro tepelné čerpadlo EcoAir 622M. [online]. 8.7.2019. [cit. 25.5.2021]. Dostupné z: https://m.regulus.cz/download/navody/cz/nn_cz_navod_st_pripavenost-ecoair-622m.pdf
- [17] Regulus. Firemní materiály. Kompenzátor. [Online]. 12.7.2019. [cit. 25.5.2021]. Dostupné z: https://m.regulus.cz/download/navody/cz/nn_cz_navod_kompenzator-pro-tc.pdf
- [18] TSENG, Ch., CHANG, Y. Family design of scroll compressors with optimization. Applied Thermal Engineering. [Online] 2006. [cit. 17.10.2020]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431105001754>
- [19] ZDVYHAL, M. Model pro určení směrovosti šíření zvuku. VUT v Brně – energetický ústav. [Online] 2016. [cit. 10.11.2020]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/handle/11012/59622>

OPTIMALIZACE PROVOZU ZDROJE CHLADU OBCHODNÍHO CENTRA

Miloš Lain, Karel Šteker

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí
Milos.Lain@fs.cvut.cz, Karel.Steker@fs.cvut.cz

ANOTACE

Článek se zabývá optimalizací provozu strojovny chladu vzhledem k spotřebě elektrické energie. V rámci optimalizace je porovnáno několik variant provozu (spínání jednotlivých zdrojů chladu) a dvou základních provozních režimů. Výsledky jsou prezentovány jak předpokládanými chladicími faktory strojovny, tak potenciálem úspor získaným z naměřených potřebných chladicích výkonů budovy.

ÚVOD

Strojovny chladu větších objektů, například obchodních center, jsou většinou osazeny více zdroji chladu. I když moderní zdroje chladu mají kvalitní regulaci nezávadka s funkcemi optimalizace provozu, taková regulace však nemůže optimalizovat provoz celé strojovny s několika rozdílnými zdroji. Optimální provoz strojovny s minimální spotřebou elektrické energie závisí na regulaci celé strojovny a tím se zabývá i tento článek.

STROJOVNA CHLADU V OBCHODNÍM CENTRU

Článek se zabývá optimalizací provozu nové strojovny chladu obchodního centra. Jedná se o jedno z největších obchodních center v České republice. V nedávné době bylo rozšířeno o novou budovu a v současné době obchodní centrum pokrývá plochu 102 266 m² s více než 300 obchodními jednotkami. [1]

V obchodním centru se nacházejí tři strojovny chladu. Strojovny *Východ*, *Západ* a nově přistavená *Strojovna D*, kterou se zabývá tento článek.

Zdrojem chladu v této strojovně jsou dvě chladicí jednotky s vodou chlazenými kondenzátory od firmy *TRANE*. Jednotky používají chladivo R134a. Ochlazují chemicky upravenou vodu a jako teplotonosná látka pro odvod tepla slouží nemrznoucí směs vody s obsahem 30 % etylen-glykolu. První chladicí jednotka nese název RTWD (dále jen RTWD). Jednotka má dva šroubové kompresory s plynulou regulací, dva chladivové okruhy a její maximální chladicí výkon je 967 kW. Druhá jednotka CVGF (dále jen CVGF) má jeden dvoustupňový turbo kompresor, taktéž s možností plynulé regulace výkonu a její maximální chladicí výkon je 2 785 kW. Chladicí jednotky spolupracují v kaskádovém zapojení a zároveň je celá strojovna hydraulicky propojena se zbylými dvěma strojovnami v objektu. Výparníky chladicích jednotek jsou přivedeny do společného rozdělovače, který dále distribuuje chladnou vodu do objektu. Kondenzátory jsou sloučeny do jediné větve, jež je připojena k třem suchým chladičům s možností adiabatického chlazení rozprašováním vody. V přechodových obdobích a zimą lze suché chladiče využívat i pro volné chlazení (free cooling). V okruhu kondenzátoru RTWD je rovněž připojen deskový výměník zpětného získávání tepla (dále jen výměník ZZT), ten je možné použít k předehřevu topné vody kondenzačním teplem z jednotky RTWD.

PROVOZ STROJOVNY CHLADU

Vzhledem k tomu, že se jedná o relativně novou strojovnu chladu, je vhodné zabývat se provozním nastavením obou jednotek a optimalizací provozu a tím snížení provozních nákladů. Pro nově přistavenou budovu byla projektem stanovena maximální potřeba

chladicího výkonu na 3 770 kW. Potřeba tepla byla stanovena na hodnotu 4 798 kW. Strojovna má dva základní režimy provozu:

Provozní režim 1 zajišťuje pouze potřebný chladicí výkon.

Provozní režim 2 umožňuje kromě dodávky chladu i dodávku tepla, a to díky využití výměníku ZZT pro přehřev teplé vody.

Potřebu tepla pro oba režimy primárně zajišťuje výměníková stanice, jakožto hlavní zdroj tepla v budově.

Podkladem pro stanovení křivky chladicího faktoru strojovny byla podrobná data od firmy Trane, ze kterých byly získány průběhy el.příkonu v závislosti na chladicím výkonu pro obě chladicí jednotky při daných teplotních podmínkách. Na základě těchto závislostí byla získána křivka chladicího faktoru strojovny jak pro stávající stav v provozním režimu 1, tak pro všechny další varianty provozu. Průběh el příkonu v závislosti na chladicím výkonu je u obou jednotek definován od minimální zátěže, ta je pro jednotku RTWD 20 % a pro jednotku CVGF 12 %. Pod tímto minimem není doporučeno jednotku dlouhodobě provozovat a není možná plynulá regulace, jednotka pracuje částečně v režimu zapnuto / vypnuto.

Stávající stav

Budova je nyní provozována v provozním režimu 1. Ten vychází z letního provozu a byl nastaven tak, aby strojovna pracovala s vysokými chladicími faktory EER (Energy Efficiency Ratio). Na vstupu a výstupu z výparníku je celoročně nastavena teplota chladné vody 7/15 °C u obou chladicích jednotek. Teplotní spád na kondenzátoru je nastaven na 32/39 °C.

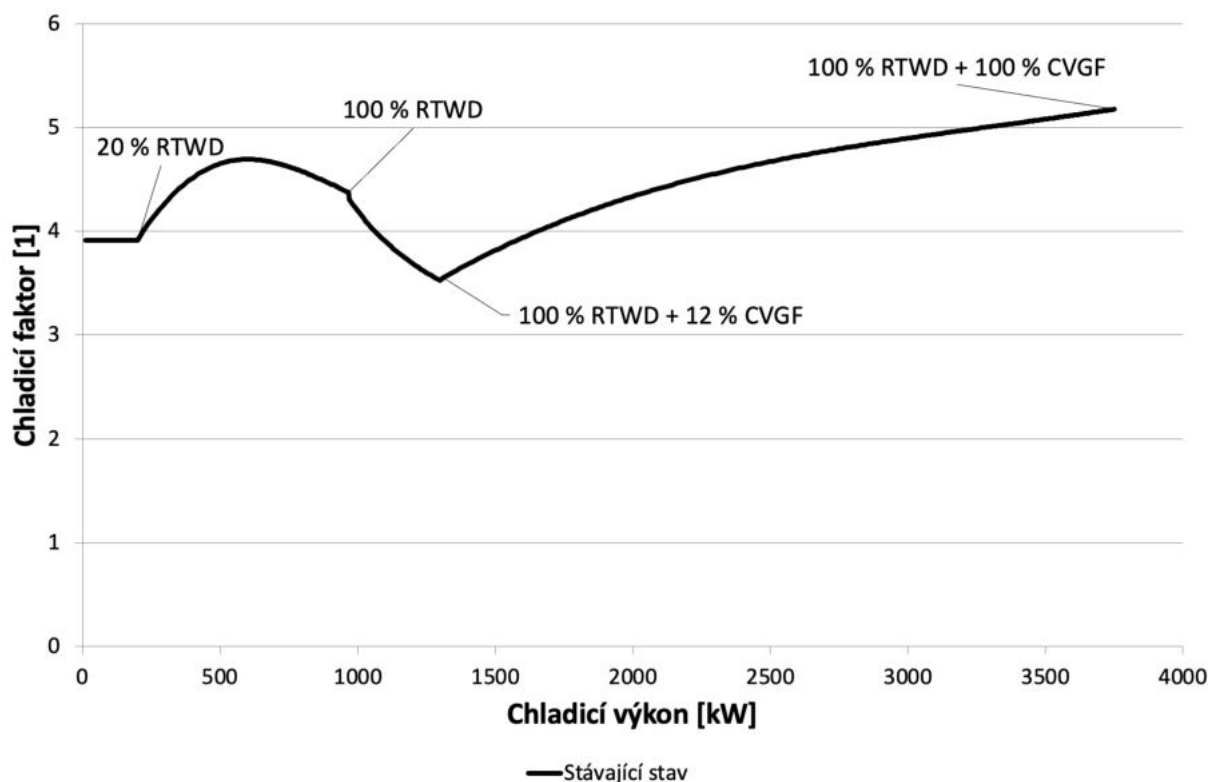
V stávajícím stavu je prioritně využívána jednotka RTWD se šroubovými kompresory a v případě kdy její výkon nestačí se spustí jednotka CVGF s turbokompresorem, která svůj výkon postupně zvyšuje, jednotka RTWD zůstává v provozu na 100 %. Stávající provoz strojovny lze dle dodávaného výkonu rozdělit do čtyř oblastí (viz. Obr 1).

Výkon 0 až 193 kW: Jednotka RTWD zahajuje výrobu chladu, udržuje konstantní teplotu vody na výstupu z výparníku 7 °C. Jednotka je pod minimálním výkonem, ale takové malé výkony strojovna trvale nedodává, takže se jedná o náběh.

Výkon 193 až 967 kW: V provozu je jednotka RTWD, která plynule reguluje výkon frekvenčními měniči kompresoru do svého max. výkonu.

Výkon 967 až 1300 kW: Jednotka RTWD běží na plný výkon a postupně nabíhá jednotka CVGF. Vzhledem k tomu, že jednotku CVGF lze plynule regulovat od 12 % výkonu, je v tomto rozsahu v nestabilní oblasti.

Výkon 1300 až 3752 kW: V této oblasti běží naplno RTWD a CVGF postupně plynule zvyšuje svůj výkon až do maxima. [2,3]

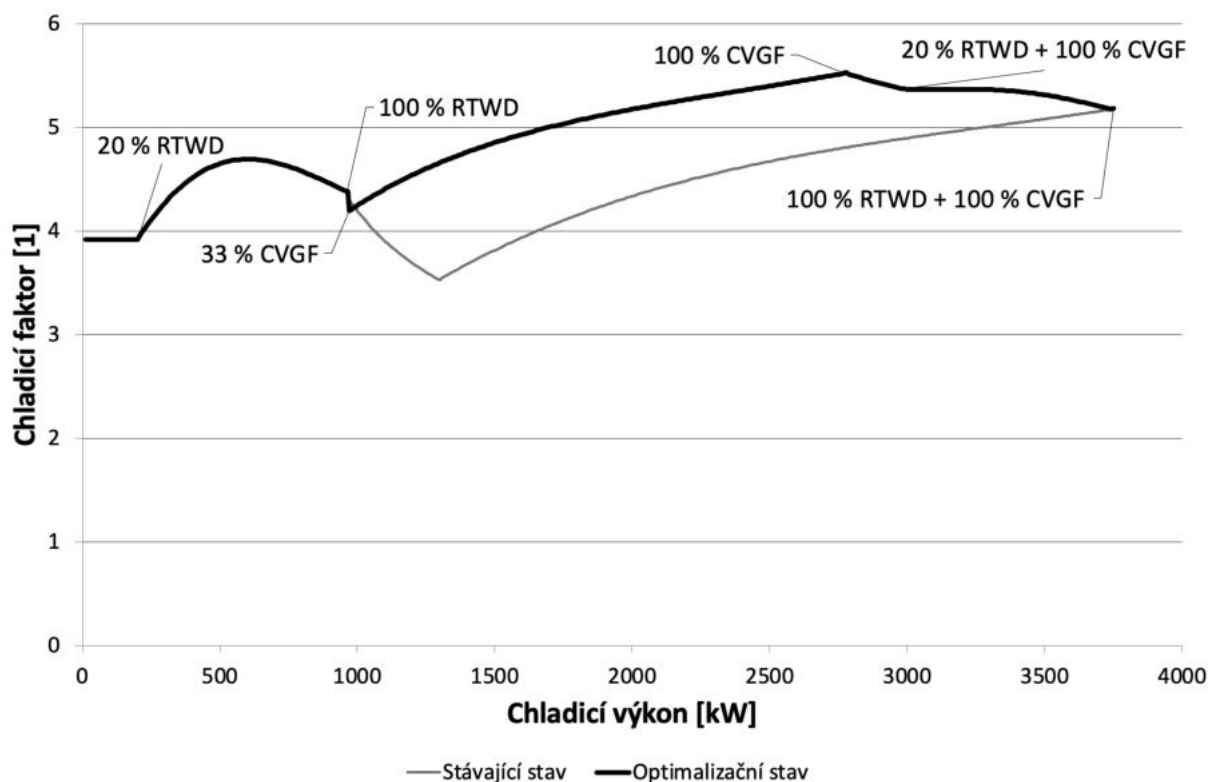


Obr. 1 Křivka chladicího faktoru strojovny pro stávající stav v provozním režimu 1 [2].

OPTIMALIZACE PROVOZU V PROVOZNÍM REŽIMU 1

Stávající nastavení provozu naznačuje možnosti optimalizace, a to především díky tomu, že jednotka CVGF má při vyšších výkonech vyšší chladicí faktor nežli jednotka RTWD, navíc není vhodné provozovat jednotku CVGF při nižším výkonu nežli 12% maxima. V rámci optimalizace bylo porovnáno celkem 5 variant provozu strojovny, kdy byla měněna priorita provozu jednotek (RTWD nebo CVGF) a procentuální podíl výkonu jednotlivých jednotek na chladicím výkonu dodávané strojovnou. Cílem optimalizace bylo najít takové nastavení, kdy je pro všechny chladicí výkony dodávané strojovnou maximální chladicí faktor EER.

Výsledný optimální provoz z pohledu maximálního chladicího faktoru je následující. První spínanou jednotkou zůstává jednotka RTWD, která má pro menší chladicí výkony lepší chladicí faktor nežli jednotka CVGF a zajišťuje výrobu chladu do svého maximálního výkonu 967 kW. Pro větší výkon nežli 967 kW je zapnuta jednotka CVGF na 33 % svého max. výkonu a jednotka RTWD je vypnuta. Při tomto přepnutí dojde k mírnému skokovému snížení chladicího faktoru, neboť CVGF má při 33 % výkonu mírně nižší EER nežli RTWD při 100 % výkonu. S rostoucím výkonem, ale chladicí faktor jednotky CVGF roste a ta je schopná zajistit dodávky chladu s vyšším EER nežli jednotka RTWD. V případě, kdy bude potřeba chladu budovy vyšší, než bude možné zajistit jednotkou CVGF (2785 kW), bude do výroby opět připojena jednotka RTWD od 20 % až do 100 % zatížení chladicího výkonu a jednotky budou dodávat chladicí výkon společně. [1]



Obr. 2 Křivka chladicího faktoru strojovny pro optimalizovaný stav v provozním režimu 1 [2]

Jak plyne z grafu na Obrázku 2, v první fázi, kde oba provozní stavy využívají k výrobě chladu pouze jednotku RTWD, dosahují zcela shodných chladicích faktorů se stávajícím provozem. Rozdíl se následně projevuje poté, co potřeba chladu převyší maximální výrobní kapacitu jednotky RTWD (967 kW). Od této hranice lze pozorovat značný rozdíl v chladicích faktorech stávajícího provozu a navrhovaného optimalizovaného provozu. Dojde ke zvýšení chladicího faktoru v průměru o 0,58. Maximální hodnota chladicího faktoru optimalizovaného stavu dosahuje 5,53. [1]

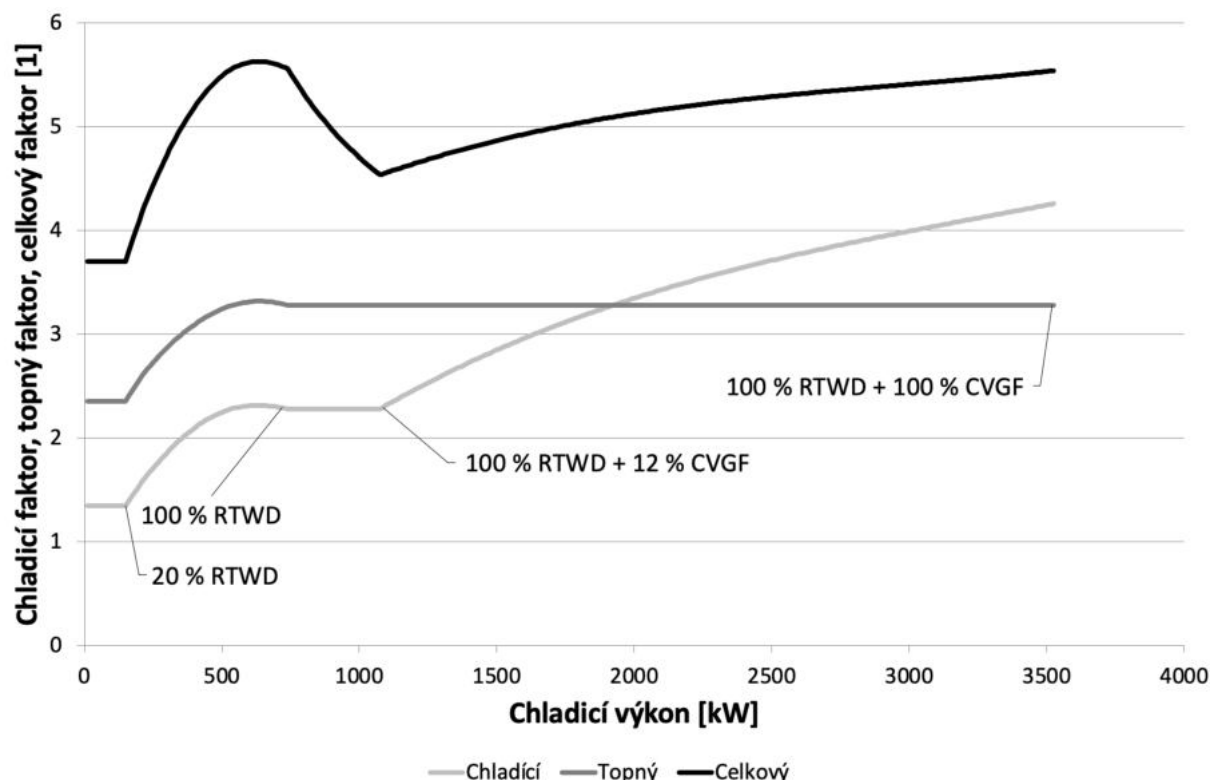
PROVOZNÍ REŽIM 2

Provozní režim 2 umožňuje využití kondenzačního tepla z RTWD pro předehřev teplé vody a tím dochází k paralelní výrobě tepla i chladu strojovnou. Nevýhodou tohoto režimu je zhoršení chladicího faktoru RTWD, protože pro předehřev teplé vody je třeba vyšších teplot na kondenzátoru. Provozní podmínky jednotky CVGF zůstávají totožné jako v provozním režimu 1. Na vstupu a výstupu z výparníku jsou u obou jednotek zachovány stejné teploty jako v režimu 1 (7/15 °C), na rozdíl od teplot kondenzátoru, kde u jednotky RTWD jsou nově nastaveny teploty na 52/58 °C.

Pro provozní režim 2 je nutné brát v úvahu kromě chladicího faktoru i faktor topný a celkový (celkový faktor zahrnuje jak vyrobené teplo, tak chlad). Hlavní funkcí strojovny chladu zůstává dodávka chladu, a tak jsou stejně jako v případě provozního režimu 1 chladicí, topné i celkové faktory vztaženy k chladicímu výkonu strojovny.

Při využívání tepla z RTWD je logická její priorita provozu. Takže základní provoz vychází ze stávajícího provozu strojovny a liší se pouze tím, že RTWD je využívána i pro ohřev teplé vody. První jednotkou, která zahajuje výrobu chladu, je jednotka RTWD. Jednotka RTWD udržuje konstantní teplotu vody na výstupu z výparníku 7 °C a při teplotě na kondenzátoru 58 °C. Jednotka postupně zvyšuje výkon až do dosažení maxima a potom je připojena

jednotka CVGF, která postupně zvyšuje výkon až do maxima strojovny. Podobně jako u provozního režimu 1 jsou problémy při minimálních výkonech chladicích jednotek, kde nefunguje plynulá regulace a jednotky jsou kromě modulace výkonu spínány zapnuto/vypnuto.



Obr. 3 Křivka chladicích, topných a celkových faktorů strojovny v provozním režimu 2 odpovídajícímu stávajícímu provozu [2]

Další optimalizace

Snaha o optimalizaci provozu v provozním režimu 2 vedla k řešení varianty provozu, která se od předchozí liší tím, že jakmile dosáhne jednotka RTWD 100% zatížení výkonu připojí se jednotka CVGF od 12 % zatížení a jednotce RTWD bude snížen chladicí výkon na 87 % zatížení. Tím se zamezí provozu CVGF s velmi nízkým výkonem, kdy není garantována plynulá regulace. Jednotka RTWD nadále bude pracovat v 87 % zatížení (maximální chladicí faktor jednotky) do doby, než jednotka CVGF dosáhne svého maximálního zatížení. Pokud bude potřeba chladu budovy vyšší i jednotka RTWD bude zvyšovat výrobu chladu až do svého maximálního zatížení. [1] Výsledky celkového faktoru této varianty provozu se od předešlé liší pouze minimálně. Dochází k mírnému zvýšení chladicího faktoru ale i mírnému poklesu výroby tepla a snížení celkového faktoru. Pro posouzení vhodnější varianty by bylo třeba znát poměr ceny tepla a chladu, resp. elektrické energie, proto se spíše jedná o variantu provozu nežli o jeho optimalizaci.

NAMĚŘENÉ HODNOTY

Pro provozní režimy strojovny, jsou k dispozici skutečné naměřené hodnoty spotřeby chladu z roku 2018. Hodnoty jsou převzaty z měřících kalorimetrů, jež jsou umístěny na výstupech z výparníků obou chladicích jednotek. V práci jsou použity hodnoty z roku 2018, jelikož v roce 2020 nebylo možné provést aktuální měření díky odstávce nákupního centra.

Z těchto hodnoty byly, dle zpracovaných průběhů chladicích faktorů, stanoveny elektrické příkony a z nich pak průměrný chladicí a případně i topný, či celkový faktor strojovny. Výsledné hodnoty jsou znázorněny v následující tabulce 1.

Tab. 1 Roční produkce chladu, tepla a spotřeby elektrické energie s průměrnými chladicími a celkovými faktory

Provozní režim		Produkce chladu	Produkce tepla	Spotřeba el. energie	EER	TER
		[MWh·rok ⁻¹]	[MWh·rok ⁻¹]	[MWh·rok ⁻¹]	[-]	[-]
1	Stávající	4 200,43	0	1 014,6	4,14	4,14
1	Optimalizovaný	4 200,43	0	922,64	4,55	4,55
2	„Stávající“	4 200,43	4 764,6	1 839,4	2,28	4,87
2	Varianta	4 200,43	4 410,9	1 788,3	2,35	4,82

Pro všechny provozní režimy platí stejná roční produkce chladu 4,2 GWh/rok která vychází z naměřených hodnot. Kromě toho v provozním režimu 2 je vyprodukováno i teplo. Pro jednotlivé varianty provozu obou provozních režimů jsou pak rozdílné i spotřeby elektrické energie. Při stávajícím stavu byla vyhodnocena spotřeba el. energie 1,014 GWh/rok, zatímco při optimalizované variantě provozu je možné produkovat stejné množství chladu se spotřebou elektrické energie 0,923 GWh/rok. Rozdíl ve spotřebě elektrické energie následně činí 92 MWh/rok což je 9 %. Chladicí faktor se zvýší v provozním režimu 1 o hodnotu 0,41 oproti stávajícímu stavu.

SKUTEČNÝ PROVOZ

Jak již bylo zmíněno, optimalizace byla provedena pro chladicí faktory v závislosti na potřebném chladicím výkonu strojovny. V reálném provozu dochází k dynamickým změnám a projeví se i setrvačností jak zdrojů chladu, tak rozvodů. Proto by bylo vhodné otestování nových nastavení v rámci zkušebního provozu. Bohužel díky Covid situaci nebylo takové monitorování možné.

Pro posouzení zde je vhodné použít provozní režim 2 je důležitá dostupnost a cena tepla v porovnání s cenou el. energie.

ZÁVĚR

V rámci této práce byla provedena analýza optimalizace provozu nové strojovny chladu obchodního centra. V případě provozního režimu 1 (jen výroba chladu) lze novým nastavením postupu spínání jednotek výrazně zvýšit chladicí faktor pro větší výkony a lze předpokládat snížení spotřeby elektrické energie o cca 9 %.

Provozní režim 2 s využitím odpadního tepla pro předehřev vody dosahuje celkových faktorů výroby tepla a chladu dohromady lepších nežli optimalizovaný provozní režim 1. Ale samostatné chladicí faktory jsou v tomto režimu horší a o jeho rentabilitě rozhoduje porovnání ceny tepla a el. energie v reálných podmínkách.

LITERATURA

- [1] NÁKUPNÍ CENTRUM WESTFIELD CHODOV [online]. [cit. 2021-6-12]. Dostupné z: <https://cz.westfield.com/chodov/centre>
- [2] ŠTEKER, K. CHLADICÍ FAKTORY ZDROJŮ CHLADU V NÁKUPNÍM CENTRU, Diplomová práce, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí, 2021
- [3] TRANE: Installation Operation Maintenance [online]. 2017 [cit. 2021-6-12]. Dostupné z: https://www.trane.com/WEBCACHE/RLC-SVX19F-GB_01012017.PDF

ZKOUŠKA ZOKT HORKÝM KOUŘEM V PODZEMNÍCH GARÁŽÍCH ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY

Ing. Vladimíra Linhartová, Ph.D.¹, Ing. Martin Buřič¹

¹projektový management TZB

vladka.linhartova@email.cz; martin@buric.eu

ANOTACE

Článek popisuje provedenou zkoušku netoxickým horkým kouřem ve dvou podlažích podzemních garáží v administrativní budově v Polské republice. Tato zkouška slouží k prověření funkčnosti zařízení pro odvod kouře a tepla vizuální kontrolou obrazu proudění vzduchu bez měření jakýchkoliv parametrů.

ÚVOD

Požární větrání v řešeném objektu zahrnuje i systém k odvodu kouře a tepla v podzemních garážích s využitím JET neboli proudových ventilátorů. Podle závazných předpisů v Polsku je tento systém včetně kontrolní zkoušky funkčnosti vyžadován u objektů s podzemními garážemi, kde plocha požárního úseku je větší než 1500 m². V článku jsou popsány požadavky projektanta požárně bezpečnostního řešení včetně CFD simulace na jejímž základě byl instalován systém požárního větrání a tento byl prověřen netoxickou zkouškou s vyvíječem horkého kouře.

POPIS OBJEKTU

Systém je instalován v administrativní budově, která má požární výšku 88 m a pět podzemních podlaží. V prvním podzemním podlaží jsou prostory připravené pro budoucí využití nájemcem (např. supermarket, konferenční centrum), ve druhém a třetím podzemním podlaží jsou garáže, ve čtvrtém podzemním podlaží jsou prostory pro skladování a páté podlaží je technické. Konstrukčně se jedná o betonovou monolitickou konstrukci. Jednotlivá podlaží s garážemi mají podlahovou plochu 2.000 m², ve druhém podlaží je 63 parkovacích stání a ve třetím je 67 stání. V celém objektu je instalováno samočinné stabilní hasicí zařízení s hlavici s rychlou reakcí, elektrická požární signalizace a požární rozhlas.

POŽÁRNÍ VĚTRÁNÍ

V budově je systém požárního přetlakového odvětrání instalován na vertikálních evakuačních cestách (včetně výtahů a předsíně schodiště na podlaží zasaženém požárem). Výtahová lobby slouží k uvolnění přetlaku jak z předsínek schodišť, tak i z výtahových šachet a jsou vybavena systémem odvodu kouře a tepla z požárem zasaženého podlaží.

Dále je budova vybavena zařízením pro odvod kouře a tepla (dále ZOKT) v podzemních garážích. Systém ZOKT je využit také pro provozní a havarijní větrání garáží s redukovanými průtoky vzduchu.

Zařízení pro odvod kouře a tepla v garážích

Článek se zabývá pouze zařízeními pro ZOKT v podlažích s podzemními garážemi. Každé podlaží je rozděleno na dvě kouřové zóny, tzn. celkem čtyři kouřové sekce. Kouřové sekce na podlaží jsou rozděleny pod stropem vybudovanou přepážkou z požárně odolného sádkokartonu výšky 500 mm.

Účelem instalovaného systému ZOKT je udržení kouřové sekce, která není zasažena požárem, čisté a také účinné odvedení zplodin hoření z prostoru. Tímto má být zajištěna dostatečná

viditelnost v nezasazené kouřové sekci a zabránění paniky osob. Systém tvoří zařízení pro přívod čerstvého vzduchu, uzávěry kouřových sekcí, proudové ventilátory a zařízení pro odvod vzduchu.

Cílem systému ZOKT je:

- umožnit bezpečnou evakuaci osob z garáže,
- udržení kouře v jedné kouřové sekci pod stropem po dobu evakuace osob,
- zajištění viditelnosti a bezpečné teploty vzduchu v prostoru, po dobu a v místech, kde bude probíhat evakuace osob;
- vytvoření a udržení přiměřených podmínek pro HZS.

Přiváděný čerstvý vzduch je nasáván žaluziemi ze tří samostatných stavebních objektů výšky 6 m vzdálených 3 m od východní fasády budovy. Vzduch je po budově distribuován betonovými kanály. Pro přívod vzduchu jsou využívány dva axiální ventilátory o průměru 1,2 m a jmenovitém průtoku vzduchu $90.000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ při externím tlaku 700 Pa. V každé kouřové sekci je zaústěn jeden přívodní betonový vzduchotechnický kanál a vzduch je distribuován do prostoru přes kouřové klapky s pohonem. V případě aktivace ZOKT jsou otevřeny kouřové klapky jen v sekci, kde je detekován požár, ostatní klapky zůstávají uzavřeny. Celkové množství přiváděného vzduchu je $180.000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Výměna vzduchu v prostoru při spuštění ZOKT je 34 h^{-1} . Veškeré průtoky vzduchu v článku jsou uvažovány při teplotě 20°C .

Odtah kouře a tepla je nasáván přes uzavíratelné motorické kouřové klapky podtlakovou a veden betonovou šachtou nad střechu objektu. Na ústí šachty je vzduch poháněn pěti střešními ventilátory, každý o jmenovitém průtoku $40.000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ při externím tlaku 1000 Pa. Odtah vzduchu je projektován s rezervou vzhledem k možným netěsnostem v šachtě, celkové množství $200.000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

K usměrnění proudu vzduchu v garážích slouží proudové axiální dvouotáčkové JET ventilátory. Ventilátory jsou spuštěny po 3 minutách od vyhlášení alarmu druhého stupně v sekci, kde není požár, a pomáhají směřovat přiváděný vzduch od přívodní vyústky po podlaží. Průtok vzduchu ventilátorem je $3.200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na první stupeň resp. $6.300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na druhý stupeň otáček.

Havarijní větrání

Proudové neboli JET ventilátory, mohou být využity také při havarijním větrání, jejich účelem je promíchání zplodin z automobilů (CO, LPG, CNG), zředění jejich koncentrace v prostoru a také pomáhají usměrnění proudu vzduchu směrem k odtahovým mřížkám. Množství odváděného vzduchu při havarijním větrání je $20.550 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, výměna vzduchu je $3,0 \text{ h}^{-1}$.

POŽÁRNÍ SCÉNÁŘ

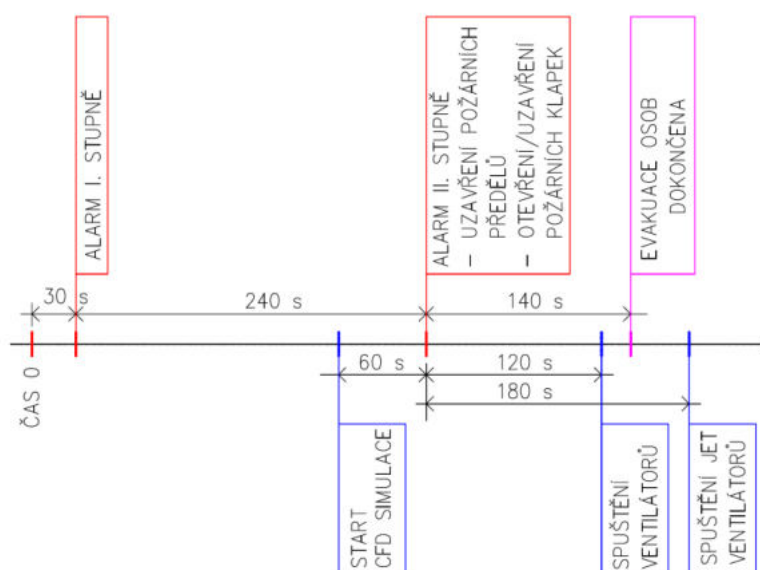
Požární scénář rozlišuje alarm prvního a druhého stupně:

- signalizace z kouřového čidla vyvolá alarm I. stupně, který je signalizován akusticky i opticky na centrále EPS ve velínu. Čas T1 (30 sekund) je vymezen obsluze k rozpoznání a případnému potvrzení alarmu;
- po potvrzení alarmu obsluhou nastává čas T2 (4 minuty), který slouží ke kontrole situace a eventuálně ke zrušení alarmu. Pokud nedojde k potvrzení alarmu v čase T1 nebo zrušení alarmu je v čase T2 vyvolán alarm II. stupně.

Sekvence spínání zařízení v garážích podle požárního scénáře:

- do 60 sekund od okamžiku vyhlášení alarmu II. stupně musí být uzavřeny požární rolety oddělující požární úseky na rampách a otevřeny/ zavřeny příslušné kouřové klapky,
- po 180 sekundách od začátku simulace (tzn. po 120 sekundách od začátku alarmu II. stupně) se spustí ventilátory k přívodu a odtahu vzduchu,
- po 240 sekundách od startu simulace (180 s od vyhlášení alarmu II. stupně) se spustí příslušné JET ventilátory.

Doba potřebná k evakuaci osob z kouřové sekce SD1 je 144 sekund, z kouřové sekce SD2 148 sekund. Požární scénář předpokládá požár vždy jen v jedné kouřové sekci.



Obr. 1 Časová osa průběhu požárního scénáře

CFD SIMULACE

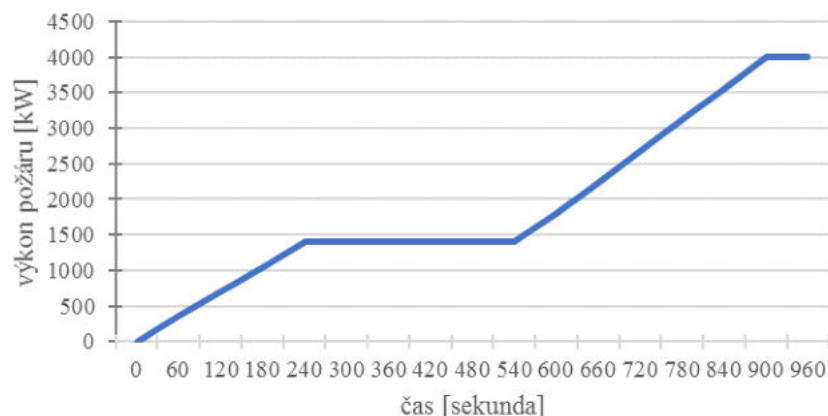
Analýza požárního větrání v garáži metodou CFD (Computational Fluid Dynamics) byla zpracována projektantem PBŘ [1].

Okrajové podmínky zadané v simulaci a požadované výsledky:

- ověření požadavku na viditelnost v požárním úseku s podsvětlenými evakuačními symboly během evakuace osob, předpoklad viditelnosti symbolu ze vzdálenosti 25 m;
- teplota vzduchu ve sledovaném prostoru během evakuace osob nesmí překročit 60 °C;
- kontrola podmínek, které budou v prostoru ve chvíli zahájení požárního zásahu (15 minut po vyhlášení alarmu II stupně); teplota nesmí překročit 100 °C ve výšce 1,5 m nad podlahou v časovém úseku 600-900 sekund od vyhlášení požáru.

Parametry návrhového požáru použité v simulaci:

- rozměr požáru je 1,6x 1,2x 3,6 m;
- množství tepla uvolněného při požáru 30 MJ.kg⁻¹ podle grafu na obrázku 2;
- uvažovaná rychlost uvolňovaného tepla 4 MW po 900 sekundách požáru, simulace zohledňuje sprinklery a předpokládá izolaci požáru na jednom vozidle.



Obr. 2 Graf vývoje požáru v čase použitý v CFD simulaci

Výsledky zjištěné CFD simulací:

- požadovaná vzdálenost, ze které jsou viditelné podsvětlené evakuační symboly ve výšce 1,8 m nad podlahou je překročena po 120 sekundách simulace;
- teplota dýmu ve výšce 1,8 m nad podlahou překročila 60 °C pouze v bezprostřední blízkosti požáru;
- po 15 minutách od vyhlášení alarmu II stupně jsou splněny podmínky k vstupu HZS, tzn. 10 metrů od ohniska požáru a dál je teplota nižší než 100 °C;
- teplota vzduchu odváděného z garáží limitní pro návrh ventilátorů a požárních klapek je 400 °C.

ZKOUŠKA NETOXICKÝM HORKÝM KOUŘEM

Zkouška horkým kouřem je vyžadována hasičským záchranným sborem a musí prokázat funkčnost instalovaných zařízení a rychlost odtahu kouře z kouřové sekce.

Při zkoušce byl dým vytvořen vyvíječem kouře Vulcan 500 o výkonu 2,8 kW nad plamenem v plechové nádobě o půdorysné velikosti A2 se třemi litry methyloalkoholu. K vytvoření kouře byl využit CO₂ o tlaku 4 bar a teplota ve vyvíječi kouře byla cca 350 °C.

Časový průběh jedné z provedených zkoušek (jednotkou času je sekunda):

- 0 s – Zahájení zkoušky horkým dýmem.
- 11 s – Detekce požáru dvěma kouřovými čidly, aktivace alarmu prvního stupně.
- 41 s – Vyhlášení alarmu II. stupně. Obsluha záměrně nereagovala na systém EPS. Automatické zahájení evakuace osob evakuačním rozhlasem. Došlo k zavření požárních předělů, požárních rolet oddělujících požární úseky na rampách a k otevření a uzavření příslušných kouřových klapek. Během zkoušky byly sprinklery uvedeny mimo provoz uzavřením příslušného ventilu ve strojovně. Provozní větrání bylo automaticky vypnuto.
- 144 s – Vypršel čas pro evakuaci osob.
- 159 s – Spuštění ventilátorů přívodu a odvodu vzduchu. Až do tohoto momentu docházelo k postupnému hromadění kouře pod stropem, po spuštění ventilátorů došlo k promíchání a vytvoření rovnoměrné mlhy v zasažené kouřové sekci.
- 220 s – Spuštění JET ventilátorů v sekci, kde nebyl detekován požár.
- Přibližně v 300 s – Ustálení stavu zakouření prostoru, situace je dále bez změn.
- 600 s – Test ukončen. Vypnutí vyvíječe kouře. Vizuální kontrola podmínek viditelnosti a stav odvodu kouře z prostoru, ukončení zkoušky.

- 900 s – Okamžik, kdy by v případě skutečného požáru nastoupil záchranný hasičský sbor.

Vznikající dým ihned po opuštění vyvíječe kouře nad nádobou s plamenem stoupal vzhůru ke stropu a postupně vytvářel stratifikovanou zónu. Kouřová přepážka oddělující kouřové zóny tvořila předěl a velkou měrou zamezila přesunu kouře do vedlejší zóny. Od okamžiku, kdy byly spuštěny ventilátory pro přívod a odtah vzduchu, došlo velmi rychle k promíchání a vytvořila se rovnoměrná vrstva kouře po celé světlé výšce prostoru. Vizualně bylo možné zřetelně pozorovat směr proudění kouře v prostoru a jeho odvod danými vyústkami. V těchto podmínkách proběhla kontrola viditelnosti signalizace únikových cest. Od okamžiku vypnutí vyvíječe kouře byl do 5ti minut prostor odvětrán a viditelnost byla velmi dobrá.



Obr. 3 Viditelnost signalizace únikových cest v prostoru s ustálenou rovnoměrnou vrstvou kouře a v čistém prostoru

ZÁVĚR

Během testování systému ZOKT zkouškou horkým kouřem došlo po detekci kouře kouřovými čidly k aktivaci sekvence spouštění a odstavení zařízení podle požadavků požárního scénáře. Cílem provedené zkoušky byla kontrola funkčnosti navržených zařízení pro odvod kouře a tepla v podzemních garážích.

Zkouška byla provedena pro všechny čtyři kouřové sekce, přičemž průběhy se lišily v rychlosti detekce požáru kouřovými čidly řádově o desítku sekund. Vyvíječ požáru byl vždy umístěn z hlediska odvětrání na nejnepříznivějším (nejvzdálenějším) místě od vyústek přívodu a odvodu vzduchu, shodně s předpokladem v CFD simulaci.

Vizuální kontrolou během zkoušek bylo potvrzeno, že systém je plně funkční a splňuje požadavky příslušných norem a hasičského záchranného sboru z hlediska bezpečné evakuace osob i průběhu požárního zásahu.

LITERATURA

- [1] CISEK, T. BIENIASZ, B. *Analiza wentylacji pożarowej garażu*. Protect Tadeusz Cisek i wspólnicy spółka jawna. Styczeń 2017
- [2] POKORNÝ, J. *Metodický postup při ověřování funkčnosti požárního větrání*. Vysoká škola báňská. Leden 2011
- [3] Smay Sp. z o.o. *Raport z prób dymowych w garażu podziemnym w budynku biurowym w Warszawie*. Marsz, 2021

ROTAČNÍ REGENERAČNÍ VÝMĚNÍK ZTZ V PRAXI. VLIV OTÁČEK KOLA NA PŘENESENÝ VÝKON. FUNKCE A PŘÍKLADY POUŽITÍ, EVENT. NEPOUŽITÍ PROPLACHOVACÍ KOMORY V DĚLICÍ ROVINĚ KOLA

Ing. Karel Matějček

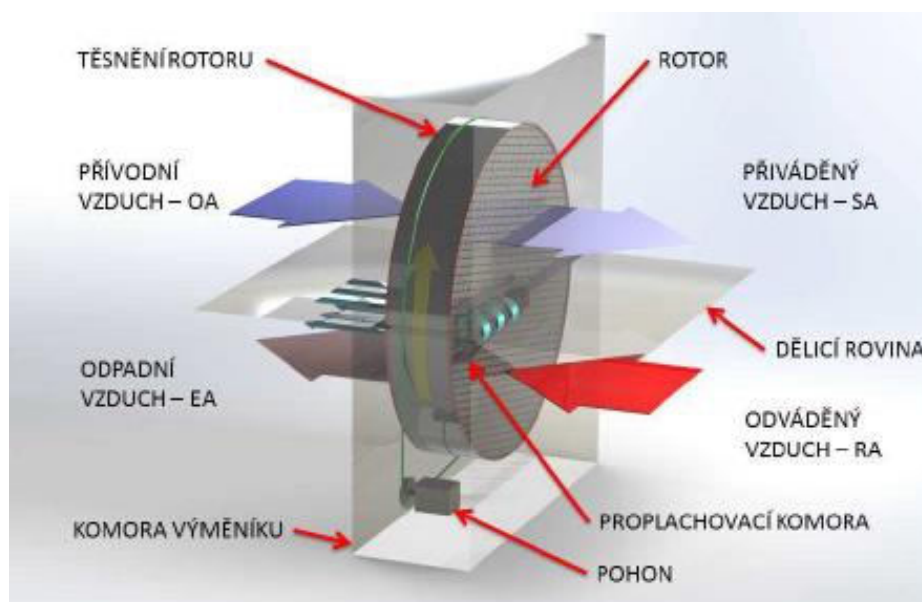
Inženýrská činnost
karel@ingmatejcek.cz

ANOTACE

Přednáška pojednává o vlivu otáček kola rotačního regeneračního výměníku zpětného získávání tepla na přenesený výkon, vliv proplachovací komory na přenesený výkon a vzduchotěsnost v dělicí rovině kola. Na závěr je uvedeno připojení do systému MaR, včetně ochrana kola proti destrukci.

ÚVOD

Stále častěji se projektují a následně provozují pro zpětné získávání tepla (ZZT) rotační regenerační výměníky (RRV) ve vzduchotechnických systémech pro přenos tepla, event. vlhkosti, mezi vydechovaným a nasávaným venkovním vzduchem, I když se to na první pohled zdá, že jejich funkce je relativně jednoduchá, opak je pravdou. Často se v praxi setkávám s tím, že neplní řádně svoji funkci a počátek toho je dost často již v projektu. V tomto příspěvku jsem se zaměřil na vliv otáček kola na přenesený výkon, vliv proplachovací komory na vzduchotěsnost v dělicí rovině kola, která má za důsledek snížení / zvýšení přeneseného výkonu a míru znehodnocení přívodního čerstvého vzduchu vzduchem vydechovaným (odpadním). Na závěr uvádím připojení RRV do systému MaR, včetně ochrana kola proti destrukci.



Obr. 1 Schéma rotačního výměníku

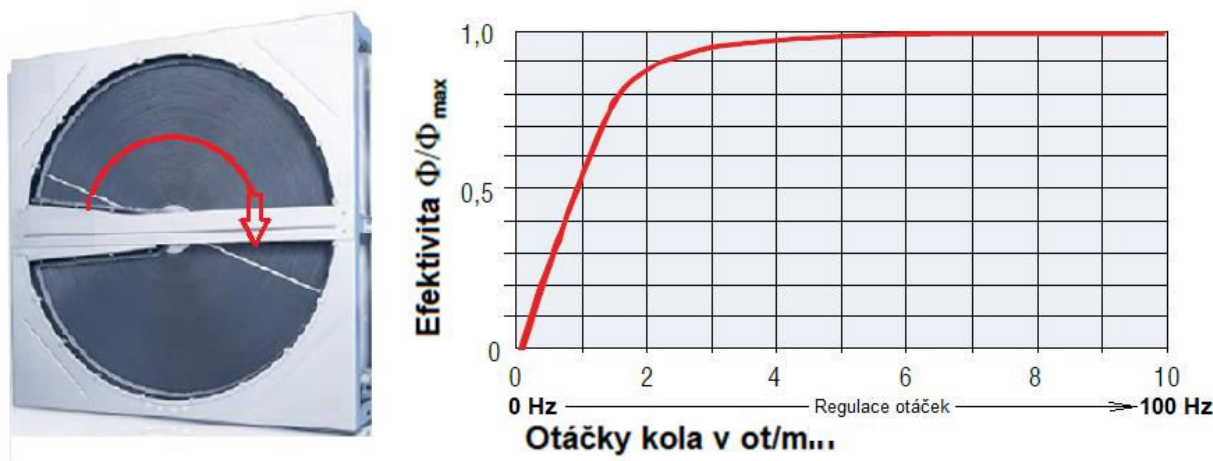
Teplotní rotor – je ve většině případů navinut z hliníkové (Al) fólie a slouží primárně:

K přenosu tepelné energie. (Vždy dochází i k částečnému přenosu vlhkosti). V zimním období zvyšuje teplotu a vlhkost přívodního vzduchu přenosem z vydechovaného vzduchu, v letním období snižuje teplotu a odvlhčuje přívodní vzduch do vydechovaného vzduchu.

K přenosu tepla a požadované vlhkosti – hygroskopický rotor se ve většině případů používá Al Fólie opatřená hygroskopickou vrstvou(zeolit), která umožňuje i přenos vlhkosti, a to s účinností až 90 %. Vrstva může být nanášena jen na určité části komůrky (jedné z folií) nebo v celém povrchu komůrky (obou foliích).

a) Závislost efektivity přenosu energií na otáčkách rotoru (kola)

Nejčastější způsob regulace výkonu RRV, tzv. efektivity přenosu, je regulací otáček kola.



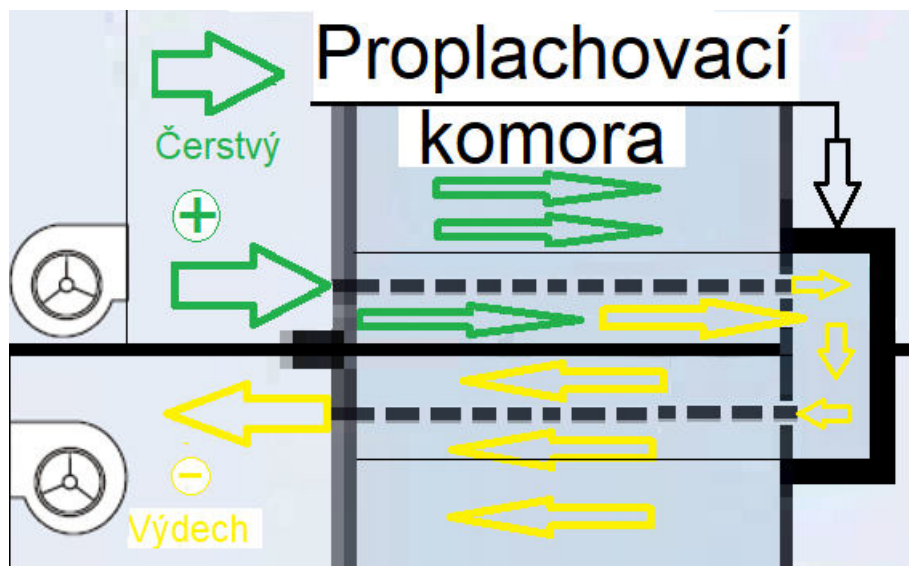
Obr. 2 Závislost efektivity přenosu na otáčkách kola

Jak je z grafické závislosti vidět, pro přenos energie jsou rozhodující otáčky kola do hodnoty cca 50 % rozsahu regulace, na druhou stranu zvyšovat otáčky kola nad 10ot/minutu nemá technické opodstatnění. Nejčastější problém v praxi je, že regulace otáček kola končí na 1,5ot, event. 1ot/minutu. To má ve většině případů za následek bezdůvodné otevření ventilu ohřevu a zapůsobení protizámrazové ochrany. Otáčky je vhodné regulovat od cca 0,25ot/minutu. Renomovaní výrobci to řeší tak, že maximální otáčky kola jsou na frekvenci pro elektromotor cca 100 Hz, event. používají elektromotory s možností regulace otáček až cca k nule.

b) Proplachovací komora v dělicí rovině kola

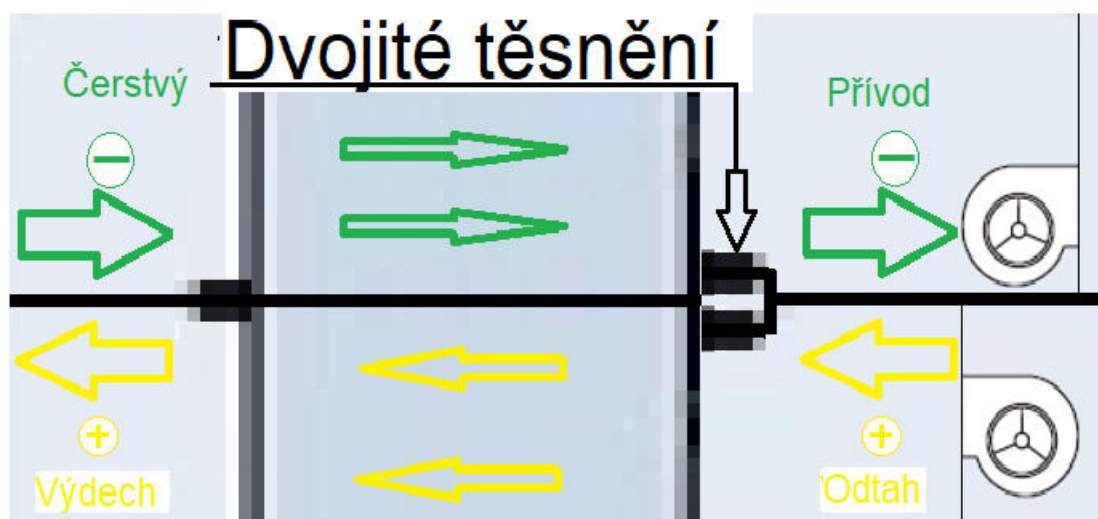
V závislosti na poloze ventilátorů vzhledem k umístění kola v sestavě VZT jednotky a tlakových poměrech v dělicí rovině kola, musí být v dělicí rovině kola osazena buď proplachovací komora nebo dvojité těsnění.

Při přetlaku mezi komorou přívodu čerstvého vzduchu vzhledem ke komoře výdechu se instaluje **proplachovací komora**, s různým úhlem otevření komory dle velikosti přetlaku – nutno počítat a navrhovat do zadání.



Obr. 3 Proplachovací komora v dělicí rovině při přetlaku v komoře přívod

Při přetlaku mezi komorou odtahu / výdechu odváděného (znehodnoceného) vzduchu vzhledem ke komoře přívodu čerstvého vzduchu se instaluje v dělicí rovině **dvojitě** těsnění pro zajištění co největší těsnosti v rovině kola.



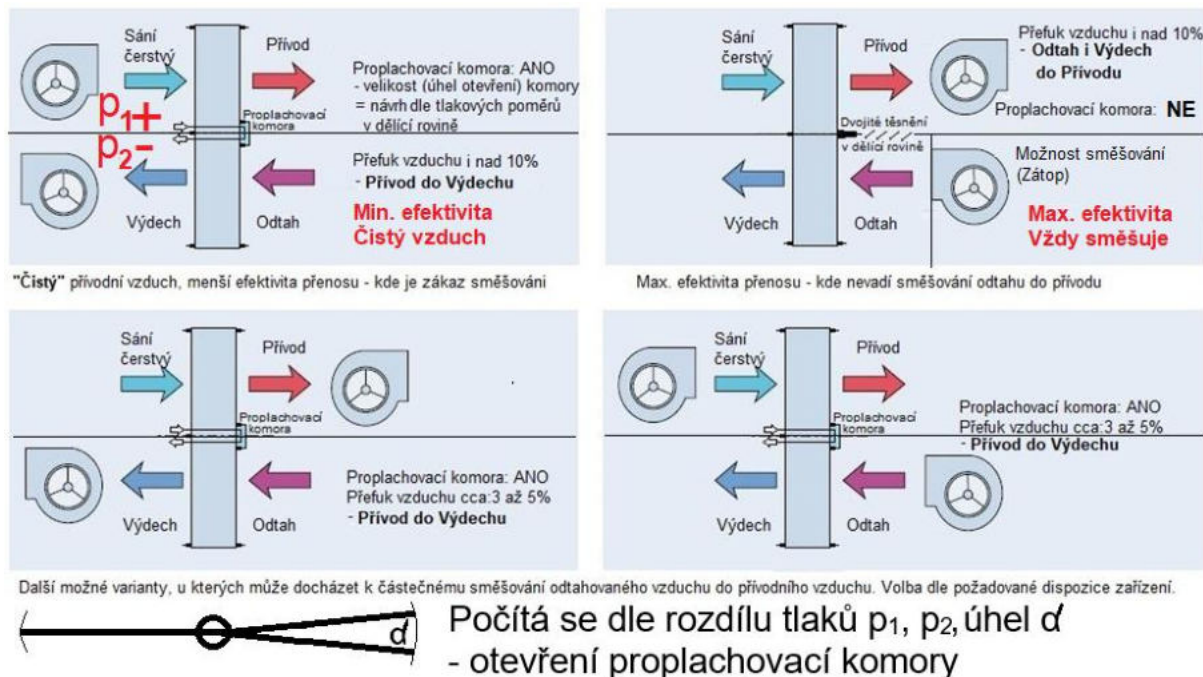
Obr. 4 Dvojitě těsnění v dělicí rovině při přetlaku v komoře odtah / výdech vzhledem k přívod

Dle toho, co se při návrhu sestavy jednotky upřednostňuje/požaduje, zda má být co největší celkový přenesený výkon nebo je podstatná „čistota“ přírodního vzduchu bez směšování, se volí pozice ventilátorů v sestavě jednotky. Krajní varianty jsou:

Max. efektivita celé sestavy, s trvalou minimální cirkulací odtahovaného vzduchu netěsnostmi (cca 10 %) do přírodního čerstvého vzduchu: ventilátor Přívod za kolem, ventilátor Odtah před kolem. V této sestavě je možné použít i směšovací komoru mezi kolem a ventilátory a maximalizovat tak i účinnost přenosu kola – kolem se nasává/vydechuje menší než výpočtové množství vzduchu.

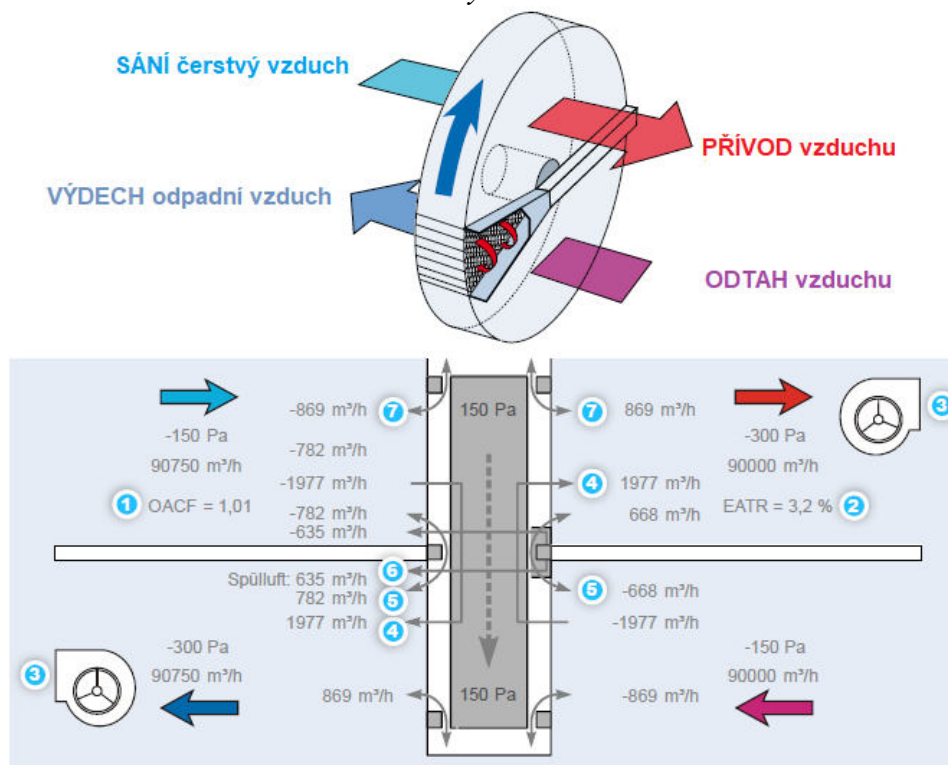
Požadavek na čistý čerstvý přírodní vzduch - min. efektivita celé sestavy: ventilátor Přívod před kolem – vytváří v dělicí rovině přetlak, ventilátor Odtah za kolem – vytváří v dělicí

rovině podtlak. U této sestavy dochází k přefuku nasávaného čerstvého, částečně již upraveného vzduchu do odtahu a následně do výdechu. Zaručí se tak čistý přívodní vzduch na úkor mírného snížení efektivity přenosu.



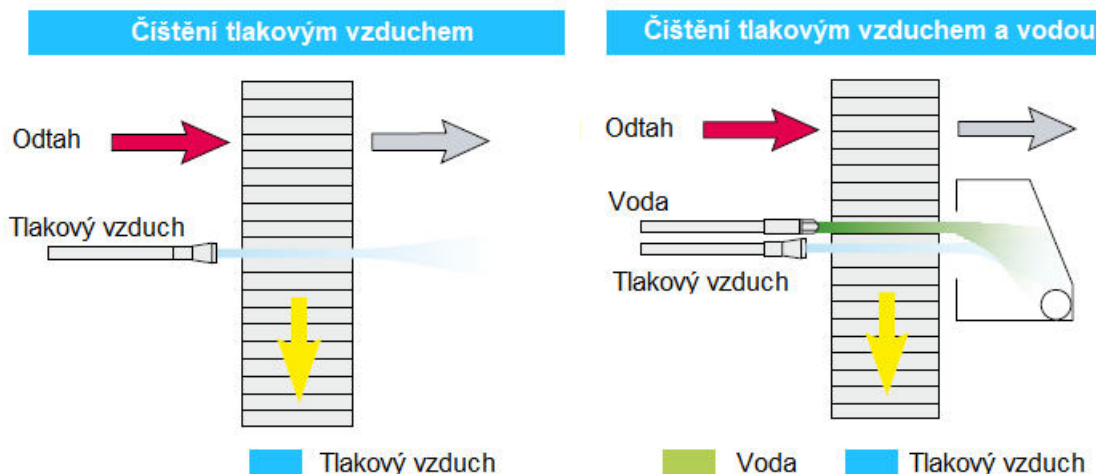
Obr. 5 Možnosti umístění ventilátorů v sestavách VZT jednotek s RV

V každém projektu musí být u specifikace VZT jednotky s RRV uvedeno, zda a pod jakým úhlem otevření bude nainstalována směšovací komora, event. zda musí být nainstalována těsnicí lišta – bez komory.



Obr. 6 Příklad netěsností u rotačního výměníku s ventilátorem Přívod i Odtah za kolem

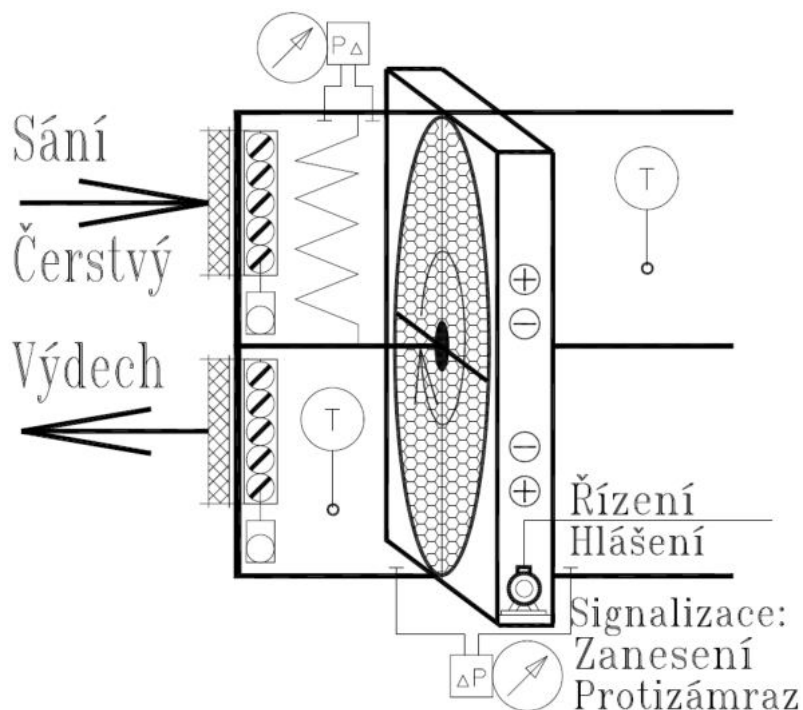
U rotačních výměníků dochází k částečnému čištění komůrek tím, že se při každé otáčce změni směr proudění vzduchu komůrkou. Přesto dochází k jeho zanášení, a tím k snížení efektivity přenosu a zvětšení tlakové ztráty kola, která má za následek nadměrné axiální zatěžování kola. Komůrky je možné čistit tlakovým vzduchem, vodou, event. kombinací obou:



Obr. 7 Čištění kola

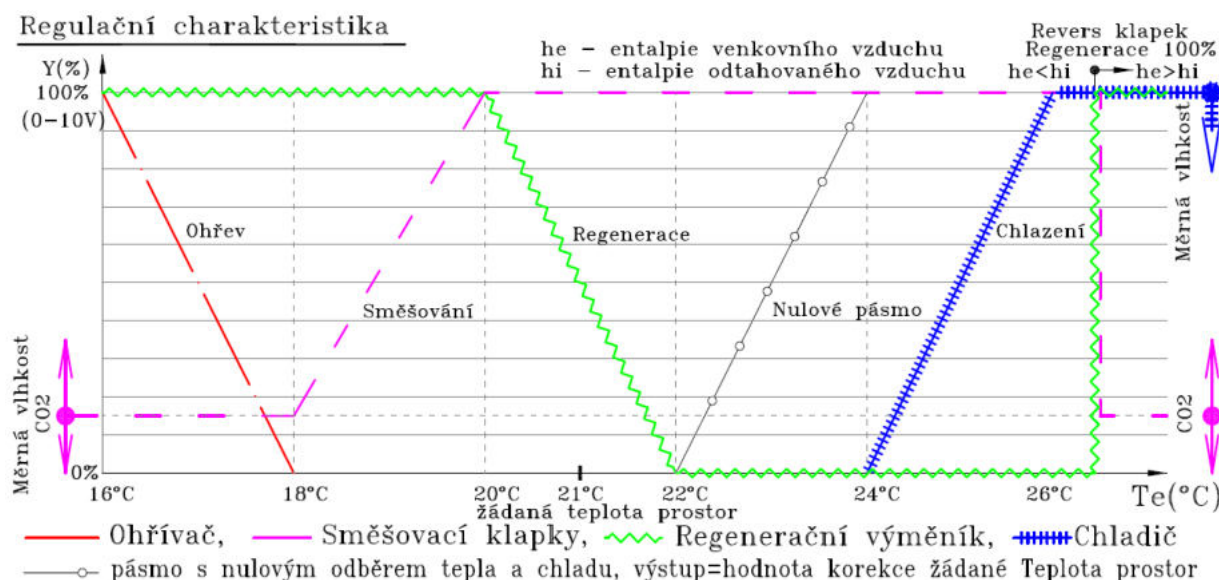
c) Připojení RV do systému MaR a ochrana kola

Připojení RRV do systému MaR musí zajistit regulaci jeho výkonu, signalizace/hlášení stavu provozu, protizámrazovou ochranu a ochranu proti axiálnímu přetížení kola proudícím vzduchem.



Obr. 8 Připojení RRV do systému MaR

Regulace výkonu RV v sestavě VZT jednotky vychází z předpokladu, že je vždy požadováno zajistit maximum čerstvého vzduchu s minimálním požadavkem na externí energie a spotřeba elektromotoru zajišťující otáčky kola RV je zanedbatelná vzhledem k přenesené energii kola. Tzn. v zimním období se kolo zapíná jako první a vypíná jako poslední při požadavku na externí energii pro sestavu, v letním období se uvede do provozu na 100% vždy, když odtahovaný vzduch má menší entalpii (event. teplotu) jak nasávaný čerstvý. Viz regulační charakteristika pro VZT jednotky s ohřivačem, chladičem, regeneračním výměníkem a směšovací komorou, s nulovým pásmem energie – výstup z této sekvence představuje žádanou vnitřní teplotu v prostoru.

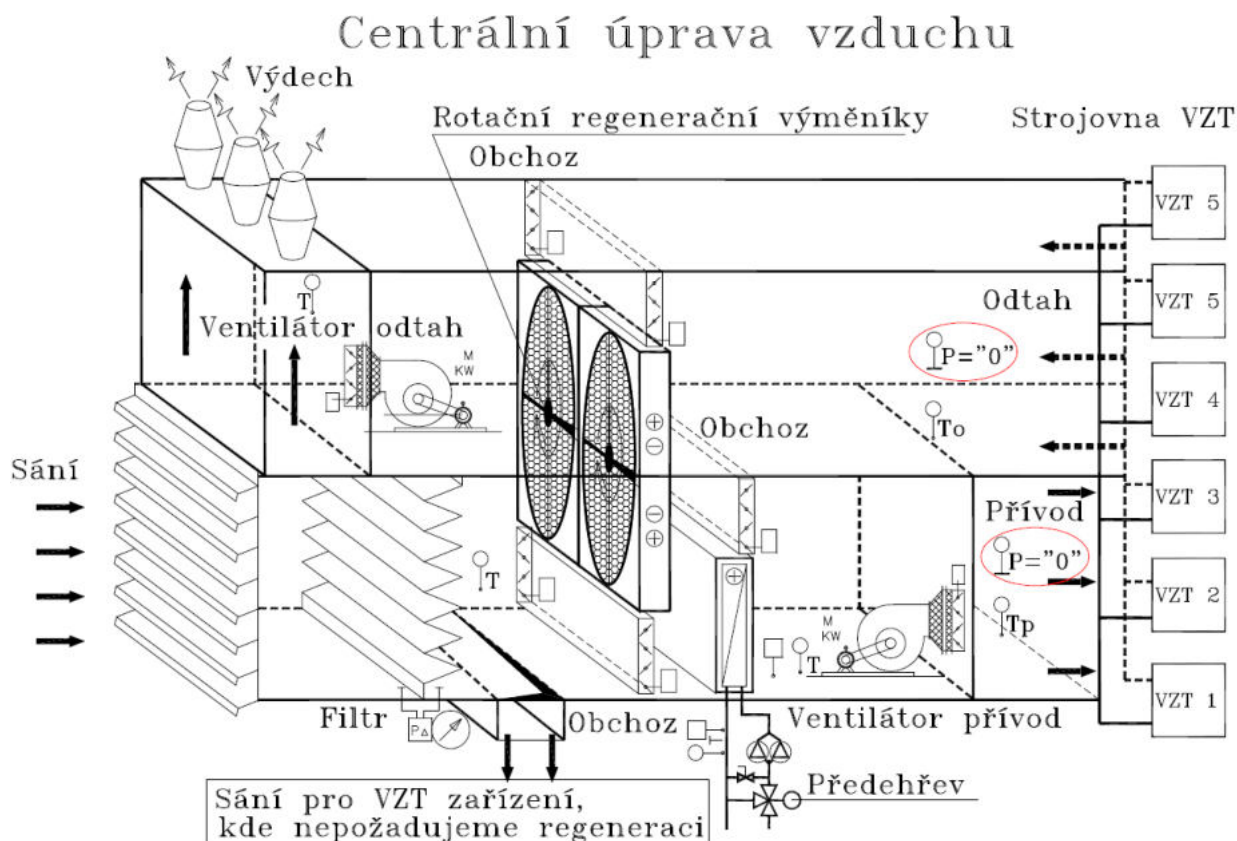


Obr. 9 Regulační charakteristika VZT jednotky

Ochrana kola proti destrukci spočívá v hlídání tlakové ztráty kola v komoře vydechovaného / odtahovaného vzduchu, která nesmí překročit parametry udávané výrobcem – každý výrobce uvádí max. možné tlakové poměry na kole. Příčiny zvětšené tlakové ztráty kola mohou být: nedodržení požadovaného množství vzduchu, zanesení komůrek nečistotami a namrzání vzdušné vlhkosti v dutinkách. Namrzání vzdušné vlhkosti v dutinkách má dva dopady na kolo. Jednak uvedené zvětšování tlakové ztráty kola, ale i vlastní destrukci dutinky vlivem namrzání vlhkosti. Hodnota nastavení snímače diferenčního tlaku se doporučuje cca +100 Pa nad deklarovanou provozní tlakovou ztrátu kola, max. však na max. hodnotu tlakové ztráty kola uváděnou výrobcem. Pokud dojde k hlášení překročení tlakové ztráty kola, je nutno zjistit příčinu. Zda jde o zanesení kola nebo namrzání kola. Při stavu „zanesené kolo“, je nutno zařízení okamžitě odstavit z provozu a kolo vyčistit. Pokud se nasává venkovní vzduch o nízké podnulové teplotě, je pravděpodobnou příčinou signalizace překročení tlakové ztráty kola namrzání vzdušné vlhkosti. Na tuto situaci musí okamžitě reagovat systém MaR a začít snižovat množství přiváděného chladného vzduchu. Buď snižováním otáček přívodního ventilátoru nebo otevíráním obchozu RV na straně přívodu – u větších zařízení je vhodné obchozy kola instalovat. Snižováním množství přívodního studeného vzduchu a zachováním množství teplého odtahovaného namrzlá vlhkost odtaje.

Rotační výměníky je možné nainstalovat buď do jednotlivých vzduchotechnických sestav VZT jednotek nebo do centrálních úprav vzduchu. Ve většině případů je energeticky výhodnější nainstalovat rotační výměníky do centrální úpravy vzduchu. Pro zařízení, kde není nutno vzduch předehřívát, se provede nasávání čerstvého vzduchu před kolem, ale výdech teplého vzduchu do kola. VZT zařízení, které nemají velké teplotní zisky využívají energii od

zařízení s tepelnými zisky. Na závěr je uveden příklad instalace RRV v systému centrálního předehřevu České televize



Obr. 10 Příklad instalace RRV v systému centrálního předehřevu

ZÁVĚR

Je velmi důležité věnovat jak návrhu, tak provozu rotačních výměníků náležitou pozornost. Jen tak se dostaví požadovaná efektivita jejich instalace a negativní dopad jejich provozu bude minimální.

LITERATURA

- [1] KASTT® spol. s r. o.: Technické podmínky pro rotační výměníky ZZT
https://kastt.cz/wp-content/uploads/2018/05/TECHNICKE_PODMINKY_RV_2017_v1.0.pdf
- [2] KLINGENBURG: QuickGuide 2018
http://www.klingenburg.de/fileadmin/user_upload/germany/Downloads/ROTOR/klingenburg_QuickGuide_en.pdf

TEPELNÉ ČERPADLO V SYSTÉMU ZDROJŮ JAKO SOUČASNÝ ZDROJ TEPLA I CHLADU Z HLEDISKA EFEKTIVITY PROVOZU

Ing. Karel Matějčík

Inženýrská činnost

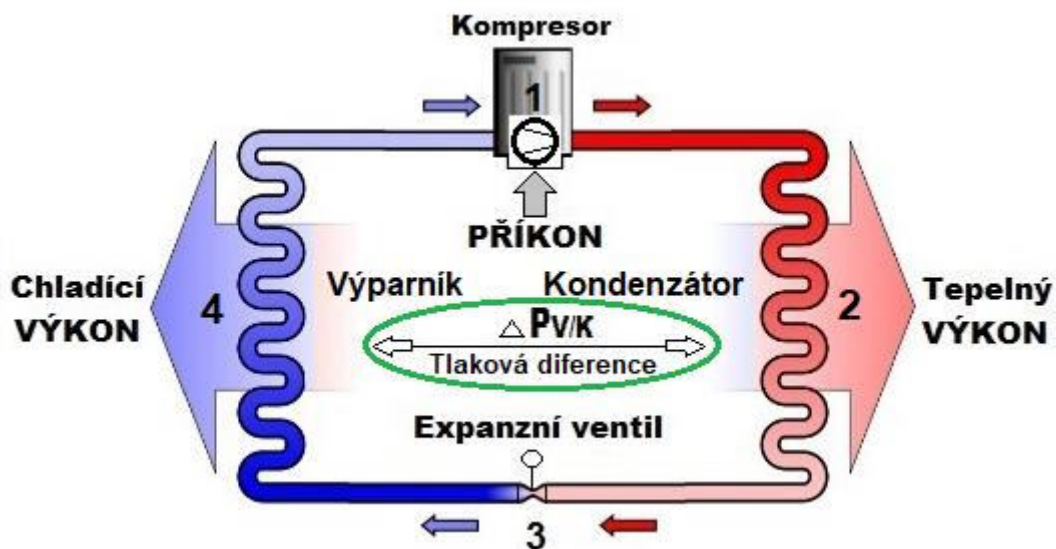
karel@ingmatejicek.cz

ANOTACE

V případě použití tepelného čerpadla v systému zdrojů jako současný zdroj tepla i chladu, s požadavkem na určitou konkrétní teplotu otopné i chlazené vody a maximální efektivitu provozu, je vhodné dodržet určitá pravidla zapojení rozvodů a regulace systémů okruhů rozvodů. Přednáška nastiňuje možnost zapojení jednotlivých okruhů systémů vytápění a chlazení tepelným čerpadlem, s důrazem na celkovou efektivitu provozu.

ÚVOD

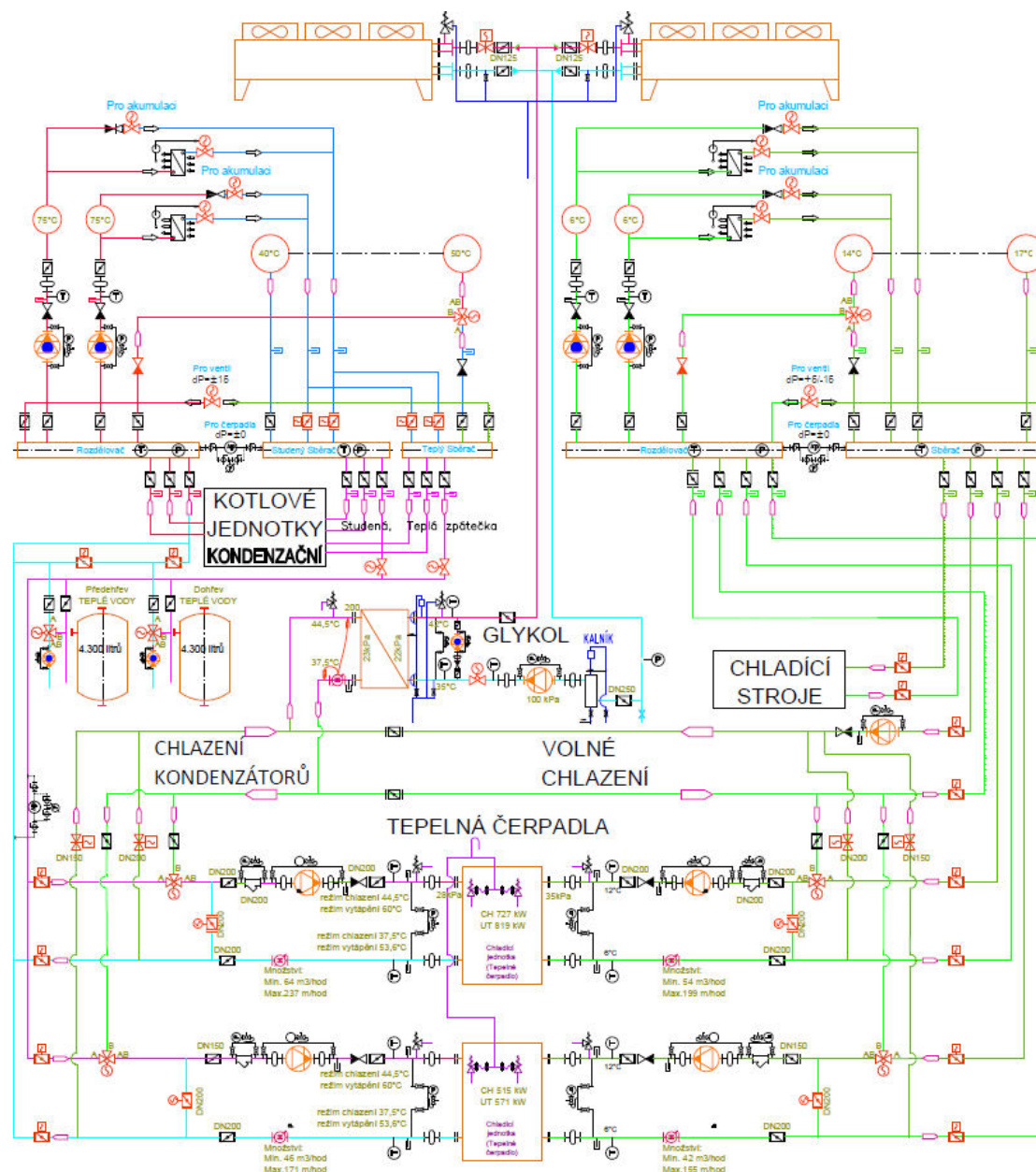
Stále častěji se projektují a následně provozují v systému zdrojů tepelná čerpadla jako zdroj tepla, event. jako současný zdroj tepla i chladu. I když tepelné čerpadlo je v podstatě chladicí stroj, u kterého se využívá na místo vychlazené vody ve výparníku ohřátá voda z kondenzátoru, je jeho konstrukce mírně odlišná a je nutno ho připojovat odlišně i do systému rozvodů. Základní rozdíl je v tom, že tepelné čerpadlo je konstruováno na větší tlakový rozdíl mezi výparníkem a kondenzátorem, tím pádem i na větší teplotní rozdíl mezi výparníkem a kondenzátorem. Druhý rozdíl je, že oproti chladicímu stroji má dvojitý systém regulace výkonu. Při požadavku na chlazení, je výkon tepelného čerpadla regulován dle žádané teploty chlazené vody z výparníku. Při přepnutí na vytápění, je výkon tepelného čerpadla regulován dle žádané hodnoty chladicí vody z kondenzátoru. Z toho vyplývá, že při požadavku na chlazení, musí teplotu chladicí vody z kondenzátoru a při požadavku na vytápění, teplotu chlazené vody z výparníku, zajistit externí regulace systému MaR objektu.



Obr. 1 Schéma okruhu chladicího stroje / tepelného čerpadla

Při provozu chladicího stroje / tepelného čerpadla, dále jen tepelného čerpadla, musí být v rovnováze chladicí výkon s tepelným výkonem (chladicí výkon + cca příkon kompresoru = tepelný výkon). Z toho vyplývá, že celková efektivita provozu je závislá od toho, kolik, které energie se „podaří“ využít a která se musí „mařit“, aby byla splněna uvedená podmínka.

Druhý vliv na celkovou efektivitu provozu závisí od toho, jaký musí být tlakový rozdíl mezi výparníkem a kondenzátorem. Nejeftektivnější provoz je, když se využívá vyrobené teplo i vyrobený chlad ze 100 % a žádná energie se nemusí mařit. To se dá splnit jen tehdy, je-li v systému výroby tepla a chladu další zdroj tepla a chladu. Tepla např. plynová kotelna, chlad např. chladicí stroj / tepelné čerpadlo, které může být provozováno s minimálním tlakovým rozdílem výparník/kondenzátor, bez ohledu na teplotu chladicí vody z kondenzátoru, event. výparníku, s řízením diferenčního tlaku výparník/kondenzátor. Tepelné čerpadlo jako doplňkový zdroj je provozováno např. ve Státní opěře Praha (SOP), kde navíc může být glykolový systém pro možné chlazení kondenzátorů tepelných čerpadel provozován samostatně jako zdroj chladu – Free-cooling (volné chlazení).



Zpracoval: Ing. Karel Matějčiček, 08. 202

Obr. 2 Možné schéma připojení tepelných čerpadel do okruhů vytápění a chlazení

Jak již bylo uvedeno v úvodu, tepelné čerpadlo reguluje svůj výkon vždy jen od jedné žádané teploty. Při požadavku na „Chlazení“, na žádanou teplotu media z výparníku, při nastavení na

„Vytápění“ na žádanou teplotu média z kondenzátoru. Pokud je ale požadavek na využití tepelné energie z „protilehlé strany stroje“, musí mít teplota vystupujícího média hodnotu dle požadavku připojené technologie, dost často v závislosti na venkovní teplotě. To vše musí zajistit externí systém měření a regulace, který není součástí tepelného čerpadla (aspoň o takovém tepelném čerpadle s výkonem nad cca 500 kW nevím). Základní požadavek na externí regulaci je zajistit dle technických podkladů stroje:

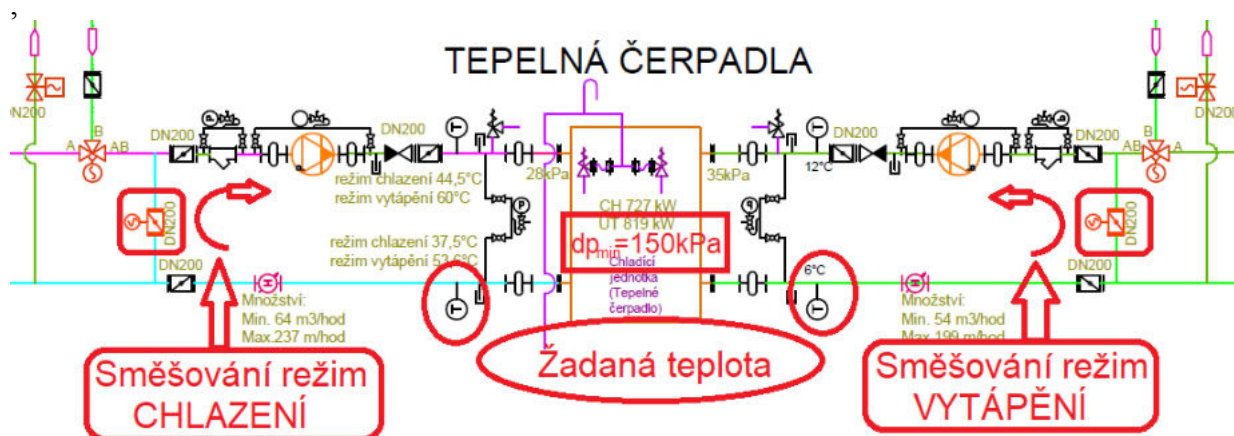
Minimální průtok média výparníkem / kondenzátorem

Minimální / maximální tlakovou diferencí mezi výparníkem a kondenzátorem na straně náplně stroje. Minimální tlaková diference zajišťuje ve většině případů transport oleje vnitřního okruhu.

Minimální teplotu vody vystupujícího z výparníku, maximální tlak náplně v kondenzátoru (teplotu).

Teplota média pro kondenzátor musí mít větší hodnotu jak teplota média pro výparník. Opačný stav je přípustný pouze po určitou dobu těsně po startu.

Pokud není požadavek na využití tepelné energie tzv. Odpadního tepla, systém externí regulace by měl regulovat tento okruh na hodnotu minimálního tlakového rozdílu mezi výparníkem a kondenzátorem. Pokud je požadavek na využití tepelné energie tzv. Odpadního tepla, systém externí regulace reguluje tento okruh na hodnotu požadované teploty vystupujícího média ze stroje, s podmínkou zajistit hodnotu minimálního tlakového rozdílu mezi výparníkem a kondenzátorem. Tuto teplotu média vystupujícího ze stroje a požadované podmínky při startu, je možné snadno regulovat na vyšší teplotu u kondenzátoru a nižší u výparníku, přepouštěním / směřováním vystupujícího média do média vstupujícího do stroje, dále na větší teplotní diferencí teplot zvyšováním otáček čerpadla – zvětšování spotřeby, event. využít napojené technologie – chladicí věže, glykolové systémy, vrty.

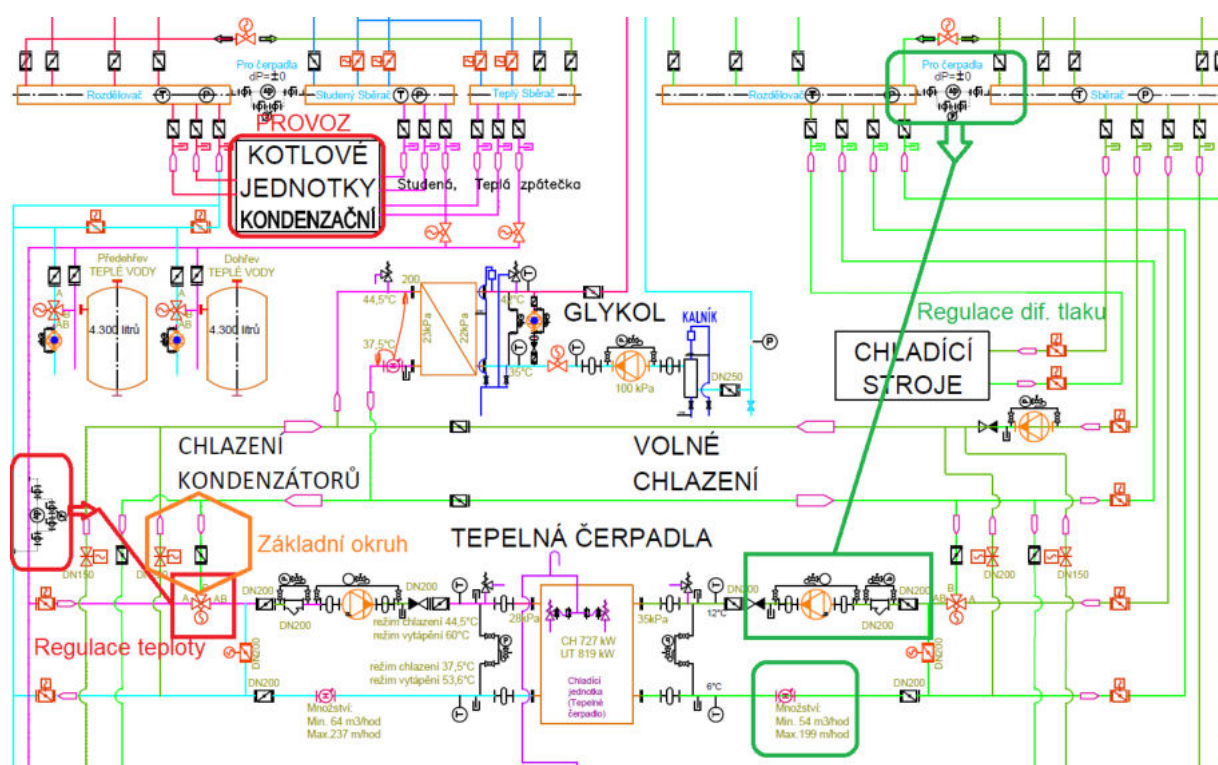


Obr. 3 Regulace teploty vystupujícího média směřováním

Pro zajištění max efektivity současné výroby tepla a chladu musí, mít externí systém MaR zpracované algoritmy tak, aby docházelo k automatickému spouštění jednotlivých systémů s minimálními nároky na spotřebu energií celého systému. Dle nároků navazujících technologií, musí ovládat tepelná čerpadla v režimu trvalý provoz, v režimu přerušovaný provoz s akumulací energií do rozvodů buď tepla nebo chladu. Systém musí být odladěn tak, aby bylo nutné mařit, jako odpadní teplo, co nejmenší množství energie. Nízkopotencionální

energii využívat k předehřevu, event. dohřevu teplé vody, již instalované glykolové systémy využívat i k přímé výrobě chladu systémem volného chlazení atd. Na detailech uvedeného schéma si uvedeme dva základní provozní stavy.

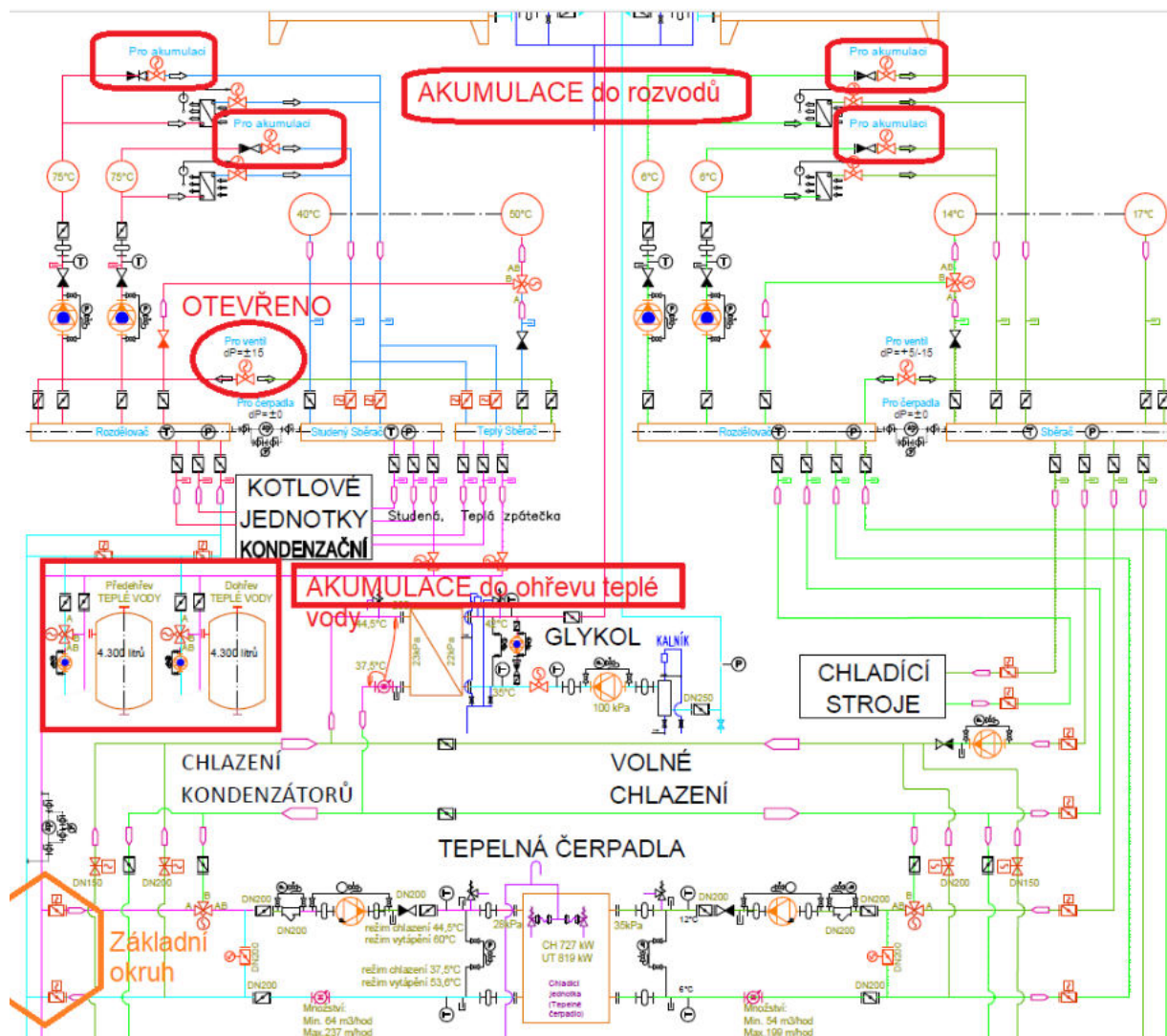
Zimní provoz: Spotřeba tepla při výrobě chladu za provozu kotlů v kotelně a výkonově nízká výroba chladu. Tento stav nastává, když pro výrobu chladu je dostatečné jedno tepelné čerpadlo a množství tepla z výroby chladu není tak velké, aby pokrylo celkové požadavky na spotřebu tepla objektu. Základní okruh tepla je kondenzátor, výměník glykol/voda, třetí cesta trojcestného ventilu, oběhové čerpadlo. (Výměník glykol / voda s potrubním okruhu slouží jako stabilizační kapacita provozu) Z tohoto okruhu se odpouští odpovídající část oteplené vody do rozdělovače v kotelně před zaústěním prvního kotle do téhož rozdělovače. Kotel svým provozem tuto vodu přimícháním dohřeje. V reálu to je regulováno tak, že dle žádané teploty pro kotelnu se přestavuje žádaný diferenční tlak výstupu tepelných čerpadel do kotelný a následně od této difference se reguluje otevření přímé cesty trojcestného ventilu okruhu kondenzátoru.



Obr. 4 Zimní provoz – spotřeba tepla při výrobě chladu za provozu kotelný

Letní provoz: Spotřeba tepla z nadvýroby chladu při odstávce kotlů v kotelně. Tento stav nastává, když teplo z výroby chladu je podstatně větší jak spotřeba tepla objektu. Základní okruh tepla je kondenzátor, rozdělovač / sběrač v kotelně, přímá cesta trojcestného ventilu, oběhové čerpadlo. Otevřené zkraty na konci otopných větví ve strojovnách, které jsou v provozu a otopné okruhy akumulárního ohřevu teplé vody. Provoz tepelného čerpadla je přerušovaný s akumulací do rozvodů a ohřevu teplé vody. V reálu to je provozováno tak, že základní pro výrobu chladu je chladicí stroj s chladicími věžemi s regulací na minimální tlakovou diferencii vnitřního okruhu chladicího stroje – max. efektivita. Při poklesu teploty v otopném okruhu pod minimální žádanou teplotu, je uvedeno do provozu tepelné čerpadlo a dle současného požadavku na výkon chladicího stroje vypnut/nevypnut chladicí stroj. Naakumuluje se teplo do rozvodů a teplé vody a při teplotě vody výstup kondenzátor cca 58

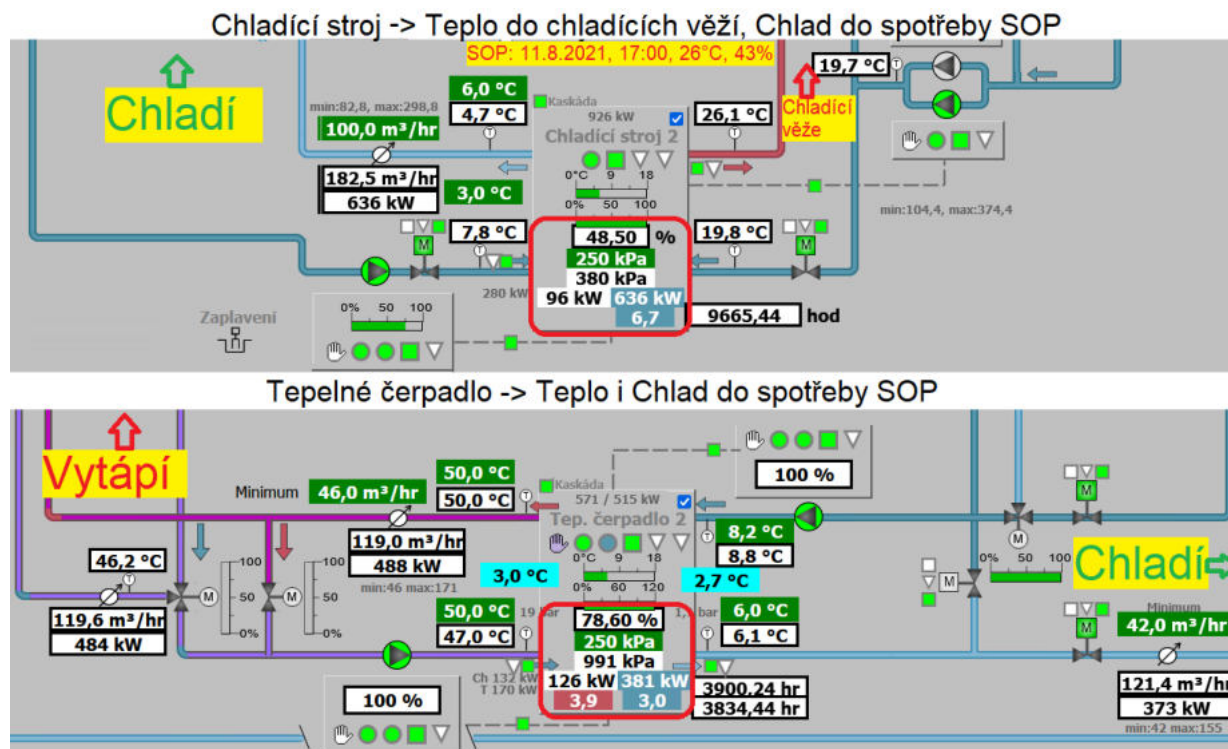
až 60 °C, se tepelné čerpadlo vypne a zapne se zpět chladicí stroj. Ve stávajícím provozu v SOP se tepelné čerpadlo zapíná cca 3x během dne na dobu 1,5 až 2 hodiny a pokud to je ráno nebo večer, chladicí stroj se při tom vypíná.



Obr. 5 Letní provoz – využití odpadního tepla při výrobě chladu režimem akumulace

Když porovnáme provoz chladicího stroje, kdy rozvody na straně kondenzátoru jsou regulovány na minimální tlakovou diferenci mezi výparníkem a kondenzátorem a provoz tepelného čerpadla, kdy se využívá pro provoz jak chlad z výparníku, tak teplo z kondenzátorů na běžně používaných provozních parametrech tepla cca 50 °C a chladu 6 °C, vychází celková efektivita provozu obou strojů přibližně stejně. Viz příklad z běžného provozu v SOP. Chladicí stroj při příkonu 96 kW, má chladicí výkon 636 kW při tlakové diferenci 380 kPa, tzn. efektivita (Koeficient využitelnosti energie EER) je cca 6,625. Tepelné čerpadlo při příkonu 126 kW, má chladicí výkon 381 kW, tepelný výkon 488 kW, s tlakovou diferencí 991 kPa. Celkem z 126 kW generujeme 869 kW energie. V tomto případě efektivita je cca 6,7. Na vizualizaci jsou hodnoty u chladicího stroje 6,7, u tepelného čerpadla 3,9+3=6,9. Rozdíl je způsoben časovými prodlevami odečtu jednotlivých hodnot a jejich výpočtu. A to jsou stavy, kdy se u tepelného čerpadla použije pro provoz veškerý chlad i teplo. Pokud se při takto velkém rozdílu tlaků mezi výparníkem a kondenzátorem část

vyrobeného tepla nebo chladu musí mařit, dostáváme se do stavů, že je ekonomicky výhodnější vyrábět teplo jiným zdrojem. Např. spalováním plynu v kondenzačních kotli.



Obr. 6 Porovnání efektivity chodu chladicího stroje a tepelného čerpadla

ZÁVĚR

Na celkovou efektivitu provozu tepelného čerpadla má vliv nejen jeho zapojení do systémů rozvodů, ale i hodnoty požadovaných parametrů pro systémy tepla i chladu. Čím je mezi nimi menší teplotní rozdíl, tím je celková efektivita provozu lepší. Tuto efektivitu podstatným způsobem snižuje např. použití termohydraulických rozdělovačů degradací teplot na výstupu vůči vstupu dané větve. Další zásadní vliv má současné využití / nevyužití vyrobeného tepla / chladu pro provoz. Zde si je možné pomoci přerušovaným provozem akumulací do rozvodů. Např. v SOP, kdy průměrná spotřeba tepla je cca 50 kW a spotřeba chladu cca 250 až 750kW, se uvádí do provozu tepelné čerpadlo během dne na dobu cca 3x 1,5hodiny s plným využitím tepla i chladu. V tom čase je chladicí stroj mimo provoz.

PROVOZNÍ ZKUŠENOSTI SE SYSTÉMY PROTIZÁMRAZOVÝCH OCHRAN

Ing. Karel Matějček

Inženýrská činnost

karel@ingmatejcek.cz

ANOTACE

V sestavách vzduchotechnických systémů jsou prvky, jejichž celistvost může být ohrožena při styku s médii s podnulovou teplotou. Tyto prvky musí být chráněny tzv. Protizámrazovou ochranou. V příspěvku jsou uvedeny ty nejpoužívanější v systémech techniky prostředí.

ÚVOD

V našich podmínkách, kdy provozujeme zařízení techniky prostředí, je i období, kdy je venkovní teplota vzduchu v podnulových hodnotách, tzn. pod bodem mrazu vody. V některých případech se používá i technologie, u které i při venkovní nadnulové teplotě vzduchu, je teplota média pod bodem mrazu vody. U všech těchto systémů, kde dochází ke styku s vzdušnou vlhkostí nebo přímo s vodou jako náplní systémů, se musí zrealizovat protizámrazová ochrana, která chrání tato zařízení před problémem s provozováním, v některých případech přímo před destrukcí tohoto zařízení vlivem podnulové teploty. Použití protizámrazové ochrany je různé dle druhu provozovaného zařízení. Dále jsou uvedeny ty nejpoužívanější.

VZT ZAŘÍZENÍ PRO ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA REKUPERACÍ / REGENERACÍ

Zařízení pro zpětné získávání tepla může být nainstalováno jako součást klimatizačních jednotek jednotlivých VZT zařízení nebo jako součást zařízení pro centrální úpravu vzduchu. Z hlediska většího využití odpadního tepla je vhodnější toto zařízení instalovat v systémech centrální úpravy vzduchu, pro celou strojovnu s VZT s jednotkami. Je tak využito teplo i vlhkost z veškerého možného odpadního vzduchu a pro veškerý možný vzduch. Navíc u VZT zařízení pro chlazení technologie je vhodné nasávat vzduch pro VZT jednotky před rekuperátorem na straně čerstvého vzduchu, ale odtahovaný vzduch přivádět do společného odtahu před rekuperátor na straně výdechu. Zbytečně neohříváme, co nemusíme a využijeme co vše máme.

Křížové výměníky (rekuperátory) vzduch – vzduch

Tyto výměníky musí být v každém případě dodány s obchozem na straně čerstvého vzduchu, který je spřažen s uzavírací klapkou na straně přívodního vzduchu do rekuperátoru, protože je období, kdy nám zpětné získávání tepla vadí. Např. v přechodném období můžeme chladit pomocí venkovního vzduchu a tím by tato možnost byla vyloučena. Navíc tento obchoz slouží v systému protizámrazové ochrany k možnosti odtání namrzlé vlhkosti v části pro odtahovaný vzduch.

Protizámrazová opatření – omezení namrzání vzdušné vlhkosti z odtahovaného vzduchu. V provozu se používají dva systémy:

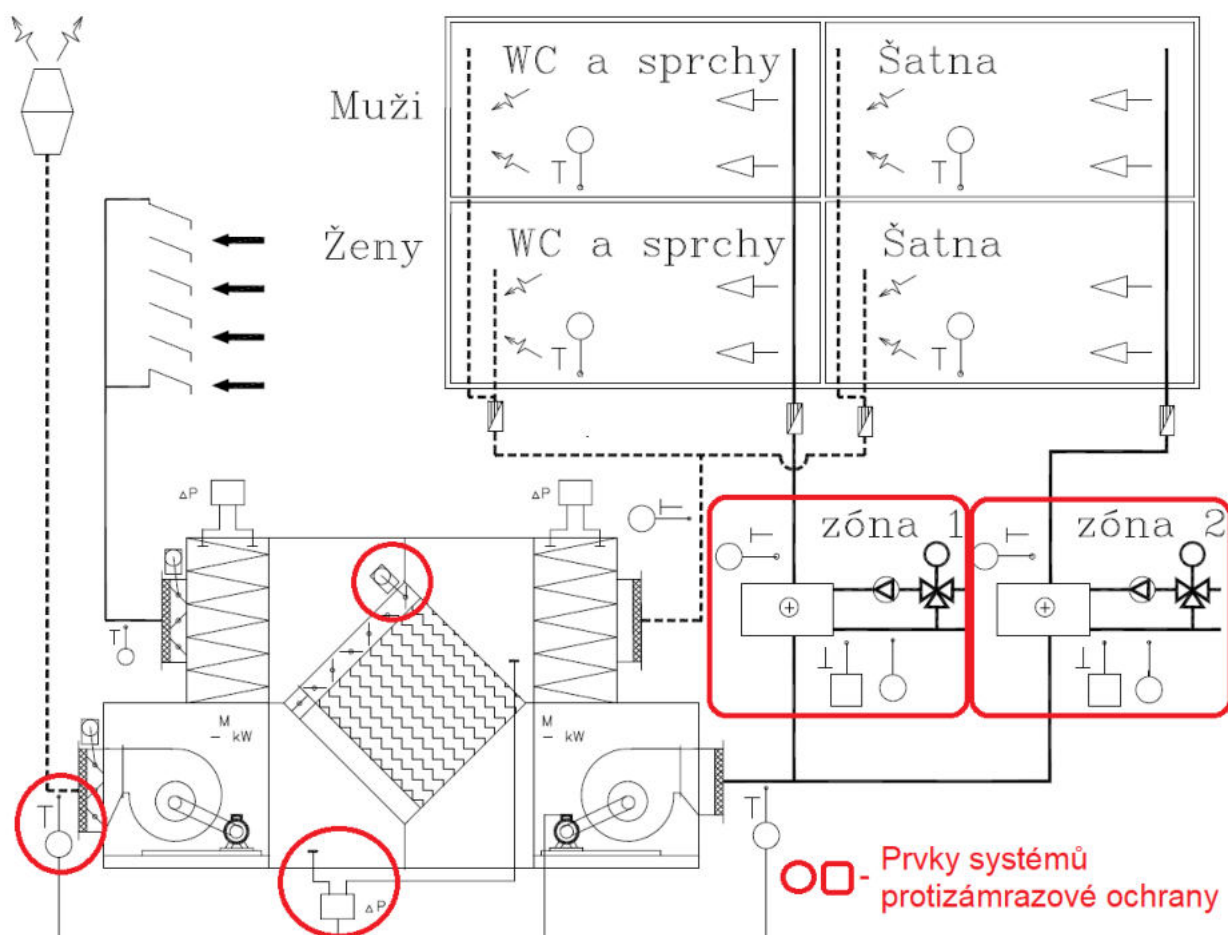
1 - Snímání tlakové ztráty rekuperátoru na straně odtahovaného vzduchu

Při nárůstu této tlakové ztráty o 100 Pa nad provozní tlakovou ztrátou, otevřít obchoz rekuperátoru s čerstvým vzduchem a tuto námrazu odtahovaným teplým vzduchem odtát. Po poklesu tlakové ztráty tento obchoz uzavřít, event. vrátit do stavu před zásahem

protizámrazové ochrany. Tato hodnota povolené tlakové ztráty musí být vždy menší, jak max. možná tlaková ztráta stanovená výrobcem.

2 - Regulace teploty vzduchu výdech za rekuperátorem

Vzhledem k možnosti namrzání vlhkosti v zimním období z odtahovaného vzduchu na vnitřní stěny rekuperátoru, se plynule reguluje teplota vzduchu odtah (výdech) vycházejícího z rekuperátoru otevíráním obchozu čerstvého vzduchu. Tato regulace má přednost před regulací teploty vzduchu přívod za rekuperátorem. Hodnota teploty se „ladí“ provozem. Ve většině případů, kdy nemá odtahovaný vzduch velkou měrnou vlhkost, není nutná.



Obr. 1 Prvky protizámrazové ochrany u křížového výměníku se zónami

Pokud vlastní vzduchotechnická jednotka „nezajistí“ teplotu přívodního vzduchu v nadnulových hodnotách, musí mít protizámrazové ochrany i následující zařízení. Např. zónové ohřívače.

I u křížových výměníků záleží na umístění ventilátorů vzhledem k vlastnímu výměníku. Ideální je, aby v obou sousedících komorách vlastního výměníku byl buď podtlak nebo přetlak. Pokud bude docházet při provozu k masivnější kondenzaci v části odtahu, musí být odtahový ventilátor vždy za výměníkem. V tom případě je vhodné z důvodu minimalizovat tlakový rozdíl v sousedících komůrkách, umístit i přívodní ventilátor za výměník v části přívod.

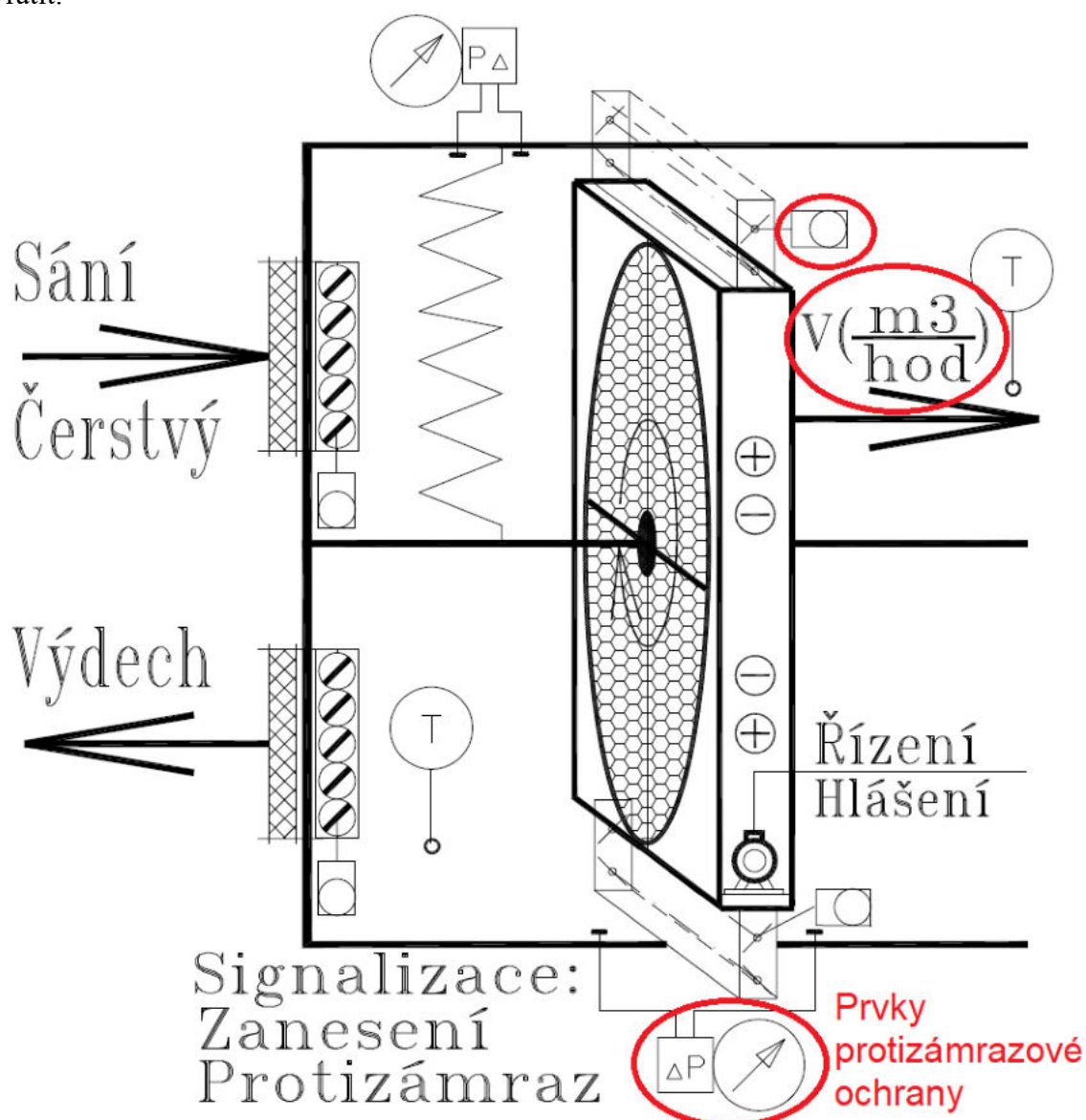
Pokud za výměníkem je následující prvek ventilátor, je vhodné umístit snímač teploty až za ventilátor. Bude měřit skutečnou (smíchanou) teplotu.

Rotační rekuperační/regenerační výměníky

Pokud to je technicky možné, je ekonomicky výhodnější, osadit rotační regenerační výměníky do centrální úpravy vzduchu a s přenosem entalpie (regenerace vzduchu). Tento požadavek je mnohdy dostačující na splnění požadované vlhkosti mikroklima v zimním období, bez nutnosti instalace zvlhčovacího zařízení do vlastních jednotek. Dále je vhodné opatřit rotační výměníky na přívodní i odtahové straně obchozy vzduchu s těsnými uzavíracími klapkami. Sníží se tak energetická náročnost ventilátorů v přechodném období, a navíc obchoz na straně přívodu čerstvého vzduchu bude součástí funkce protizámrazové ochrany kola.

Ochrana proti zamrznutí

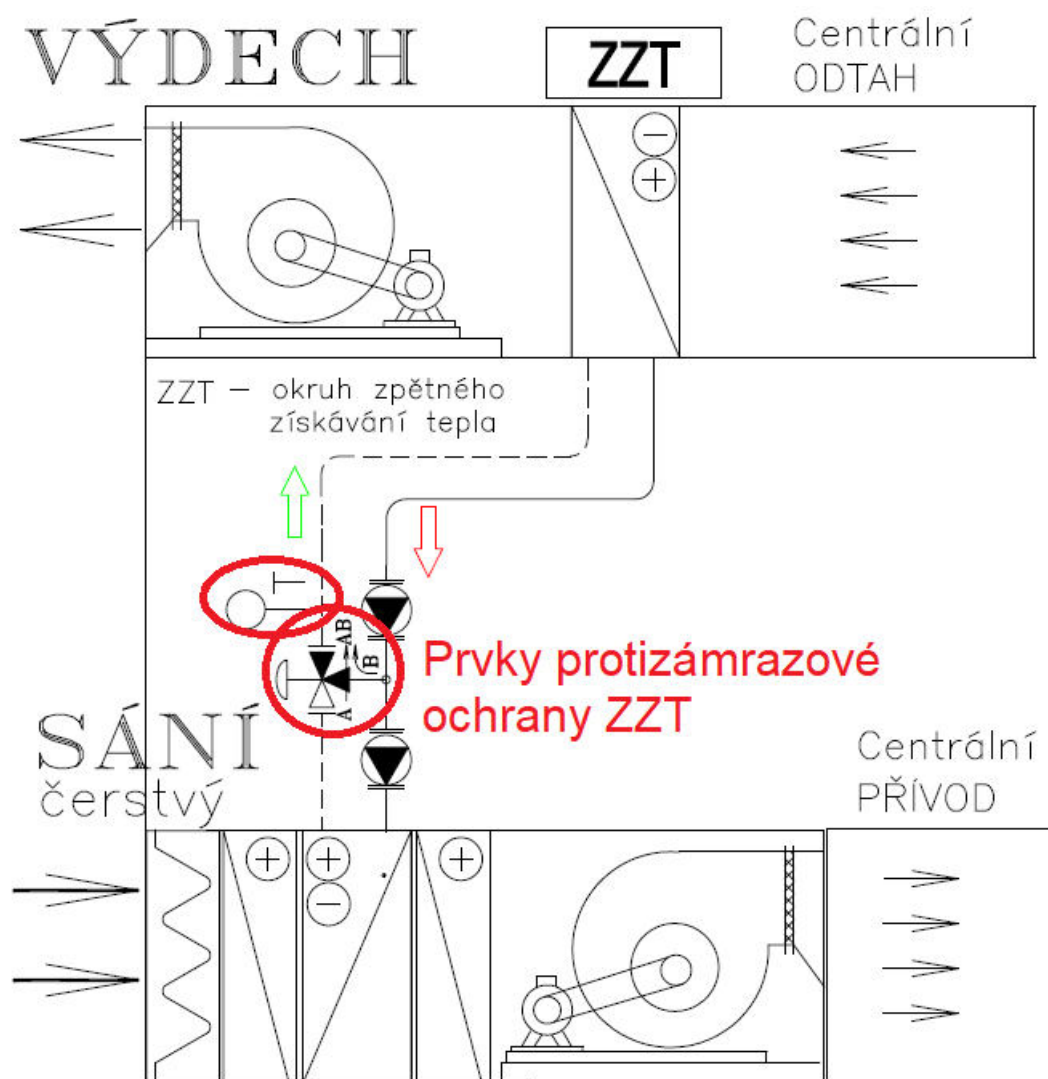
Snímat tlakovou ztrátu kola na straně odtahovaného vzduchu. Při nárůstu této tlakové ztráty o 100 Pa oproti provozní tlakové ztrátě, snížit množství přívodního studeného vzduchu. Např. snížit otáčky přívodního ventilátoru, event. otevřít obchoz rekuperátoru s čerstvým vzduchem a tuto námrazu odtahovaným teplým vzduchem odtát. Po poklesu tlakové ztráty množství vrátit.



Obr. 2 Prvky protizámrazové ochrany u rotačního výměníku

Kapalinové okruhy zpětného získávání tepla ZZT.

Kapalinové okruhy zpětného získávání tepla musí být naplněny nemrznoucí směsí (dále jen glykolem) a běžně pracují v podnulových teplotách. Místo, kde může docházet k nežádoucímu namrzání vzdušné vlhkosti mezi lamelami jsou výměníky Glykol / Vzduch ve výdechu. Při požadavku na výpočet a návrh výměníku ZZT je nutno požádat o výpočet hodnoty minimální teploty glykolové náplně pro výměníky umístěné ve výdechu, při které nehrozí zamrzání lamel výměníku. Ve většině případů nám byla vypočítaná hodnota minimální teploty glykolu pro výměníky ve výdechu -6 až -8°C . Teprve pod touto teplotou glykolu přívod je nutno směšovat ohřátý glykol z výstupu do přívodní větve glykolu pro výdechovou část systému ZZT. Samozřejmostí je, že veškerá čerpadla jsou s řízenými otáčkami kola.



Obr. 3 Prvky protizámrazové ochrany systému ZZT

Volné chlazení – Free Cooling

U systému volného chlazení, tzv. Free Cooling, se vyrábí chlad ohřevem venkovního chladného vzduchu. Ideální je, když takto ohřátý (předehřátý) venkovní vzduch se použije pro větrání objektu. Buď přímo, např. pro větrání garážových stání nebo jako přívod do sání vzduchotechnických jednotek. Buď přímo pro VZT jednotky nebo jako součást centrálního předehřevu. Nebezpečí zamrznutí hrozí ve výměníku Glykol/Voda. Protizámrazová ochrana

The diagram illustrates a Free Cooling system. A green arrow at the top indicates cooling water input. The system includes a pump, a valve, and a bypass line. A temperature sensor is shown with a reading of $> 2^{\circ}\text{C}$. The main loop is labeled "Free cooling" and "Voda/Glykol". A bypass line at the bottom is labeled 6°C and contains a valve and a pump. The system is connected to a return line at 12°C . Red circles highlight the pump, the valve, the temperature sensor, and the bypass pump, which are the antifreeze protection components.

VZT OHŘÍVAČE VODA/VZDUCH PRO PODNULOVÉ VENKOVNÍ TEPLoty

124

Ohřivač nadimenzovat na menší teplotní spád

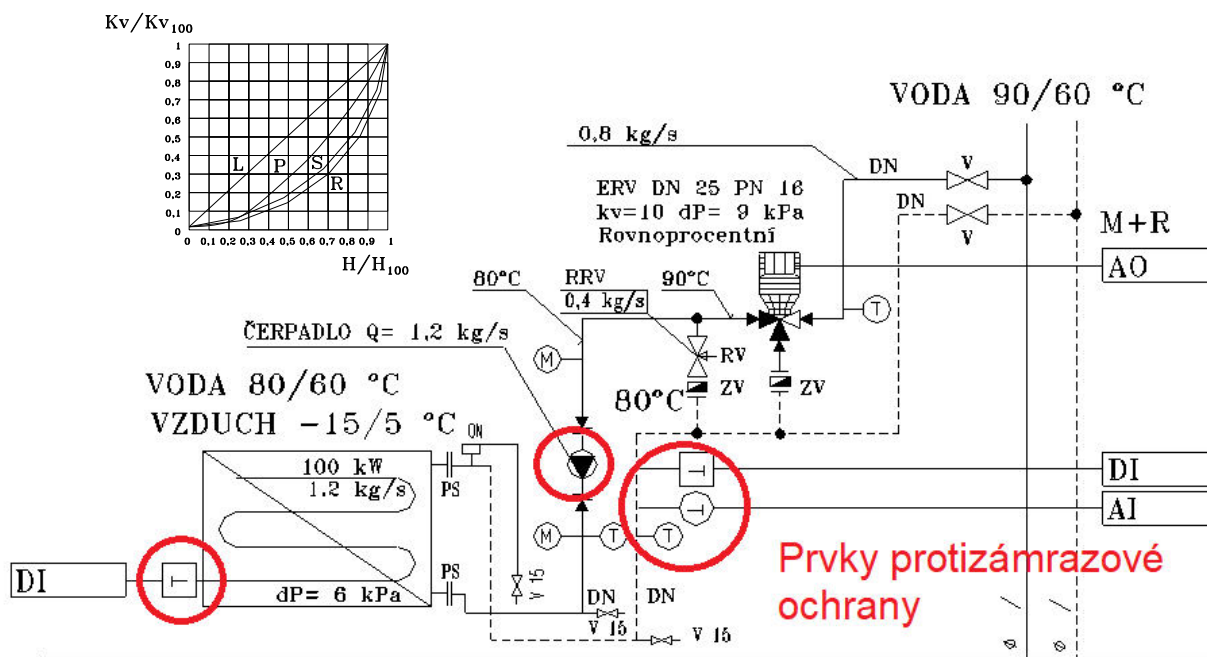
Ohřivač nadimenzovat na menší teplotní spád, se vstupní teplotou vody nižší, než je teplota vody ve zdroji (Nižší střední teplota ohřivače a větší průtok ohřivačem). Regulaci tohoto rozdílu teplot otopné vody a teploty vstupu provést zkratem s ručním regulačním ventilem před trojcestným regulačním ventilem s pohonem (tzv. konstantní vsřikování) a trojcestný směšovací regulační ventil nadimenzovat jen na množství otopné vody z rozdílu teploty vody na zdroji a teploty zpátečky.

Zapojení „Protiproud“

Ohřivač zapojit v proudění Voda/Vzduch v protiproudu. Požadovat přívod do ohřivače dole (dochází k samo odvodu vzduchu ohřivače)

Kvalitativní regulace otopné vody s čerpadlem v okruhu

Pro ohřivač použít samostatný otopný okruh s čerpadlem, trojcestným regulačním směšovacím ventilem, propojem pro zaregulování nominálního průtoku a vstupní teploty, zpětnými klapkami a teplotními čidly ve zpátečce a za ohřivačem. Dle požadované teploty přívodního vzduchu (kaskáda PID, PID z regulace prostorové teploty) regulovat teplotu vody ve zpátečce do hodnoty $+8^{\circ}\text{C}$. Čerpadlo musí být trvale v chodu při venkovních podnulových teplotách. Tím se zachová trvale konstantní průtok otopné vody okruhem ohřivače a odstraní se nebezpečí „nezatečení“ otopné vody do některé z trubiček výměníku.



Obr. 5 Příklad zapojení ohřivače pro předehřev venkovního vzduchu s podnulovou teplotou

Vypínání integračního členu při stojícím zařízení

Při stojícím zařízení je vhodné vypínat integrační člen **I** u regulátorů **PID** a celou soustavu regulovat jen regulátorem **P**. Integrační člen uvolnit po startu zařízení. Např. od chodu přívodního ventilátoru.

Protizámrazová ochrana - hlídání chodu čerpadla a ochrana následného výměníku

Ve zpátečce otopné vody v místě snímače teploty nainstalovat regulátor teploty (tzv. termostat), s možností nastavení vypínací teploty na hodnotě 5°C a povolené přehřátí do

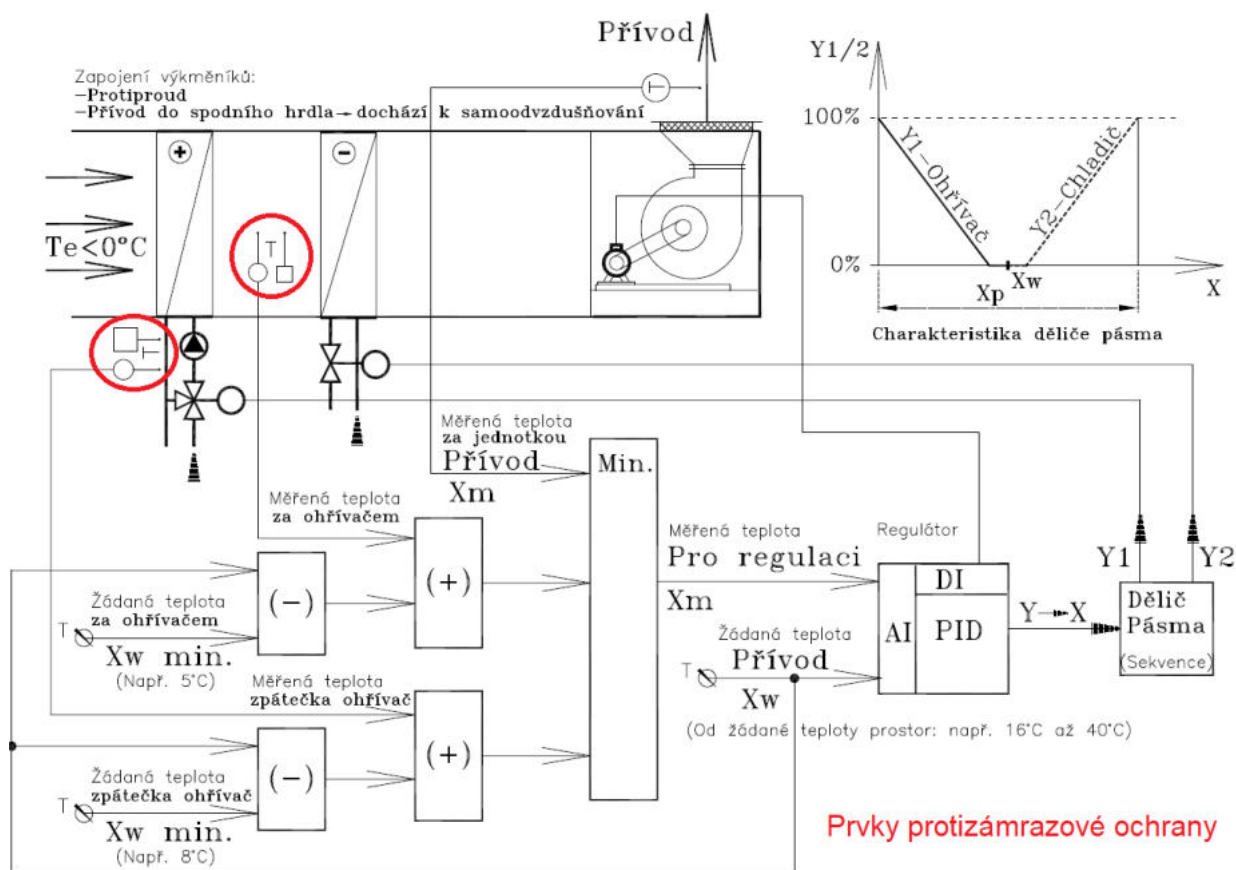
80°C. Tento regulátor zapojit přímo do silového ovládání přívodního ventilátoru, který bude tento ventilátor vypínat.

Za ohřívačem do proudu vzduchu nainstalovat regulátor teploty kapilárový, s možností nastavení vypínací teploty na hodnotě +1 °C až 3 °C. Tento regulátor zapojit také přímo do silového ovládání přívodního ventilátoru, který bude tento ventilátor vypínat. Při venkovních podnulových teplotách tento regulátor „hlídá“ chod cirkulačního čerpadla a zabrání se zamrznutí následného výměníku voda vzduch (např. vodního chladiče) v sestavách klimatizačních jednotek.

Pokud má VZT jednotka směšování, zapůsobení těchto protizámrazových ochranných vypíná pouze přívodní ventilátor a zajistí přestavení směšovacích klapek na 100% cirkulaci (0 % čerstvého vzduchu) - většinou automaticky od signálu přívodní ventilátor „Stůj“. U VZT zařízení bez směšování, zapůsobení těchto protizámrazových ochranných vypíná přívodní ventilátor a zajistí uzavření klapky na sání. Ventilátor odtahu se od tohoto signálu vypínat může, ale nemusí. Záleží vždy na konkrétním prostoru – musí posoudit projektant, event. provozovatel příslušného zařízení (např. zajistit minimální větrání pro lidi vytvořením podtlaku v prostoru).

Zapůsobení těchto ochranných nastává převážně v zimním období při startu zařízení, kdy relativně mohutný chladič plný teplé chlazené vody má teplotu prostoru strojovny. Tento chladič nám těsně po startu ohřívá přivádějící vzduch tak, že regulace má snahu úplně uzavřít regulační ventil ohřevu. Proto je nutné v tomto případě vždy hlídat minimální teplotu vzduchu za ohřívačem. Jak analogově (měření pro regulaci), tak digitálně (protizámrazová ochrana, která aktivuje vypnutí přívodního ventilátoru).

Pro zajištění minimální hodnoty měřené teploty za ohřívačem a ve zpátečce, není nutný samostatný regulační obvod. Jeho použití je ve většině případů nevhodné, protože není k dispozici vhodný signál pro vypnutí integračního členu tohoto obvodu v době, kdy tato regulace není třeba – je dostatečně teplá voda v místě snímače teploty. Tím pak dochází během provozu k naintegrovaní výstupu, a když dojde k poklesu teploty pod minimální teplotu, nezačne otevírat regulační ventil dřív, než dojde k poklesu teploty pod žádanou teplotu. Ale v tomto již zapůsobí regulátor protizámrazové ochrany a zařízení odstaví z provozu. Vhodnější je tyto teploty zavést do modulů (+), přičíst k nim velikost rozdílu teplot mezi hodnotou minimální teploty vystupující z celého zařízení, na které je zařízení regulováno a hodnotou minimální teploty za ohřívačem/ve zpátečce. Tento součet zavést do modulu pro výběr minimální hodnoty, do kterého se také zavede teplota vzduchu vystupující z celého zařízení, na které je zařízení regulováno. Výstup z tohoto modulu výběru minima se zavede jako měřená hodnota do obvodu regulátoru celého zařízení. Tím bude docházet k plynulému „přebírání teplot“ různých teplotních snímačů do jednoho regulátoru, od kterých bude celý systém regulován. Viz blokové schéma:



Obr. 6 Blokové schéma části regulace pro zajištění minimální teploty za předehřevem a zpátečky

Např. Teplota Přívod je požadována např. 20°C. Tzn., je-li teplota za ohříváčem (žádaná je 20-5=15) nižší jak 5 °C (5+15=20 °C), přebírá plynule řízení teplota za ohříváčem.

Musí být zajištěno:

Protizámrazové opatření: Od poklesu venkovní teploty po 1 °C zapnout trvale cirkulační čerpadlo malého okruhu ohříváče a regulační ventil ohříváče řídit tak, aby teplota ve zpátečce ohříváče byla trvale 8 °C a víc. A je jedno, zda je VZT zařízení v chodu nebo v klidu

Protizámrazová ochrana: Od poklesu teploty ve zpátečce ohříváče pod 5 °C a teploty vzduchu za ohříváčem pod 3 °C (a je jedno, zda od kontaktu regulátorů teploty nebo od snímače měření teploty) zajistit:

- Povel pro start cirkulačního čerpadla malého okruhu (společný od signálu z venkovní teploty)
- Přestavit regulační ventil na hodnotu min. 50 % (výběr minima)
- U zařízení se směřováním vzduchu vypnout přívodní ventilátor a přestavit klapky na 100% směšování. Odtahový ventilátor nechat v provozu (naplní nám VZT jednotku teplým vzduchem)
- U zařízení bez směšování vypnout přívodní ventilátor a uzavřít klapku na sání čerstvého vzduchu. Ventilátor odtahu se od tohoto signálu vypínat může, ale nemusí. Záleží vždy na konkrétním prostoru – musí posoudit provozovatel příslušného zařízení (např. zajistit minimální větrání pro lidi vytvořením podtlaku v prostoru apod.)

VĚTRÁNÍ, VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ BUDOV – LEGISLATIVA

Zuzana Mathauserová

Státní zdravotní ústav

zuzana.mathauserova@szu.cz

ANOTACE

Větrání je jedním ze základních opatření zajišťujících odpovídající požadavky na jednotlivé parametry vnitřního prostředí budov. Podkladem jsou limity těchto parametrů uvedené v „hygienických předpisech“. Většinou jsou stanoveny pro jednotlivé typy prostředí, ne vždy jsou však komplexní, nebo dokonce chybí. Respektovat je samozřejmě nutné stavební zákon s jeho prováděcími předpisy a doporučení příslušných norem.

V příspěvku je uveden přehled platných právně závazných požadavků i doporučení norem.

ÚVOD

Obecně vychází právně závazné hygienické požadavky na jednotlivé faktory prostředí a větrání ze zákonů:

- **zákon č. 183/2006 Sb.**, *o územním plánování a stavebním řádu* (stavební zákon) v platném znění,
- **zákona č. 258/2000 Sb.**, *o ochraně veřejného zdraví*, v platném znění,
- **zákon č. 262/2006 Sb.**, *zákoník práce* v platném znění,
- **zákon č. 309/2006 Sb.**, *o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci*.

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

Prováděcími „hygienickými předpisy“ jsou:

- **nařízení vlády č. 361/2007 Sb.**, *kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci ve znění pozdějších předpisů* – z celé řady novelizací jsou základní požadavky na parametry vnitřního prostředí pracovišť a požadavky na větrání v **č. 93/2012 Sb.**,
- **nařízení vlády č. 272/2011 Sb.** *o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací* ve znění **nařízení vlády č. 217/2016 Sb.**,
- **nařízení vlády č. 291/2015 Sb.** *o ochraně zdraví před neionizujícím zářením*,
- **vyhláška č. 410/2005 Sb.**, *o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých* ve znění **vyhlášky č. 343/2009 Sb.**,
- **vyhláška č. 6/2003 Sb.**, *kterou se stanoví hygienické limity chemických fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb*,
- **vyhláška č. 137/2004 Sb.** *o hygienických požadavcích na stravovací služby a o zásadách osobní a provozní hygieny při činnostech epidemiologicky závažných* ve znění **vyhlášky č. 602/2006 Sb.**,
- **vyhláška č. 238/2011 Sb.** *o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch*

Hygienickým předpisem již není prováděcí předpis ke stavebnímu zákonu – **vyhláška č. 268/2009 Sb.**, *o technických požadavcích na stavby*. Požadavky na větrání jsou uvedeny v její novelizaci pod **č. 20/2012 Sb.**

Tab. 1 Platné právně závazné předpisy stanovující limity pro jednotlivé faktory vnitřního prostředí staveb, včetně požadavků na větrání

Typ prostředí	Předpis	Existují limity a požadavky pro:
pracovní	NV č. 361/2007 Sb., ve znění NV č. 93/2012 Sb., NV č. 41/2020 Sb.	MKL, chemické látky a prašnost, osvětlení, prostorové požadavky, větrání
stravovací	vyhláška č. 137/2004 Sb. ve znění č. 602/2006 Sb.	žádné limity neexistují
školské	vyhláška č. 410/2005 Sb. ve znění č. 343/2009 Sb.	MKL, osvětlení, větrání
pobytové	vyhláška č. 6/2003 Sb.	MKL, chemické látky a prašnost, výskyt mikroorganismů, výskyt rozočů
bazény, sauny	vyhláška č. 238/2011 Sb.	MKL, osvětlení, větrání , mikrobiální kontaminaci vody
vnitřní prostředí staveb	vyhláška č. 20/2012 Sb.*	větrání , koncentrace CO ₂

Pozn.: NV = nařízení vlády

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

* není hygienický předpis

PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ

Vychází se z NV č. 361/2007 Sb. ve znění pozdějších novelizací.

Minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště musí být:

- **25 m³.h⁻¹** na zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd práce I nebo IIa na pracovišti bez přítomnosti chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění (to je dávka vzduchu, která je v souladu s minimálními požadavky stavební vyhlášky),
- **50 m³.h⁻¹** na zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd práce I nebo IIa na pracovišti s přítomností chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění,
- **70 m³.h⁻¹** na zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd práce IIb až IIIa,
- **90 m³.h⁻¹** na zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd práce IVa až V.

Kde třídy práce odpovídají fyzické aktivitě vyjádřené energetickým výdejem zaměstnance M [W.m⁻²] podle příkladového seznamu v NV.

Pokud se na pracovišti vyskytuje další zátěž teplem nebo pachy, zvyšuje se dávka vzduchu o **10 m³.h⁻¹**. Je-li na pracoviště přístup veřejnosti (např. supermarkety, restaurace apod.), zvyšuje se množství přiváděného venkovního vzduchu úměrně předpokládané zátěži 0,2 až 0,3 osoby/m² nezastavěné podlahové plochy.

Při novelizaci se ale zapomnělo na znění §41, odst. (4), který říká, že při venkovních teplotách vyšších než 26 °C a nižších než 4 °C se množství přiváděného vzduchu může snížit až na polovinu. Toto samozřejmě nelze aplikovat při dávce vzduchu 25 m³.h⁻¹.

Dostatečným větráním by se měly zajistit požadované mikroklimatické podmínky i minimalizovat množství chemických látek i prachu podle požadavků NV. Požadavky na mikroklíma jsou rozděleny pro přirozeně a nuceně větraná pracoviště a pro pracoviště klimatizovaná.

Tab. 2 Celoročně přípustné teploty na pracovišti podle nařízení vlády č. 93/2012 Sb., pro přirozeně i nuceně větraná pracoviště („pro zjednodušení“ problematiky je pro potřeby tohoto NV výsledná teplota považována za shodnou s teplotou operativní i když to samozřejmě neplatí vždy)

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

Dodržení přípustných teplot podle této tabulky se nevyžaduje za mimořádně teplého dne, kterým se rozumí den, kdy nejvyšší teplota venkovního vzduchu dosáhla hodnoty vyšší než 30 °C.

Zcela samostatně jsou dále řešena klimatizovaná pracoviště, kde klimatizace je použita nikoli z důvodů technologických požadavků na prostředí, ale k zajištění optimální pohody prostředí. Pracoviště jsou ještě rozdělena do tří kategorií (A, B, C), podle požadované kvality prostředí a náročnosti vykonávané činnosti:

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

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

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

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

Třída práce	Energetický výdej M [W.m ⁻²]	Kategorie	Klimatizovaná pracoviště				Rychlost proudění v _a [m.s ⁻¹]	Relativní vlhkost Rh [%]		
			Nastavení vytápění		Nastavení chlazení					
			Tepelný odpor oděvu		Tepelný odpor oděvu					
			1,0 clo		0,5 clo					
			t _{omin} (t _{gmin}) [°C]	t _{omin} (t _{gmin}) [°C]	t _{omin} (t _{gmin}) [°C]	t _{omin} (t _{gmin}) [°C]				
I	≤ 80	A		±1,0		±1,0	0,05 až 0,2	30 až 70		
		B	22	±1,5	24,5	±1,5 -1,0				
		C		+2,5 -2,0		+2,5 -2,0				
IIa	81-105	A		±1,0		±1,0				
		B	20	±1,5	23	+1,5 -1,0				
		C		+2,5 -2,0		+2,5 -2,0				

Pozn: Tabulka je uvedena ve stejném znění jako v NV, kde je chyba — nejedná se o teploty minimální, ale o stanovený optimální rozsah teplot

ŠKOLSKÁ ZAŘÍZENÍ

Požadavky na jednotlivé faktory vnitřního prostředí jsou řešeny vyhláškou č. 410/2005 Sb. ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb.

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

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

* s ohledem na využití tělocvičny

Tyto požadavky na větrání přináší značné problémy, ať už v důsledku vlastních požadavků daných určitým rozpětím, ale hlavně tím, že řada dotačních programů vychází ze zcela jiných

(nižších) požadavků s tím, že kontrolním indikátorem dostatečného větrání je koncentrace oxidu uhličitého podle stavební vyhlášky – 1500 ppm CO₂.

Tepelně vlhkostní požadavky jsou bez problémů:

Tab. 5 Celoročně přípustné parametry mikroklimatických podmínek

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

STRAVOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Pro stravovací zařízení je určena **vyhláška č. 137/2004 Sb., o hygienických požadavcích na stravovací služby a o zásadách osobní a provozní hygieny při činnostech epidemiologicky závažných** ve znění **vyhlášky č. 602/2006 Sb.**

Zatím co kmenová vyhláška č. 137/2004 Sb. řešila požadavky na fyzikální parametry prostředí, prostorové požadavky, uspořádání i povrchové úpravy a další hygienické požadavky, novelizací vyhlášky pod číslem 602/2006 Sb. byly všechny tyto požadavky bez náhrady zrušeny. Proto je možné v prostorách pro zaměstnance vycházet z požadavků pro pracovní prostředí (NV č. 361/2007 Sb. ve znění pozdějších předpisů) a dát je do souvislosti s požadavky pro pobytové prostory – klienty stravovacích zařízení (vyhláška č. 6/2006 Sb., vyhláška č. 268/2009 Sb. ve znění vyhlášky č. 20/2012 Sb.)

Vedle v úvodu uvedených NV a vyhlášek se pro návrh kuchyní používá především **ČSN EN 16282-1 Zařízení komerčních kuchyní – Prvky pro větrání komerčních kuchyní – Část 1: Obecné požadavky včetně výpočtové metody** (princip návrhu větrání kuchyní vychází z VDI 2052:2015 *Raumlufttechnische Anlagen für Küchen*). Vybavení kuchyní řeší další soubor norem **ČSN EN a EN 16282-3 až 9**.

Pro kuchyně, kde jsou instalovány plynové spotřebiče, se se musí dodržet požadavky technických pravidel **TPG 704 01 Domovní plynovody – Odběrná plynová zařízení a spotřebiče na plynná paliva v budovách**, která vychází z **ČSN EN 1775 Zásobování plynem – Plynovody v budovách**.

POBYTOVÉ PROSTORY

Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb – vůbec neřeší větrání, jen mikroklimatické podmínky, ale dost zmatečně, jednak stanoví samostatně požadavky pro teplé a chladné období roku, nerozlišuje např. u sportovních hal jejich využití – teoreticky požaduje stejné teploty pro zimní stadiony, tenisové haly, ale i divadelní sály apod. Je zde uvedeno i několik limitů pro chemické látky a prach (chybí však základní limit pro CO₂). Požadavky na větrání jsou ve stavební vyhlášce (č. 20/2012 Sb.) – 25 m³.h⁻¹ na osobu.

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

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

BAZÉNY A SAUNY

Hygienické limity nejen na parametry vody, ale i na parametry vnitřní prostředí bazénů a saun jsou stanoveny ve **vyhlášce č. 238/2011 Sb.** v platném znění, o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch.

Tab. 7 Požadavky pro bazény – mikroklima, větrání

Prostor	Teplota vzduchu [°C]*	Max vlhkost [%]	relativní Intenzita větrání [h ⁻¹]
Hala bazénu	Teplota vody + 1 - 3	65	min 2
Sprchy	24 – 30	85	min 8
Šatny	20 – 28		5 - 6
Pobytové	22 – 26	50	musí být splněny pož.
Vstupní	20 - 22		na vlhkost

*jediny „hygienický předpis, kde je jako teplotní veličina použita teplota vzduchu t_a a ne výsledná teplota kulového teploměru t_g nebo operativní teplota t_o.

Tab. 8 Požadavky pro sauny

Prostor	Výška od podlahy [m]	Min. teplota vzduchu [°C]	Max. teplota vzduchu [°C]	Max. relativní vlhkost [%]	Min. intenzita větrání [h ⁻¹]
Chodba	1,6	18	-	50	2
Šatna	1,6	22	-	50	2
Prohřívárna	1,5	-	80	15	-
	2,0	-	110	-	-
Vnitřní ochlazovna	-	-	-	70	2
Vnější ochlazovna	-	-	-	-	-
Odpočívárna	1,6	23	-	50	2
WC	1,6	20	-	-	50 m ³ /h na 1 mísu

BYTY A BYTOVÉ DOMY

Pro tuto oblast, opět s výjimkou hluku a neionizujícího záření, není k dispozici žádný právně závazný „hygienický předpis“ stanovující limity fyzikálních a chemických parametrů a požadavky na větrání vnitřního prostředí budov. K dispozici je stavební vyhláška, která odkazuje na normové hodnoty.

Tab. 9 Požadavky na větrání bytů podle ČSN EN 15665/Z1

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h ⁻¹] základní pož.	Dávka venkovního vzduchu/os [m ³ /(h.os)] doplňkové kritérium	Kuchyně [m ³ /h]	Koupelny [m ³ /h]	WC [m ³ /h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporuč. hodnota	0,5	25	150	90	50

Při dlouhodobé nepřítomnosti lze připustit intenzitu větrání 0,1 [h⁻¹]

V ČSN EN 15665/Z1 jsou popsány používané systémy větrání, větrání při použití plynových spotřebičů, příklady výpočtů a další.

Praha má ale své stavební předpisy – **nařízení č. 10/2016 Sb. hl. m. Prahy** v platném znění (PSP), kde jsou řešeny pouze minimální požadavky na větrání bytů.

Tab. 10 Mikroklimatické parametry vnitřního prostředí bytů podle ČSN EN 16798-1
Platí v zimním období pro relativní vlhkost $rh = 40 \%$ a tepelný odpor oděvu $I = 1$ clo, v letním období $rh = 60 \%$, $I = 0,5$ clo.

Kategorie bytu	Teplota vzduchu v zimním období [°C]	Teplota vzduchu v letním období [°C]	Rychlost proudění vzduchu [m/s]
I	21 – 25	23,5 – 25,5	< 0,1
II	20 – 25	23,0 – 26,0	
III	18 – 25	22,0 – 27,0	
IV	17 – 25	21,0 – 28,0	

Kategorie I, II, III odpovídají kategoriím A, B, C dle ČSN EN ISO 7730

Je zde jediná dostupná informace o teplotě podlahy, což je při současně oblíbeném podlahovém vytápění důležitý údaj:

Tab. 11 Teplota podlahy podle ČSN EN 16798-1- platí pro t_o 20 °C v zimě a 28 °C v létě

Kategorie bytu	Rozsah povrchové teploty podlahy [°C]	Max. rychlost proudění vzduchu [m/s]	
		zima	léto
I	19 – 29	0,10	0,12*
II	19 – 29	0,16	0,19*
III	17 – 31	0,21	0,24*

*Při $t_o > 25$ °C může být i vyšší.

ZÁVĚR

Podkladů k řešení problematiky kvality vnitřního prostředí budov máme celou řadu. Jsou ale roztržštěné, nemluví vždy stejnou řečí a jejich splnění bývá často velmi náročné. A to je třeba ještě respektovat energetické požadavky. Ale dostatečné větrání je základem, který musíme vždy dodržet.

VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ DIVADLA NA VINOHRADECH

Ing. Jiří Petlach

Petlach TZB s. r. o.

jiri.petlach@petlach.cz

NĚCO Z HISTORIE

Nově budované pražské čtvrti, které vyrůstaly po zboření městských hradeb po roce 1875 východním směrem od Nového Města Pražského, začaly být osídlovány na bývalých zemědělských usedlostech především úspěšnými českými vlastenci a stávaly se tak i význačnou hybnou silou českého uvědomění.

Toto se především projevovalo v nové obci a posléze pražské čtvrti „Královské Vinohrady“.

Uvědomění především zesílilo po otevření Nového zemského německého divadla v roce 1883 (nyní Státní opera) které bylo úrovní přiřazeno ke katastru Královských Vinohrad. Pražané sice v té době otevřeli po požáru zrekonstruované Národní divadlo, ale obyvatelé Královských Vinohrad chtěli mít vlastní kulturní stánek. Jejich snaha byla korunována v roce 1892 otevřením Národního domu na Vinohradech. Nicméně divadlaktivním obyvatelům tento Národní dům byl málo (ačkoli jeden sál byl původně zamýšlen na trvalou divadelní scénu), a proto se snažili vybudovat vlastní „Vinohradské divadlo“, určené především pro činohru. Původně tato „Nová scéna“ měla sloužit i pro Pražany, a tak připravený výbor se snažil získat pozemky pro stavbu budovy na území tehdejší Prahy. Nicméně po dlouhých tahanicích bylo jasné, že tento záměr nevyjde, a tak zastupitelstvo Královských Vinohrad se usneslo, že pro stavbu nového Vinohradského divadla bude využito pozemků v zahradách Národního domu. Následně pak byly tyto pozemky vyměněny za poslední volné stavební pozemky na severní straně nynějšího náměstí Míru v bývalých Eichlerových zahradách. Nová budova tak získala ze současného pohledu reprezentativní prostor v centru vinohradského dění. To se psal rok 1902.

V prvním návalu euforie ze získaného pozemku, a i investičních prostředků na stavbu divadelní budovy se zastupitelstvo rozhodlo, že stavbu divadla zadá projekčně osvědčené a spolehlivé firmě. Volba padla na vídeňskou projektovou kancelář Fellner a Helmer, proslavenou řadou vynikajících divadelních scén v Rakousku a Uhersku či v celé Evropě. V Čechách je tato projekční kancelář podepsána pod již postaveným Novým zemským německým divadlem v Praze, divadly v Liberci, Jablonci, Karlových Varech, Mladé Boleslavi. Nicméně snaha o zapojení českých architektů a zahrání na vlasteneckou strunu byla korunována úspěchem v podobě vyhlášení architektonické soutěže pro ryze „slovanské“ architektky. Soutěž byla vyhlášena koncem října 1902 s uzávěrkou 30. listopadu 1902. Celkově se účastnilo soutěže 12 předních českých architektů. Vítězem byl 10. ledna 1903 vyhlášen architekt Alois Čenský. Prvotní euforie byla vystřídaná určitým vystřízlivěním, protože se Městské radě zdál být projekt příliš rozsáhlý a značně přetažený rozpočet (1.000.000 Kč oproti uvažovaným 800.000 Kč). Nicméně toto překročení bylo spíše vinou všeobjímajícího a nekonkrétního stavebního zadání než velkorysému návrhu divadelní budovy. Např. v zadání bylo původně uvedeno:

- při normálním obsazení 1250 až 1350 diváků
- parket nebude pro více jak 250 sedadel
- orchestřiště pro 46 hudebníků
- zajištění všech bezpečnostních a technických opatření zvláště z hlediska požární ochrany

- využití všech nových technických řešení apod.
- divadlo má sloužit pro všechny formy divadelních představení

Dále se na straně návrhu divadelní budovy podepsal i čilý stavební ruch v okolí a okolní plánovaná zástavba o výšce okolních staveb odpovídajícímu 3 ÷ 4 pater. Proto architekt Čenský svůj projektový návrh na nátlak zastupitelstva opravil. Toto však návrhu divadla pomohlo, protože časový tlak na vypracování projektové dokumentace se rozvolnil a některá řešení, jak architektonická, tak i technická a provozní se výrazně vylepšila.

Zejména se jednalo o důmyslné protipožární řešení vč. řešení únikových cest, použití bateriového nouzového osvětlení, elektrického osvětlení v celé budově. Konečné projekční plány byly městské radě předloženy 15.03.1904. Vlastní otevření divadla bylo provedeno následně 24.11.1907. Zpočátku mělo divadlo značné provozní problémy, protože místo hlavního jednoho činoherního souboru a doplňkového operního byl řízen druhý činoherní soubor a baletní soubor. Divadlu se nedařilo zpočátku jednoznačně vyprofilovat svůj repertoár, který původně měl být ryze vlastenecký.

Divadlo Na Vinohradech procházelo od doby svého vzniku několika změnami vlastníků, ředitelů, skladby repertoáru poměrně význačnými změnami, které reagovaly na momentální politickou situaci a komerční poptávku diváků. Veškeré tyto změny však neměly výrazný vliv na budovu jako takovou ani na její technické vybavení, pouze na využívání některých prostor.

Po německé okupaci se Divadlo Na Vinohradech nadechlo k novému životu prostřednictvím hlavně činoherního souboru, nicméně toto vzednutí bylo přerušeno únorem 1948. V roce 1950 převzala budovu armáda. Divadlo bylo tehdy určeno především armádnímu profilu, však militaristicky a politicky laděný program nenašel dostatek diváků a po roce 1955 se program začal civilizovat.

Technické vybavení divadla z hlediska systémů zajišťující kvalitu vnitřního prostředí po celou existenci divadla odpovídalo přibližně době vzniku divadla. Pokud se vrátíme v historii techniky, kdy budova divadla vznikla do roku 1904, musíme si uvědomit základní technické prvky, které byly v té době již k dispozici:

- vytápění centrální pomocí kotlů na uhlí
- je k dispozici elektrická energie, a tudíž jsou k dispozici první ventilátory
- přiváděný vzduch s ohledem na převládající vytápění pevnými palivy ve městech s vysokou prašností je nutno filtrovat
- tím, že je možno vzduch přivádět nuceně, je možno použít adiabatické vlhčení (chlazení)
- jako topné médium nevyžadující mechanický pohon je přednostně pro rozlehlé budovy používána pára

Změny, úpravy systému odpovídaly změnám, které si vyvolal provoz divadla a interiérové úpravy. Například prostor galerie pro diváky na úrovni 3. a 4. patra, která byla určena především pro stojící diváky, byl nahrazen zkušebnou a později i experimentální scénou. Změny byly také vyvolány změnou „palivové základny“ kdy byla původní uhelná kotelna nahrazena plynovou kotelnou.

O tom jsou již následující odstavce.

PŮVODNÍ ŘEŠENÍ VYTÁPĚNÍ OBJEKTU

Původní větrání objektu divadla bylo pomocí uhelné kotelny s parním rozvodem. Při prvotních návrzích byla uhelná kotelna vč. skladu uhlí umístěna ve středním traktu divadla

pod hledištěm na úrovni 1. suterénu se zásobováním uhlím a vývozem popela do ulice Šubertova. Při realizaci však s ohledem na hlučnost při manipulaci s uhlím byla dána přednost poloze uhelné kotelny při fasádě do ulice Ibsenova, odkud se naváželo i uhlí a odvážel popel. Rozvody tepla byly pravděpodobně provedeny pomocí nízkotlaké páry. Vytápění hlavních prostor bylo provedeno pomocí teplovzdušných systémů, které byly používány běžně v době vzniku objektu a bylo převzato ze systému větrání divadel z dílny vídeňského architektonického atelieru Fellner a Helmer.

Princip vytápění hlediště byl většinou svázán se systémem větrání, ale systém vytápění mohl pracovat samostatně. Princip tohoto vytápění spočíval v principu funkce na základě rozdílu hustot mezi teplotou ohřátého vzduchu za ohřívačem vzduchu a teplotou vzduchu v dané místnosti, většinou u podlahy (teplota před ohřívačem). Teplý vzduch byl přiváděn vždy v prostoru nad odvodem vzduchu. Přiváděný teplý vzduch, jehož teplota byla s ohledem na použitý zdroj tepla a parní rozvod velmi obtížně regulovatelná, stoupal nahoru ke stropu, naopak chladný vzduch klesal k odvodní mřížce.

Chladný vzduch byl přiváděn pod topný parní registr, kde se opět ohřál. V některých případech byl pod topný registr přiváděn čerstvý venkovní vzduch. Takto byly vytápěny veškeré společenské prostory v divadle. Pro prostor hlediště bylo provedeno několik zón, do kterých byl teplý vzduch přiváděn a odváděn. Týkalo se to například jednotlivých balkonů, galerií, ale i bočních lóží hlediště. Přívod tepla do jeviště byl řešen přes hlediště, protože se předpokládaly značné tepelné zisky od osvětlení, přičemž výraznější tepelné ztráty bylo možno předpokládat pouze přes střechu provaziště žaluziemi a kouřovými klapkami. Proto pod střechou byla po celé ploše provaziště provedena síť topných žebrovek, které zabraňovaly prochlazení provaziště. Obdobné žebrovky byly umístěny i pod kouřovými klapkami se žaluziemi v lucernové části střechy nad prostorem hlediště. Ostatní prostory divadla provozního charakteru byly vytápěny pomocí parních radiátorů.

PŮVODNÍ SYSTÉM VĚTRÁNÍ

Nuceně byly větrány prostory hlediště. Větrání ostatních prostor se předpokládalo přirozeně pomocí větrání oken nebo přes hlediště či šachtovým větráním. Nasávání vzduchu bylo provedeno pomocí protidešťových žaluzií z ulice Ibsenova s tím, že plocha těchto žaluzií byla částečně nad úrovní ulice a část nad její úrovní a nasávání vzduchu bylo provedeno z anglického dvorku. V kobce na úrovni 1. a 2. suterénu byly umístěny filtry z ocelových voštin, které byly pravděpodobně navlhčovány olejem pro zachycení prachu. S ohledem na velikost filtrační kobky a pilové osazení vložek filtrů do rámu lze odhadovat, že průtočná rychlost vzduchu přes tyto filtrační vložky byla pod $w_s = 0,5 \text{ ms}^{-1}$.

Za filtrační komorou byl na úrovni 2. suterénu vstup do hlavních kanálů pro vedení vzduchu. Na tomto vstupu byly umístěny 2 axiální ventilátory, které čerstvý venkovní vzduch zbavený nečistot přiváděly do tlakové rozvodné komory, ze které byl vzduch přiváděn do různých výškových úrovní hlediště. Před vstupem větracího vzduchu do této distribuční komory se přívodní kanál dělil na 2 větve:

- jedna větev s žebrovkou pro ohřev vzduchu a s regulačními klapkami
- druhá větev pouze s regulačními klapkami

Pomocí klapek bylo pak možno nastavit teplotu vzduchu, která byla přiváděna do prostor hlediště. Přívod vzduchu byl proveden mřížkami v obvodových stěnách hlediště do všech pobytových zón diváků. Odvod vzduchu byl proveden přetlakem přes mříž lustru slavnostního osvětlení a boční mřížky navazující na zděné kanály po obvodě hlediště přiváděn do prostor krovu a odtud netěsností či otevřením kouřových klapek do venkovního prostředí.

Z hlediska teplotní úpravy přiváděného vzduchu byl tento pouze v zimním období dohříván. Nelze však vyloučit, že bylo prováděno skrápění podzemních kanálů a tím i neřízené adiabatické chlazení.

Další větrací systémy pracovaly na základě fyzikálních zákonů tj. v každém prostoru, kde se mohlo vyskytovat více osob, či vznikaly jakékoli pachy, byly provedeny šachty s interiérovými mřížkami v daném prostoru a výfukem nad střechou. Většina těchto šachet měla možnost ovládání pomocí žaluziových klapek ovládaných manuálně pomocí řetízků. Z doby, kdy v divadle hospodařila armáda, se zachovalo torzo zařízení z roku 1953, které přivádělo vzduch do levé zadní části jeviště. Zařízení bylo umístěno v malé strojovně vzduchotechniky na úrovni 2. NP a pracovalo s cirkulačním vzduchem. Čerstvý vzduch si nasávalo vzduch pomocí mřížky na fasádě z ulice Ibsenova. Systém byl vybaven radiálním ventilátorem ve spirální skříni s řemenovým převodem a motorem s konstantními otáčkami, deskovým filtrem s tkaninovou výplní, teplovodním ohřivačem a vertikální pračkou vzduchu. Systém tak nejen prostor jeviště větral, ale i adiabaticky chladil a vlhlčil. Dle pamětníků byl stejný systém instalován i zrcadlově v pravé části jeviště s nasáváním vzduchu z ulice Šubertova, ale v současné době je toto zařízení zcela demontováno a na místě původní strojovny vzduchotechniky je v současné době situována šatna. Ačkoli lze předpokládat, že v té době proběhla i další výměna zařízení techniky prostředí, nepodařilo se o tomto dohledat žádné materiály.

SOUČASNÝ STAV VYTÁPĚCÍCH ZAŘÍZENÍ V OBJEKTU PO REKONSTRUKCI V 90. LETECH

V současné době je na úrovni 2. suterénu přiléhající k fasádě do ulice Ibsenova v místě původní uhelné kotelny kotelná plynová. Ještě v současné době jsou patrné zbytky výtahu na popelnice, který ústil vedle budovy divadla do chodníku. Kotelná je v současné době vybavena 2 plynovými kotli Buderus o jmenovitém topném výkonu 650 kW, které byly do kotelny instalovány v roce 2014. Oba kotle mají kouřovody stažené do jednoho původního komínu pro uhelné kotle, který je vyveden v rohu jeviště nad úroveň střechy provaziště. Druhý původní komín je v současné době využit pro odvod vzduchu z kotelny. Přívod vzduchu do kotelny je proveden pomocí ventilátoru v potrubním provedení s filtrem a ohřivačem s nasáváním vzduchu z anglického dvorku. Dále je v této kotelně, která v současné době zabírá prostor nejen pro původní uhelné kotelně, ale i po skladu uhlí, umístěna většina prvků zajišťující funkčnost této plynové kotelny – hlavní oběhová čerpadla, akumulční nádoby, hlavní rozdělovač a sběrač tepla, úprava a doplňování topné vody. Dále jsou zde umístěny bojlerů na přípravu teplé vody. Podružná strojovna vytápění je umístěna ve vnitřní dispozici objektu směrem ke skladu kulis, který je umístěn pod jevištěm. V této podružné strojovně rozvodů tepla je umístěn podružný rozdělovač a sběrač tepla pro vytápění zadního prostoru divadla převážně s administrativním a šatnovým zázemím pro herce divadla a obdobné pracovníky divadla. Rozdělovač a sběrač je osazen několika okruhy vytápění s možností ekvitermní regulace teploty topné vody. Kromě ohřevu teplé vody je topná voda přivedena k následujícím koncovým spotřebičům tepla:

- Otopná tělesa, které jsou většinou osazena v šatnovém, kancelářském zázemí divadla. Dále jsou na tento okruh napojena otopná tělesa pro chodby, sklady a další provozní místnosti. Jako otopných těles je použito litinových radiátorů většinou řízenými pomocí termostatických ventilů.
- Ohřev větracího vzduchu pro přívod vzduchu do hlediště (ohřivače vzduchu jsou pod orchestríštěm v místnostech původního ohřivače vzduchu). Celkovou potřebu tepla lze odhadnout na 500 kW.

- Topné registry pro ohřevy vzduchu pro vstupní foyer a boční divácké schodiště.

Poznámka: Po současné době se dochoval původní systém vytápění foyer a bočních schodišť. (Na úrovni 1. suterénu jsou umístěny v topných komorách horizontální registry pro vytápění výše uvedených prostor). Celkem jsou v objektu 4 topné komory. Rozvod tepla po objektu je pomocí topné vody s počátečním teplotním spádem od plynových 80/60 °C, který se v jednotlivých větvích redukuje pomocí ekvitermní křivky automatickou regulací. Zda jsou napojeny původní topné registry pod větracími klapkami v krovu nad hledištěm a v jevištní části se nepodařilo dohledat, nicméně se tyto topné registry ke svému původnímu účelu nepoužívají.

STÁVAJÍCÍ ZDROJE A ROZVODY CHLADU

Při rekonstrukci v roce 1994 byl do objektu doplněn centrální zdroj chladu, který je určen pouze pro chlazení přiváděného vzduchu do prostoru hlediště. Jako zdroj chladu jsou na levé střeše nad šatnami diváků (a sociálních zázemí diváků) vedle terasovité střechy hlediště umístěny 2 chladicí jednotky, které při provozu mají štítkový chladicí výkon cca 100 kW. Chladicí jednotky mají oddělený kondenzátor, který je umístěn v blízkosti těchto chladicích jednotek na téže střeše (vzdálenost cca 5 m). Chladicí kapalina je dopravována izolovaným potrubím do prostor v 1.suterénu, kde jsou umístěny další části rozvodu chladu (oběhová čerpadla, úpravna a doplňování chladicí kapaliny, zabezpečovací prvky, akumulace). Chlazená kapalina je dopravována do 2 výměníků chladu, které jsou součástí větracích jednotek přivádějící vzduch do divácké části divadla. Další chladicí systémy lze označit jako lokální:

- a) Chlazení: zkušební a experimentální scény na úrovni 4. NP nad vstupními foyer, které je integrované do větrací jednotky v provedení ROOF – TOP od firmy CARRIER. Tato větrací a chladicí jednotka je umístěna na terasu přiléhající k ulici Šubertova na úrovni 4. NP. Chladicí výkon zařízení je cca 15 kW.
- b) Lokální chladicí systémy Split, které slouží lokálnímu chlazení technických místností s požadavkem na nepřekročení maximálních teplot v průběhu celého roku nebo i některých kanceláří. Kondenzační jednotky jsou většinou umístěny na střeších na úrovni 4.NP nebo na střeše na úrovni 5.NP v zadní části budovy.

Stávající větrací systémy v divadle

Stávající větrací systémy v divadle většinou vycházejí z původního konceptu větrání budovy. Nové či upravené systémy navazující většinou na stavební úpravy, nové využití prostor či požadavky nové technologie. Z hlediska účelu větrání je možno stávající systémy rozdělit do následujících skupin:

- Teplovzdušné větrání s chlazením hlediště
Větrání tohoto prostoru je navrženo v současné době jako rovnotlaké, tj. s nuceným přívodem a odvodem vzduchu bez zpětného získávání tepla. Přívod vzduchu je zajišťován pomocí 2 větracích jednotek (výrobce Boesch) o vzduchovém výkonu $2 \times 18\,000 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$. Obě jednotky jsou v atypickém provedení, které respektuje stavební možnosti původní filtrační komory, ve které jsou obě jednotky umístěny. Sání vzduchu je opět provedeno z ulice Ibsenova pomocí protihlukových žaluzií, jejich velikost je přibližně shodná s původními nasávacími mřížemi. Vzduchotechnická strojovna obdobně jako v původním řešení je navržena jako podtlaková komora, ze které si větrací jednotky nasávají vzduch.

Obě jednotky mají identické složení a funkci, ačkoli technické a konstrukční řešení je s ohledem na prostor odlišné. Každá z jednotek zajišťuje následující funkce:
 - filtraci přiváděného vzduchu,

- chlazení vzduchu pomocí lamelového kapalinového chladiče,
- dopravu vzduchu pomocí nízkotlakého ventilátoru ve spirálním skříní, s řemenovým převodem a s motorem mající konstantní otáčky.

Tlumiče hluku jsou umístěny buď přímo v jednotkách, nebo v potrubí za jednotkami. Předupravený vzduch je jednotkami přiváděn do kanálu na úrovni 2. suterénu v místech, kde původně byly umístěny radiální ventilátory o průměru cca 1,0 m.

Kanál na úrovni 2. PP se dělí na 2 větve:

- Jedna větev je vedena do topných komor pro větrání a vytápění obou podlaží foyer.
- Druhá větev je vedena do topné komory pod orchestríštěm. Teplota vzduchu vedeného do přetlakové komory pod hledištěm byla regulována obchozovými klapkami teplovodního (původně parního) výměníku.
Z tlakové komory za výměníkem byl (a doposud je) přiváděn do následujících prostorů:
 - Prostoru, kde jsou v podlaze mezi parterem a tlakovou komorou umístěny vířivé podlahové výustě s regulačním ústrojím.
 - Do prostoru obou balkonů, kam je vzduch přiváděn po pravé i levé straně pomocí zděných kanálů. V obou úrovních je vzduch přiváděn do dutiny podlahy s tím, že přívod vzduchu je proveden pomocí mřížek ve vertikální části výškových stupňů sedadel. (Původně byl vzduch přiváděn i na úroveň galerie, avšak po jejím uzavření přívodní kanál není využíván.)

Odvod vzduchu je proveden z hlediště následujícími systémy:

- Dvěma ventilátory v odvzdušněných komorách, které jsou napojeny pomocí ohebných hadic s útlumem hluku na komoru nad lustrem hlediště. Tato komora je propojena s okrasnou mříží kolem zavěšení lustru. (Ohebné hadice jsou použity z důvodu čistitelnosti lustru a jeho servisu bez nutnosti domontování odsávacího potrubí). Množství odsávacího vzduchu od lustru je cca $2 \cdot 3\,500\text{ m}^3\text{h}^{-1}$.
- Odsávací atypickou jednotkou, která je umístěná v lokální strojovně vzduchotechniky v prostoru krovu půdorysně umístěná v prostoru na rozmezí mezi foyer a balkony hlediště. Vzduchový výkon odsávacího systému je cca $30\,000\text{ m}^3\text{h}^{-1}$ a je tvořen:
 - Dvojicí nízkotlakých ventilátorů ve spirální skříní s řemenovým převodem a motorem s konstantními otáčkami.
 - Tlumiče hluku před a za ventilátory.
 - Uzavíracími klapkami.

Odsávací systém si nasává vzduch z celého prostoru krovu nad prostorem hlediště, který je s vlastním prostorem hlediště propojen pomocí zděných kanálů. Tyto kanály jsou zakončeny na úrovni balkonů okrasnými mřížkami. Zděné kanály jsou vedeny v odvodových stěnách hlediště.

Výfuk vzduchu je proveden pomocí žaluzií nad střechu foyer ve výškovém dosahu střech. Odsávací systém odsává vzduch z krovu, částečně z prostor z hlediště, ale i z venkovního prostoru netěsnosti přírodních žaluzií s nasávacími klapkami.

Odvod vzduchu je z hlediště řešen i přes jeviště, odkud je vzduch odváděn přes netěsnosti kouřových klapek nad provazištěm.

Ostatní větrací systémy:

Dalším systémem klimatizace je zařízení, které zajišťuje větrání a teplotní parametry v prostoru bývalé galerie, který v současné době slouží jako experimentální scéna. Základem tohoto zařízení je klimatizační jednotka typu Roof – top od fy CARRIER. Jednotka je vybavena pouze jedním přívodním radiálním ventilátorem základním hrubým filtrem, přímým chladičem vč. kondenzátorové části a elektrickým dohříváčem. Zařízení dle teploty venkovního vzduchu pracuje se směsí venkovního a cirkulačního vzduchu v různých poměrech. Systém je tedy přetlakový s neřízenou mírou přetlaku, kdy přebytečný vzduch je odváděn přes vedlejší místnosti.

Vlastní jednotka je umístěna na střeše na úrovni 4. NP na bočním křídle budovy do ulice Šubrtova. Distribuce vzduchu o klimatizovaném prostoru je provedena pomocí čtyřtrubkových vyústek s naklápěcími lamelami umístěnými přímo v plechovém potrubí.

Ostatní systémy buď využívají původní samotížné, šachtové či přirozené větrání otevíratelnými okny nebo byly nesystémově doplněny do objektu dle momentálních potřeb uživatelů. Bohužel se při těchto úpravách podařilo necitlivě zasáhnout do původních systémů větrání (např. přívod vzduchu do kabiny techniků na úrovni 2. balkonu).

Shrnutí funkce stávajících zařízení

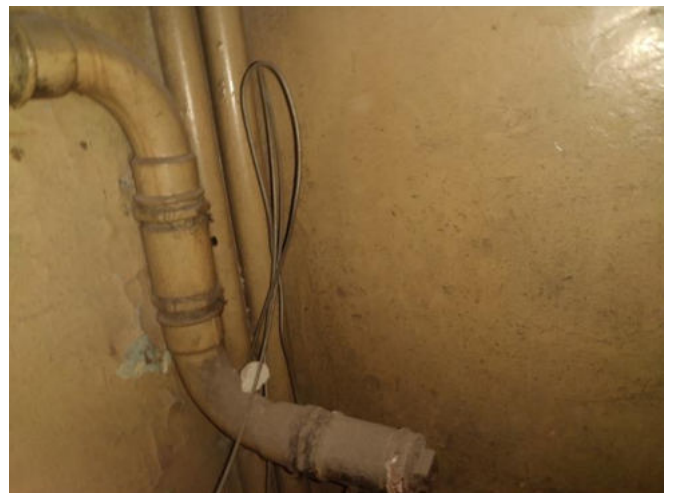
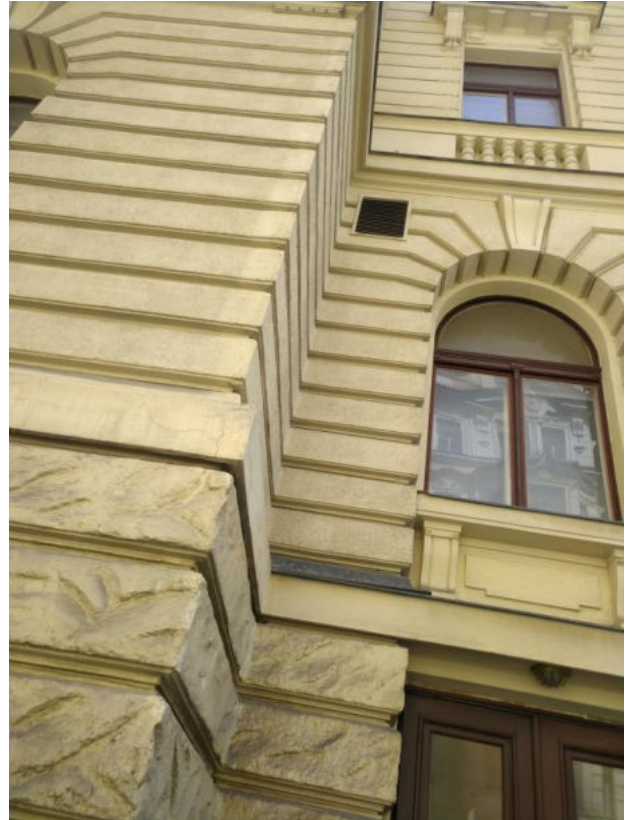
Obecně lze říci, že celkový stav systémů techniky prostředí je ve stavu, který odpovídá době vzniku divadla. Prováděné rekonstrukce byly pouze dílčí, které nepřinesly do systémů objektu výraznou systémovou změnu (např. chlazení všech prostor divadla, zpětné získávání tepla). Instalované systémy vykazují určité známky opotřebení a nespolehlivé funkce. Dále je nutno si uvědomit, že systémy nejsou vybaveny žádnými prvky protipožární ochrany a odvod kouře a tepla i z hlediště a jeviště je nefunkční. Stavební kanály pro přívod vzduchu jsou velmi netěsné, a tudíž účinnost větrání v některých prostorách je nízká. O zaregulování zařízení (větrání, vytápění a chlazení) nejsou k dispozici žádné protokoly.

Plány do budoucnosti

V současné době je připravována celková rekonstrukce Divadla na Vinohradech, jejíž součástí bude i celková rekonstrukce všech systémů techniky prostředí. Proto tento článek snad bude možné brzy zařadit již do kategorie starých již neaktuálních informací.



Ventilátor původní klimatizace jeviště





Pohled do adiabatické pračky původního klimatizačního zařízení pro jeviště



Filtrační sekce původní klimatizace jeviště





Původní kouřové klapky nad hledištěm.



Odsávací ventilátory lustru hlediště



Odsávací jednotka z hlediště umístěná v krovu



Chladicí jednotky na střeše divadla



Kondenzátory chladicích jednotek



Ozdobné mřížky ve foyer divadla ve 2.NP



Přívodní mřížka ve foyer ve 2.NP



Přívodní mřížka ve foyer ve 2.NP



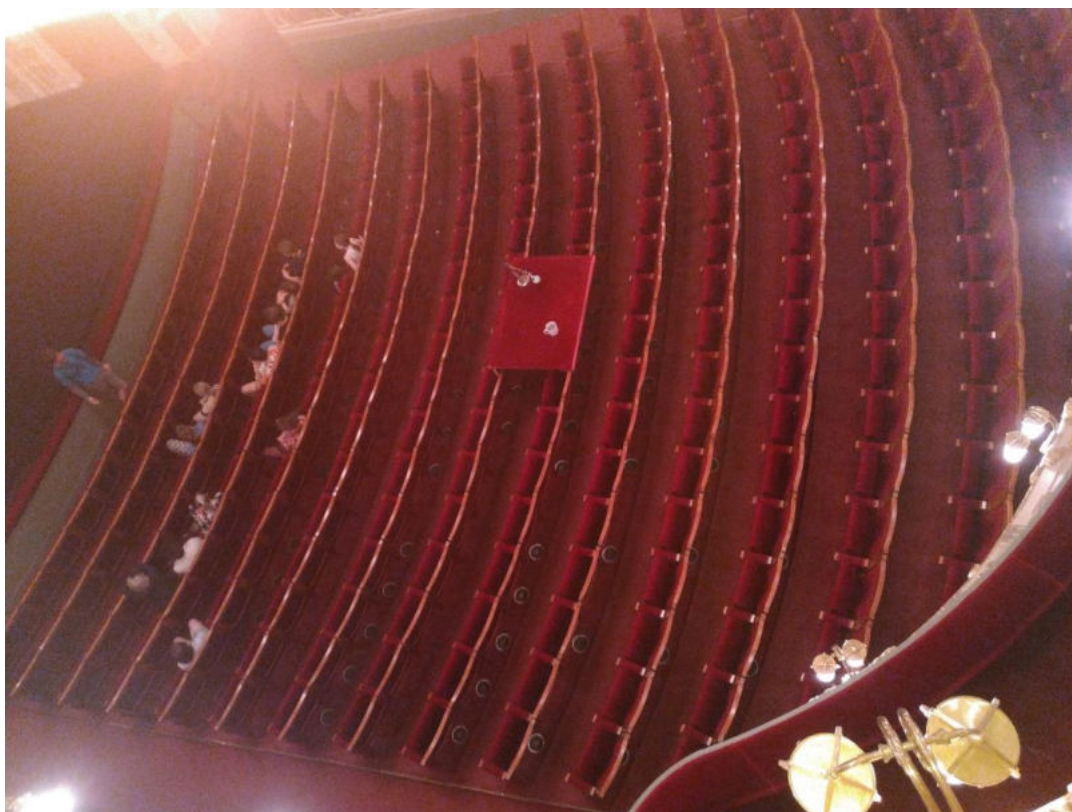
Pohled na kotle Buderus v plynové kotelně



Přívodní mřížka pod sedadly na balkoně hlediště



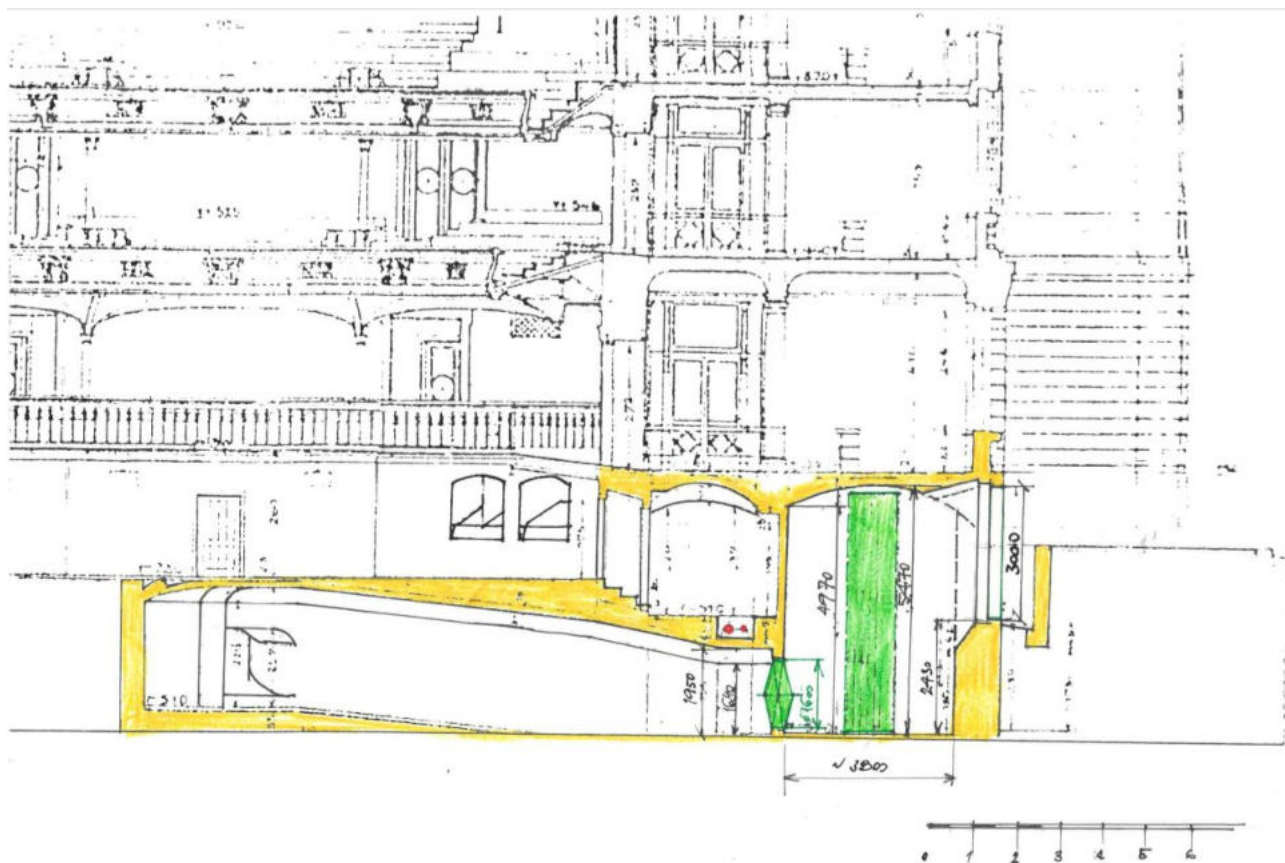
Odsávací vyústka z loží na balkóně hlediště



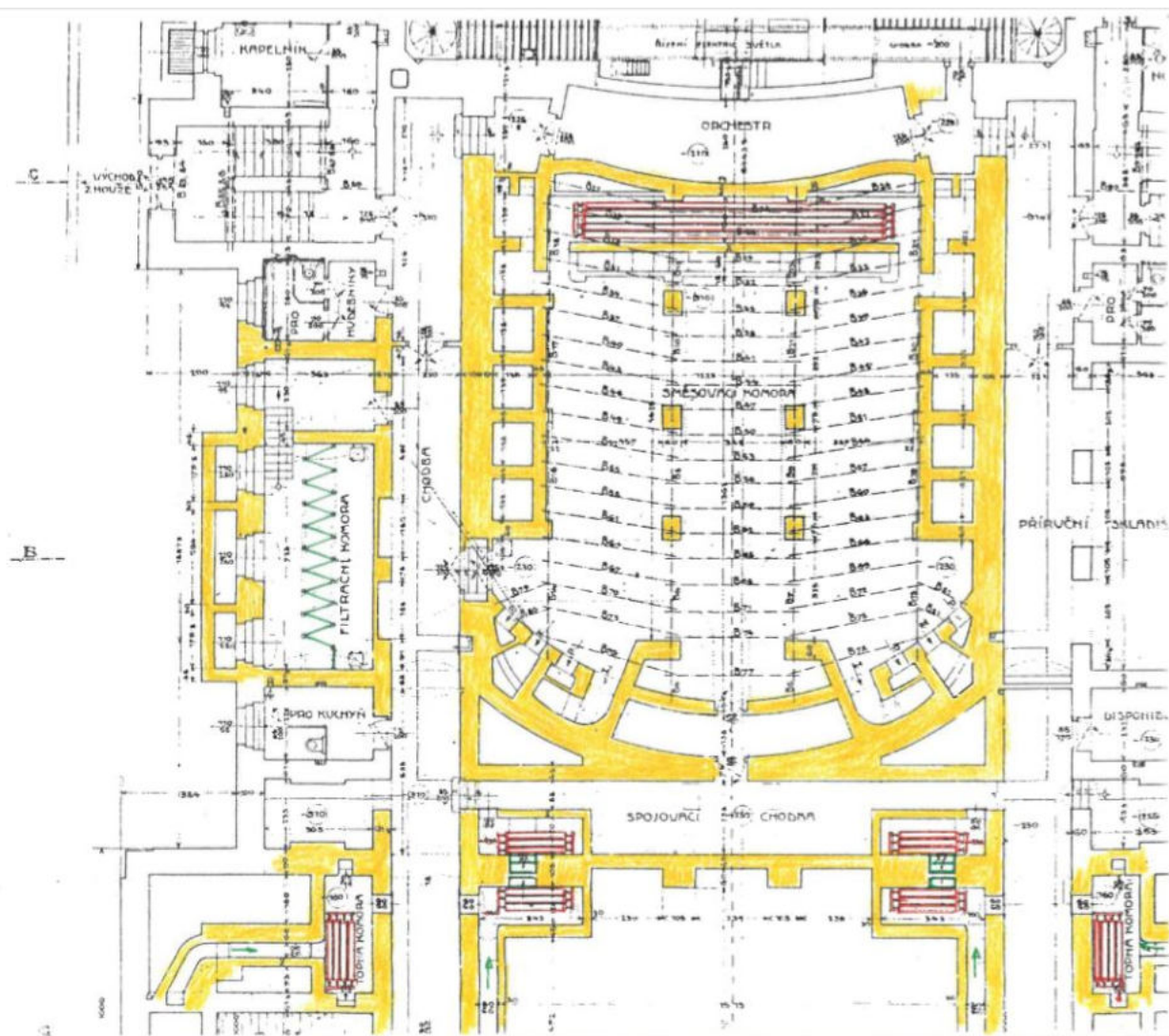
Pohled na parter hlediště – pod sklopnými sedadly jsou přívodní mřížky



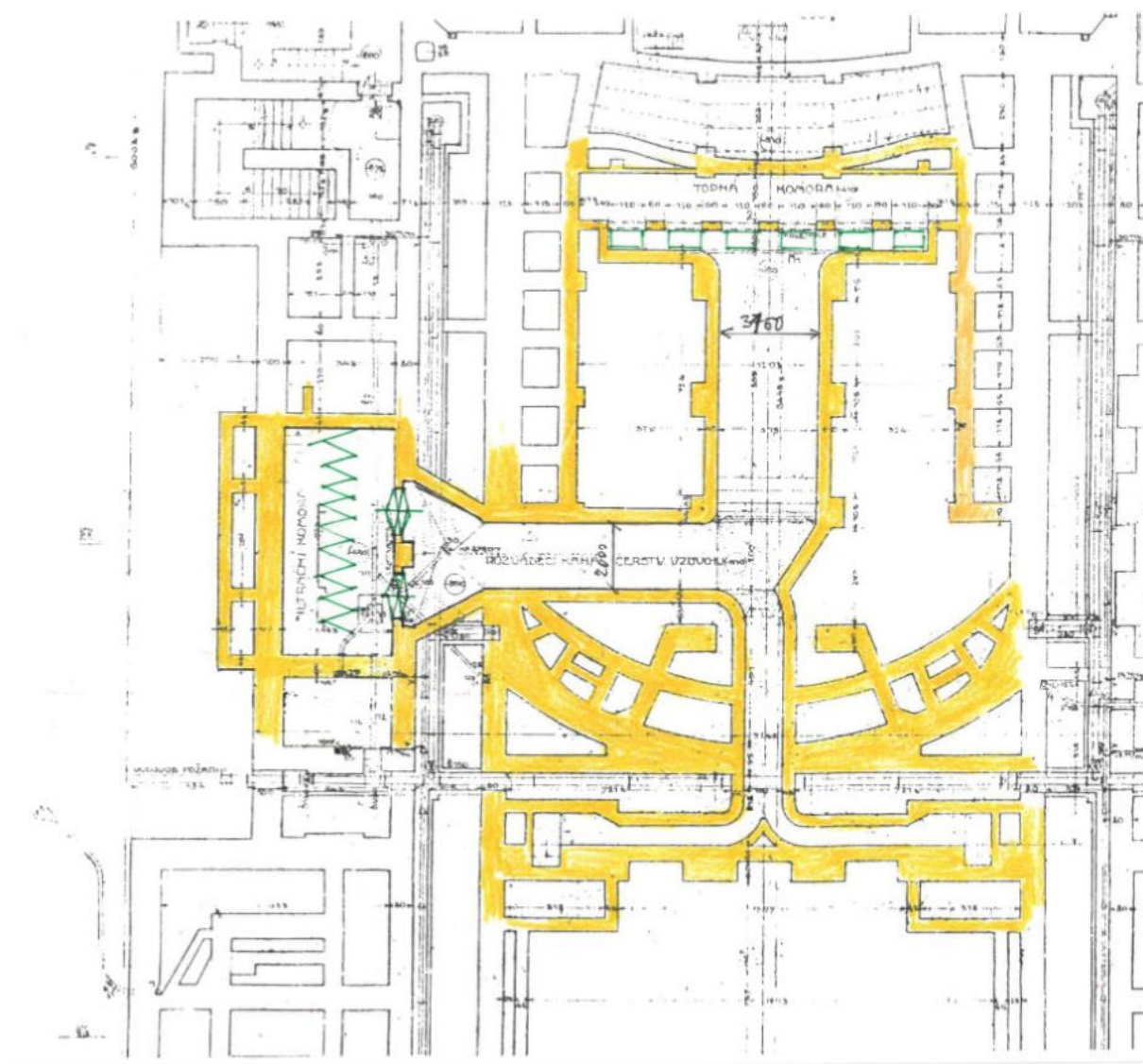
Pohled na výdech z komínu plynové kotelny



Rozvody vzduchu v 1. suterénu pod hledištěm



Řez filtrační komory a přívodními axiálními ventilátory



Rozvody vzduchu v 1.NP pod parterem hlediště a topné komory

VLIV TEPELNÉ IZOLACE ODĚVU NA TEPELNOU POHODU UŽIVATELŮ ČISTÝCH PROSTOR

Kateřina Roškotová¹, Daniel Adamovský¹

¹Katedra technických zařízení budov, Fakulta stavební, ČVUT v Praze
katerina.roskotova@fsv.cvut.cz

ANOTACE

Tepelná izolace oděvů významně ovlivňuje tepelnou bilanci organismu, a tedy i tepelnou pohodu jedince. Znalost této hodnoty potom ovlivňuje přesnost hodnocení tepelného komfortu a možnost nalezení optimálních teplot zajišťující spokojenost uživatelů daného prostředí. Tento příspěvek se zabývá možnostmi stanovení tepelné izolace vybraných oděvních kompletů pro čisté prostředí, zejména jsou sledovány rozdíly výsledků získaných pomocí odhadu hodnot z dostupných tabulek v normách a využitím tepelného manekýna. Následně je analyzován vliv zjištěných výsledků na tepelnou pohodu uživatele a nastavení optimální teploty ve skutečném prostředí.

ÚVOD

Společně s dalšími faktory kvalitního vnitřního prostředí tepelná pohoda ovlivňuje nejen spokojenost uživatelů prostředí, ale také jejich zdraví či pracovní produktivitu. Tzv. „well-being“ uživatelů budov je dnes sledován v mnoha aplikacích, nicméně v čistých prostorech tomu tak úplně není. V těchto specifických aplikacích bývá tepelný komfort často upozaděn ve prospěch požadované čistoty. Vnitřní prostředí zde primárně není navrženo tak, aby zajistilo optimální pracovní prostředí a tím i spokojenost jeho uživatelů. Podmínky prostředí jako je např. rychlost proudění vzduchu nebo výše přetlaku jsou zde zásadně ovlivněny požadavky na úroveň čistoty dle ČSN EN ISO 14644-1 či EU GMP Annex 1 [1, 2]. Nastavení teploty vzduchu a relativní vlhkosti se potom primárně odvíjí od požadavků probíhajících procesů (např. i dle typu vyráběného produktu) či instalovaných technologií citlivých na tyto veličiny. Časté je řízení těchto veličin pomocí systému přesné klimatizace. Zřídka kdy však nastavené podmínky zohledňují činnost vykonávanou uživateli či jejich specifický oděv.

Absence možnosti optimalizovat teplotu dle potřeby uživatelů a s tím spojená vyšší nespokojenost s prostředím v čistých prostorech může vyústit ve snahu uživatelů zvýšit svůj tepelný komfort, a tak i svoji celkovou spokojenost pomocí různých adaptivních aktivit. Nejčastější metodou je změna počtu vrstev oděvu, které je v běžném prostředí nejjednodušším, nejméně nákladným a pravděpodobně nejúčinnějším opatřením. V případě čistého prostředí však představuje riziko v podobě nevhodně zvoleného oděvu či jeho materiálu a tím ohrožení požadované čistoty prostoru jeho kontaminací. [3]

Skladby kombinací oděvů pro čisté prostředí se mezi sebou liší a odvíjejí se od požadované třídy čistoty, kde jsou užívány. Dle ČSN EN ISO 14644-5 je možné shrnout, že čím vyšší je třída čistoty, tím vyšší jsou požadavky na danou kombinaci oděvů [4]. S třídou čistoty tak stoupá nejen požadavek na nepropustnost materiálu, ale i množství doplňků v podobě např. rukavic či roušky, a tím také stoupá procentuální zakrytí těla oděvem a mění se tepelná izolace celé kombinace oděvu. Kromě tepelné izolace, která významně ovlivňuje tepelnou bilanci organismu, a tedy i tepelnou pohodu, je důležitým parametrem oděvu také odpor oděvu proti odpařování. Specifické oděvy určené pro čisté prostředí jsou známy omezeným transportem vodní páry mezi lidskou pokožkou a okolním prostředím a při dlouhodobém používání nejsou pohodlné z důvodu vysoké vlhkosti pokožky a tím sníženého tepelného komfortu uživatele [5]. Podobně je tomu i u tepelné izolace oděvu, kdy nevhodně zvolený

oděv s příliš vysokou či příliš nízkou tepelnou izolací vzhledem k nastaveným okolním podmínkám má za následek nižší tepelný komfort.

Hodnocení tepelného komfortu i stanovení optimální teploty prostředí vyžaduje znalost tepelné izolace použitého oděvu. Bez známých hodnot, jako je tomu v případě čistých prostor, je vliv oděvu na tepelný komfort uživatele zkreslen a hodnocení není věrohodné. Stejně tak není možné ani určit optimální (komfortní) teploty prostředí pro dosažení neutrálního tepelného pocitu. Znalost hodnoty tepelné izolace oděvu lze také využít k navržení alternativních možností oděvu, které by zajistily vyšší tepelnou pohodu uživatelů čistého prostředí dle jejich subjektivních požadavků. Alternativní kombinace je potom možné využít i zejména tam, kde optimalizace nastavení teploty není z důvodu požadavků daného provozu možná. Tento příspěvek se zabývá možnostmi stanovení tepelné izolace u specifických oděvů pro čisté prostředí, stanovením hodnot tepelné izolace vybraných oděvních kompletů a sledováním vlivu tepelné izolace na tepelný komfort uživatele daného prostředí.

HODNOCENÍ TEPELNÉ IZOLACE ODĚVŮ PRO ČISTÉ PROSTŘEDÍ

Hodnoty tepelné izolace oděvů je možné stanovit třemi způsoby: odhadem dle dostupných tabulek v normách ČSN EN ISO 7730 a ČSN EN ISO 9920, měřením pomocí tepelného manekýna či měřením tepelného odporu textilního materiálu. Každá z metod má svoje výhody a nevýhody, které určují vhodnost použití v různých aplikacích.

Metoda 1: Odhad tepelné izolace dle tabulek v normách ČSN EN ISO 7730 a 9920

Normy ČSN EN ISO 7730 [6] a zejména ČSN EN ISO 9920 [7] umožňují výběr typických kombinací oděvů s již známými hodnotami tepelné izolace či výběr oděvních součástí se známou hodnotou tepelné izolace, pomocí kterých je možné sestavit vlastní kombinaci dle rovnice (1) [7]. Nevýhodou této metody je omezená databáze oděvů, která nezahrnuje všechny potřebné oděvy, jejich střihy nebo materiály a jejich kombinace. Zejména v případě méně tradičních či speciálních oděvů není možné tuto metodu uplatnit.

$$I_{cl} = 0,161 + 0,835 \sum I_{clu} \quad (1)$$

Hodnoty tepelné izolace oděvů pro čisté prostředí však ve výše uvedených normách nejsou. Jedinou možností využití této metody je odhad hodnoty tepelné izolace na základě vybraných běžných oděvů a jejich kombinací, které jsou zde k dispozici. Z důvodu specifických vlastností oděvů a jejich součástí však tato metoda není vhodná, neboť se vyznačuje značnou nepřesností.

Metoda 2: Stanovení tepelné izolace pomocí tepelného manekýna

Stanovení tepelné izolace pomocí tepelného manekýna je metodou založenou na simulaci výměny tepla mezi lidským tělem a okolím. Tato metoda dle ČSN EN ISO 15831 [8] či ČSN EN ISO 9920 [7] je v porovnání s metodou odhadu z dostupných tabulek přesnou metodou. Její nevýhodou je však značná finanční i časová náročnost a s tím je spojené i omezené použití. Zejména se tato metoda používá pro stanovení tepelné izolace speciálních oděvů, např. s ochrannými účinky. Tedy tam, kde by použití metody odhadu z tabulek znamenalo značné nepřesnosti. A jak je uvedeno v předchozí studii, v případě testování běžných oděvů jsou výsledky použití metody 1 a 2 téměř shodné ($\Delta 1,8 \%$), v případě specifických oděvů a výběru co nejpodobnější varianty z tabulek je chyba již mnohem vyšší ($\Delta 12 \%$) [9].

I přes vysokou přesnost této metody lze měření negativně ovlivnit chybnými kroky, které mohou jednoduše vést k nespolehlivým či nepřesným výsledkům. Zejména je proto nutné dbát na vhodně zvolený mód měření a výpočtovou metodu, homogenní a ustálené podmínky

v měřicí kabině, ustálený stav tepelného manekýna i správnou velikost oděvu. Právě nevhodně zvolená velikost oděvu přináší velkou chybu z důvodu zkreslení výsledků vlivem vzniklých velkých vzduchových vrstev mezi pokožkou a oděvem či mezi jednotlivými vrstvami oděvu.

Metoda 3: Stanovení tepelného odporu textilního materiálu

Poslední možností je potom stanovení tepelného odporu samotného textilního materiálu, z kterého je posuzovaný oděv vyroben, pomocí zařízení jako je např. Permetest či Alambeta. Tato metoda však bohužel nezahrnuje vliv vzduchových vrstev vzniklých mezi pokožkou a oděvem ani mezi dvěma vrstvami oděvu, protože se jedná o testování ploché textilie, a nikoliv oděného oděvu, a tak zde není možné zachytit celkový účinek oděvu na člověka, který je pro hodnocení tepelného komfortu stěžejní [10].

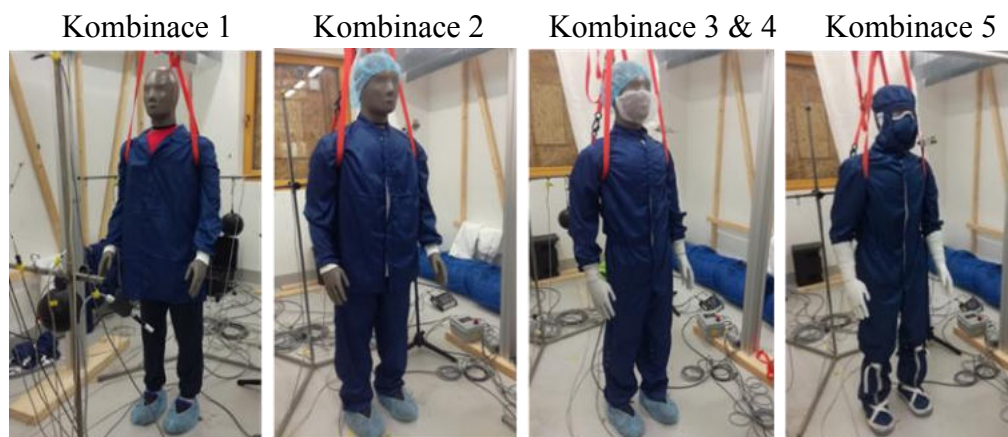
METODIKA

Popis analyzovaných kombinací oděvů

Hodnota tepelné izolace oděvu a její vliv na tepelný komfort uživatelů byl analyzován pro pět kombinací oděvů, jejichž skladba a materiál jsou specifikovány níže. Zvolené kombinace představují hojně používané sestavy oděvů v následujících třídách čistoty: kombinace č. 1 a č. 2 jsou používány výhradně v třídě čistoty ISO 8, resp. ISO 7; kombinace č. 3 a č. 4 jsou používány v prostorách s čistotou ISO 7 a kombinace č. 5 je potom určena do třídy ISO 5.

- Kombinace 1 – plášť $\frac{3}{4}$ délky (PES, 100 g/m²), venkovní oděv (tričko s krátkým rukávem (C), kalhoty (C)), spodní prádlo (C) + ponožky (C), jednorázová čepice (NW), jednorázové návleky na obuv (NW);
- Kombinace 2 – dvojdílný oděv (PES, 100 g/m²), venkovní oděv (tričko s krátkým rukávem (C), kalhoty (C)), spodní prádlo (C) + ponožky (C), jednorázová čepice (NW), jednorázové návleky na obuv (NW);
- Kombinace 3 – kombinéza (PES, 100 g/m²), venkovní oděv (tričko s krátkým rukávem (C), kalhoty (C)), spodní prádlo (C) + ponožky (C), jednorázová čepice (NW), vouseňka (NW), jednorázové návleky na obuv (NW), rukavice (N);
- Kombinace 4 – kombinéza (PES, 100 g/m²), dlouhý spodní oděv (tričko s dlouhým rukávem (PP/C), kalhoty (PP/C)), spodní prádlo (C) + ponožky (C), jednorázová čepice (NW), vouseňka (NW), jednorázové návleky na obuv (NW), rukavice (N);
- Kombinace 5 – kombinéza s kuklou a rouškou (PES, 120 g/m²), dlouhý spodní oděv (tričko s dlouhým rukávem (PP/C), kalhoty (PP/C)), spodní prádlo (C) + ponožky (C), jednorázová čepice (NW), vouseňka (NW), vysoké návleky na obuv (PES, 100 g/m²), 2 x rukavice (N);

Použité zkratky: (C) – bavlna; (N) – nitril; (NW) – netkaná textilie na jedno použití; (PES) 98 % polyester + 2 % antistatické vlákno; (PP/C) – pletenina polypropylen/bavlna s obsahem stříbra.



Obr. 1 Hodnocené kombinace oděvů (Kombinace 3 & 4 se liší pouze typem spodního oděvu)

Podmínky měření a výpočet tepelné izolace

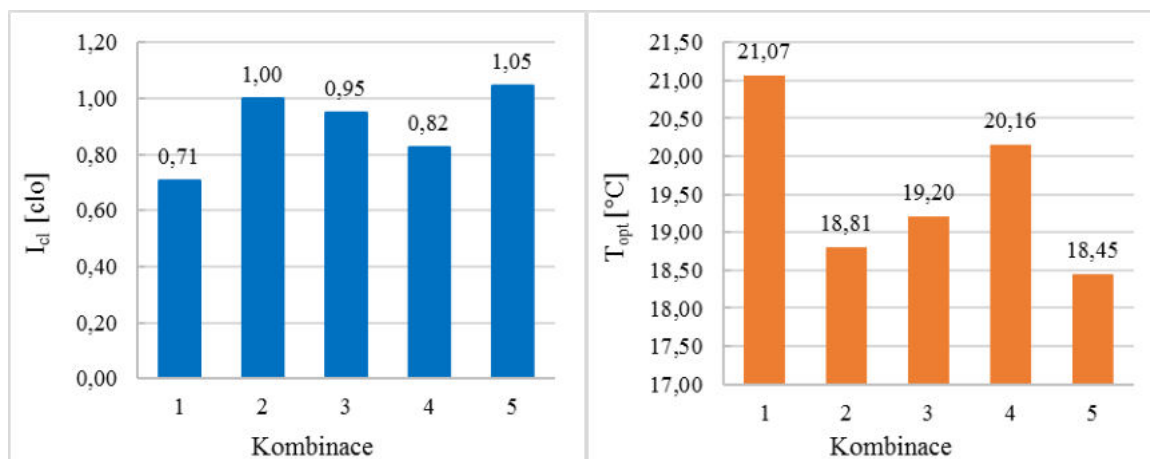
Stanovení tepelné izolace bylo provedeno pomocí stacionárního tepelného manekýna Newton s 36 nezávisle vyhřívanými zónami umístěným v klimatické kabině dle požadavků normy ČSN EN ISO 15831. Pro měření byl zvolen mód konstantní teploty $34 \pm 0,2$ °C ve všech zónách. V kabině byly udržovány následující podmínky prostředí: teplota vzduchu = $20,7 \pm 0,2$ °C; relativní vlhkost = 50 ± 10 %; rychlost proudění vzduchu: $0,05 \pm 0,01$ m/s. Ustálené podmínky měření byly udržovány nejméně po dobu 30 minut. Každá zkouška oděvu byla provedena dvakrát a základní tepelná izolace oděvu byla vypočtena použitím paralelní metody a postupu dle ČSN EN ISO 15831. Výsledky obou zkoušek byly zprůměrovány, jestliže maximální odchylka výsledků nepřekročila 4 %.

Následně byla pro každou kombinaci oděvů stanovena dle ČSN EN ISO 7730 optimální (komfortní) teplota za následujících předpokladů: rychlost proudění vzduchu = 0,15 m/s; relativní vlhkost vzduchu = 45 %; teplota vzduchu = střední radiační teplota. Dále byl pro stanovené kombinace oděvů a pět různých teplot vzduchu (18 °C, 20 °C, 22 °C, 24 °C a 26 °C) posouzen vliv tepelné izolace na tepelný komfort uživatelů pomocí ukazatelů PMV a PPD.

VÝSLEDKY A DISKUZE

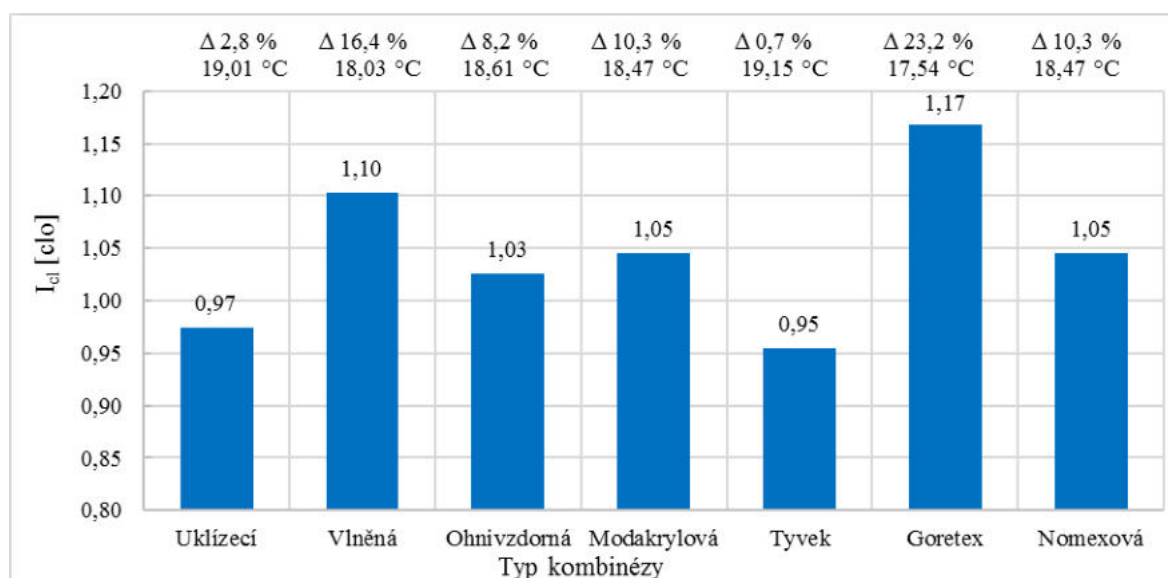
Výsledky měření ukázaly rozdíly v základní tepelné izolaci mezi analyzovanými kombinacemi oděvů (Obr. 2 vlevo). Nejnižší hodnota byla zjištěna u kombinace 1 s pláštěm pro třídu čistoty ISO 8, resp. ISO 7. Zajímavý je rozdíl mezi výsledky kombinace 3 a 4, který je způsoben typem a materiálem spodního oděvu (bavlna vs. PP/C). Nejvyšší tepelná izolace zjištěná u kombinace 5 vhodná pro třídu čistoty ISO 5 potvrdila předpoklad vyšší tepelné izolace u oděvů pro vyšší třídu čistoty se stejným spodním oděvem. K této hodnotě se však také trochu překvapivě blíží výsledek kombinace 2 pro třídu ISO8/ISO7. Vyšší hodnota tepelné izolace je zde způsobena vyšší izolací spodního oděvu (rozdíl kombinace 3 vs. 4), ale pravděpodobně také volným střihem dvojdielného oděvu, kde mohou vznikat větší vzduchové vrstvy v porovnání s těsnějším střihem kombinézy (kombinace 3).

Stejně jako se liší tepelné izolace jednotlivých kombinací, liší se i optimální teplota vhodná pro zajištění tepelné pohody osob užívající tyto oděvy. Nejvyšší teplota 21,07 °C je požadována pro kombinaci 1 s nejnižší tepelnou izolací, nejnižší teplota 18,45 °C potom pro kombinaci 5. Rozdíl v tepelné izolaci 0,13 clo způsobený různým spodním oděvem (kombinace 3 a 4) vyústil v navýšení požadované teploty téměř o 1 °C.



Obr. 2 Základní tepelná izolace kombinací oděvu (vlevo), optimální (komfortní) teplota

Na Obr. 3 jsou potom zobrazeny hodnoty základní tepelné izolace sestav oděvů obsahujících kombinězy dostupných v ČSN EN ISO 9920, které byly dále porovnány s referenční hodnotou tepelné izolace kombinace 3, která je z analyzovaných kombinací nejpodobnější. Z výsledků jsou zřejmé značné rozdíly mezi jednotlivými kombinézami, které vyústí v odlišnou požadovanou optimální teplotu (až o 1,66 °C). Neuvážený výběr hodnoty tepelné izolace z těchto kombinací tak může znamenat velké nepřesnosti oproti skutečnému stavu a zkreslit skutečný vliv oděvu na uživatele.



Obr. 3 Základní tepelná izolace oděvů s různou kombinézou a porovnání s kombinací 3, stanovení optimálních teplot

Analýza tepelného komfortu potom ukázala předpoklad splnění téměř neutrálního pocitu u všech kombinací pro teplotu prostředí 20 °C. Pro prostředí o teplotě cca mezi 18 °C a 22 °C lze pro všechny kombinace považovat za vhodné, při vyšších či nižších teplotách však značně roste předpoklad nespokojených osob, který může vyústit až v jejich snahu o zlepšení stavu pomocí již zmíněné a nechtěné vlastní volby vrstev oděvů. Tomu lze ale zabránit právě navržením vhodných alternativních kombinací oděvů s různou hodnotou tepelné izolace, které zajistí vyšší tepelnou pohodu uživatelů.

Nutné je ale zmínit, že nejobtížnější dosažení tepelného komfortu je právě v čistém prostředí s vyšší, než optimální teplotou bez možnosti změny jejího nastavení, neboť zde není možné bez uvážení např. vypustit spodní vrstvu oděvu, a tak je nutné dále hledat nové možnosti stříhu a materiálů s požadovanými vlastnostmi.

Tab. 1 Výsledky hodnocení tepelného komfortu pomocí PMV a PPD pro tři vybrané teploty.

Kombinace	18 °C	20 °C	24 °C
	[PMV/PPD]	[PMV/PPD]	[PMV/PPD]
1	-0,60/12,52	-0,21/5,91	0,58/12,13
2	-0,13/5,36	0,20/5,81	0,87/20,96
3	-0,20/5,86	0,14/5,38	0,83/19,39
4	-0,39/8,19	-0,03/5,02	0,71/15,62
5	-0,07/5,11	0,25/6,29	0,91/22,33

ZÁVĚR

Jak potvrdily výsledky této studie, absence hodnot tepelné izolace v normách ČSN EN ISO 7730 a ČSN EN ISO 9920 ztěžuje hodnocení tepelného komfortu a stanovení optimálního nastavení teplot v čistém prostředí. Výsledky získané použitím hodnot tepelné izolace běžných kombinací jsou v porovnání s metodou využití tepelného manekýna nepřesné a mnohdy zavádějící, neboť dostatečně nereprezentují specifickou skladbu i vlastnosti těchto ochranných oděvů. A jak již bylo zjištěno, požadavky na skladbu čistých oděvů se odvíjejí od požadované třídy čistoty, kombinace oděvů se mohou značně lišit i napříč různými aplikacemi a tím se liší i jejich tepelné vlastnosti. Stanovení pouze jedné reprezentativní hodnoty pro oděvy do čistého prostředí tak zdaleka není dostatečné. I přes vysokou finanční i časovou náročnost zkoušek s tepelným manekýnem se jedná v případě speciálních oděvů o jedinou možnost, jak dosáhnout věrohodných výsledků, které je možné dále využít. Hodnoty získané v této studii by měly umožnit zpřesnění hodnocení tepelného komfortu, zvýšit kvalitu vnitřního prostředí v podobě stanovených optimálních teplot či umožnit specifikaci alternativních možností oděvu, ale i usnadnit návrh čistého prostředí a optimalizovat jeho provoz.

LITERATURA

- [1] ČSN EN ISO 14644-1 (125301): Čisté prostory a příslušné řízené prostředí – Část 1: Klasifikace čistoty vzduchu podle koncentrace částic. ÚNMZ, 2016.
- [2] GMP Annex 1: Manufacture of Sterile Medicinal Products. European Commission, 2008.
- [3] Roškotová, K., Adamovský, D. “Thermal Comfort in Cleanrooms: Findings from Cleanroom Experiments“. Vytápění, větrání, instalace. 2020, 29(6), 322-326. Dostupné z: <http://www.stpcr.cz/cz/zvlastni-cislo>
- [4] ČSN EN ISO 14644-5 (125301): Čisté prostory a příslušné řízené prostředí – Část 3: Provozování. ÚNMZ, 2005.
- [5] Zwolińska, M., Bogdan, A. “Impact of the medical clothing on the thermal stress of surgeons”. Applied Ergonomics, 43, 1096-1104. 2012.
- [6] ČSN EN ISO 7730 (833563): Ergonomie tepelného prostředí – Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu. 2. ÚNMZ, Říjen 2006.
- [7] ČSN EN ISO 9920: Ergonomie tepelného prostředí – Hodnocení tepelné izolace oděvu a odporu oděvu proti odpařování. ÚNMZ, 2009.

- [8] ČSN EN ISO 15831: Oděvy – Fyziologické účinky – Měření tepelné izolace pomocí tepelné figuríny. ÚNMZ, 2004.
- [9] Roškotová, K., Adamovský, D. Stanovení tepelné izolace oděvu pro hodnocení tepelného komfortu. In: VNÚTORNÁ KLÍMA BUDOV 2020 Vnútorné prostredie budov. Vnútorná klíma budov 2020, Bratislava (online), 2020-12-01/2020-12-02. 2020. Bratislava: Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia ZSVTS, 2020. s. 27-28. ISBN 978-80-89878-68-0.
- [10] Matusiak, M., Sybilska W. “Thermal resistance of fabrics vs. thermal insulation of clothing made of the fabrics“. The Journal of The Textile Institute, 2016, 107(7), 842-848.

SEZNAM OZNAČENÍ

I_{cl}	základní tepelná izolace oděvního kompletu	[clo]
I_{clu}	účinná tepelná izolace části oděvu	[clo]

Tento příspěvek byl podpořen grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS20/098/OHK/2T/11.

VĚTRÁNÍ BYTOVÝCH DOMŮ

Ing. Luděk Špidla

ATREA s.r.o.

ludek.spidla@atrea.cz

MODERNÍ MOŽNOSTI VĚTRÁNÍ BYTOVÝCH DOMŮ (BD)

V posledních letech se nucené větrání s rekuperací tepla stává nedílnou součástí technologií, které jsou instalovány do novostaveb a mnohdy i do rekonstruovaných bytových domů. Snížení energetické náročnosti budovy využitím zpětného zisku tepla z odpadního vzduchu bylo již dříve přijato jako moderní standard u ostatních typů staveb, jako jsou administrativní budovy, výrobní haly a rodinné domy. Bytové domy z tohoto pohledu zůstávají jako poslední, a to přes to, že více než polovina obyvatel ČR bydlí právě v bytovém domě.

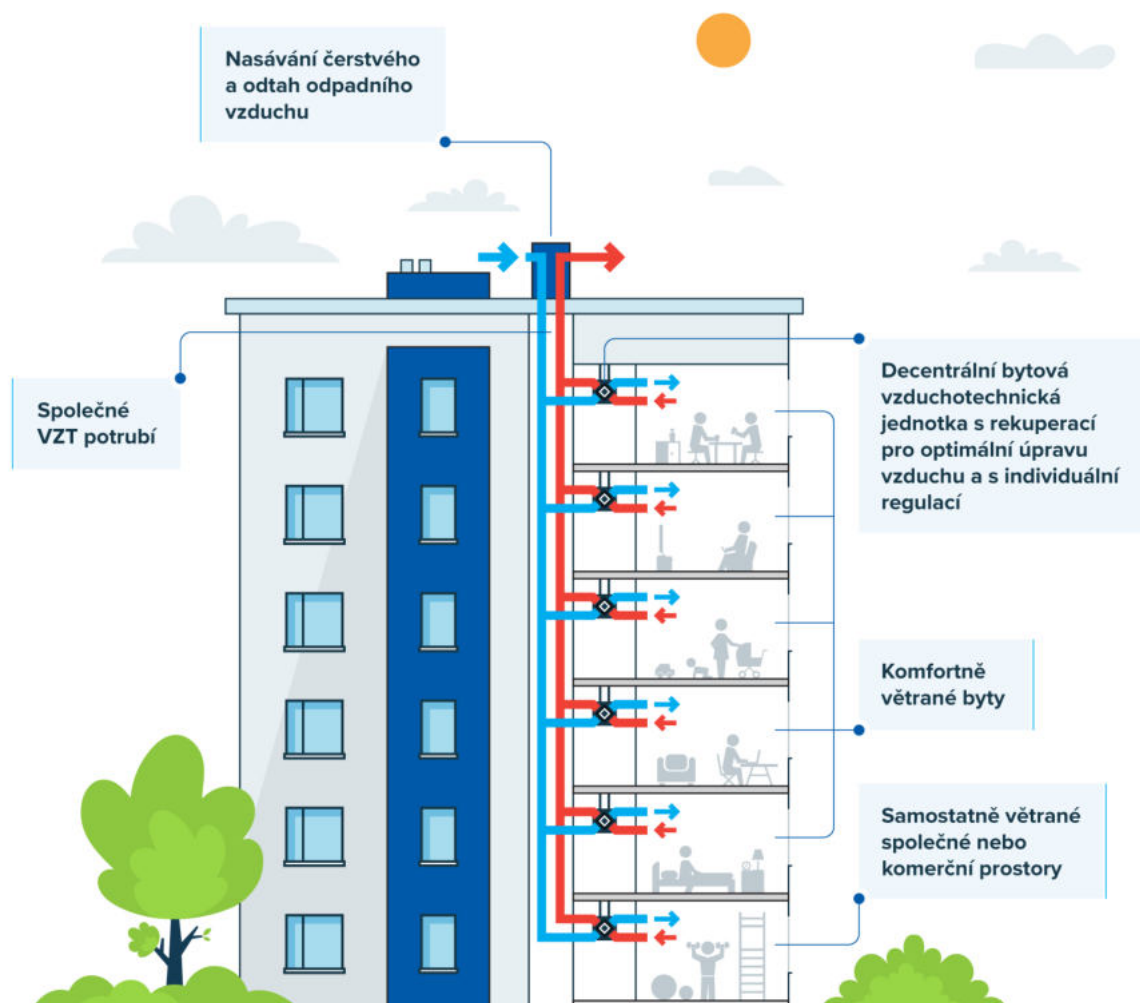
Způsoby větrání bytů lze rozdělit na centrální a decentrální. Obě řešení mají svoje charakteristické vlastnosti a nelze obecně tvrdit, že jedno řešení je lepší než druhé. Článek má proto sloužit i jako zdroj informací pro developery, projektanty a montážní firmy při jejich rozhodování o volbě systému. Kvalitní dodavatel nebo výrobce je schopen nabídnout jak centrální, tak decentrální systém při srovnatelné kvalitě základních uživatelských parametrů jako jsou hluk, míra tepelné pohody, účinnost zpětného zisku tepla, možnosti ovládání atp.



Obr. 1 Vizualizace bytového domu

Decentrálním systémem

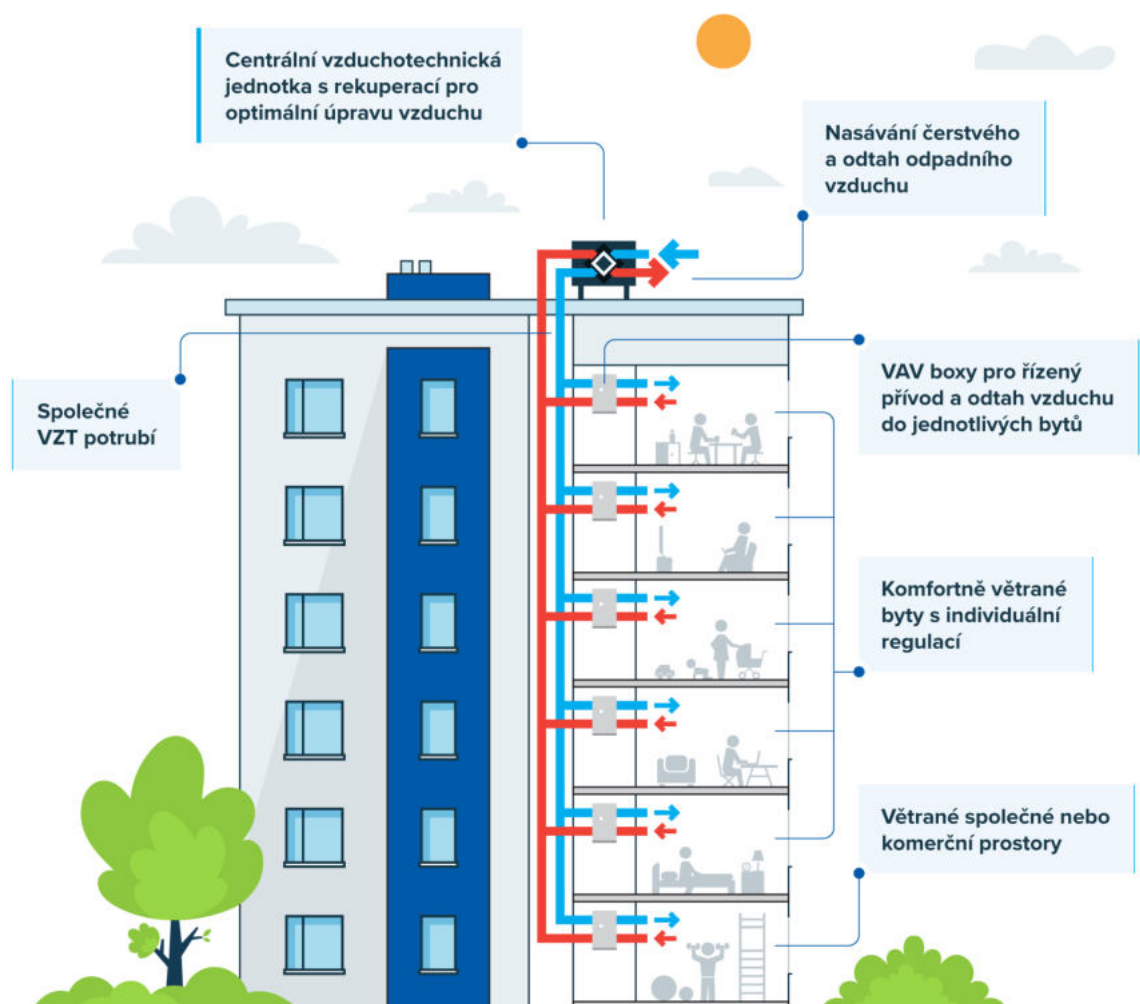
se rozumí vlastní vzduchotechnická (VZT) jednotka pro každý byt. Typicky bude tato jednotka umístěna přímo v rámci bytu, ukrytá např. v podhledu koupelny nebo chodby. I decentrální řešení může obsahovat různou míru centralizace v podobě společného centrálního potrubí čerstvého vzduchu anebo vyfukovaného odpadního vzduchu.



Obr. 2 Decentrální systém

Centrální systém

představuje jednu centrální jednotku pro více bytů, kde každý byt má svůj bytový box. Uživatel tedy i zde má stejné možnosti řízení větrání z nástěnného ovladače, přes internet, nebo na základě signálu z čidel (např. koncentrace CO₂).



Obr. 3 Centrální systém

Nucené větrání bytového domu s sebou nese své specifické nároky na zařízení a správný návrh oproti větrání jiných druhů staveb. Týká se to zejména požadavku na komfortní soužití s ohledem na zamezení možných přeslechů mezi byty, zamezení možnosti šíření pachů mezi byty a zajištění jednoduché správy, údržby a servisu vzduchotechniky. Specifikem je i nutnost rozúčtování provozních nákladů na vzduchotechniku.

Zamezení **přeslechů** mezi jednotlivými byty je úkol pro projektanta vzduchotechniky, kdy v případě společného vzduchotechnického potrubí pro více než jeden byt, je potřeba to řešit dostatečným útlumem v potrubí mezi byty. V praxi se běžně používají pevné plechové tlumiče hluku nebo perforované hadice v dostatečné délce pro útlum hluku, který se šíří od vzduchotechnické jednotky, a tím bývá druhotně vyřešen i přeslech mezi byty.

Vyloučení **šíření pachů** vzduchotechnickým potrubím mezi byty je nepochybně zcela zásadní. Z minulosti známe situace, kdy odtahové ventilátory koupelen nebo digestoří byly zapojeny tak, že vytvářely přetlak v centrálním stoupacím potrubí a přenos pachů při vaření do jiného bytu byl nasnadě. Stačilo, aby zpětná klapka v potrubí nebyla dostatečně těsná. V případě volby centrálního systému se SMART i EASY boxy je tento problém vyřešen automaticky, protože v potrubí odtahovaného vzduchu je centrální jednotkou udržován podtlak a přenos zápachu ze stoupacího potrubí do bytu není možný. U decentralního způsobu lze zamezit přenosu pachů s vhodnou integrovanou regulací ATREA. Regulace jednotky řídí uzavření klapky na odpadním a čerstvém vzduchu nezávisle na chodu jednotky. V případě obav o možné ovlivnění jednotlivých jednotek mezi sebou při souběhu, je možné volit nadstavbovou funkci CF (constant flow), kdy jednotka obsahuje přesné měření průtoku vzduchu a dokáže se na aktuální poměry v potrubní síti dynamicky adaptovat a zajistit tak přesné množství přiváděného i odtahovaného vzduchu dle aktuálního požadavku uživatele.

Často debatovanou otázkou je rozdíl v **investičních nákladech** mezi centrálním a decentralním systémem. Obecně lze předpokládat, že s větším počtem bytů připojených na jednu centrální jednotku budou investiční náklady klesat. Nicméně pomyslná hranice počtu bytů, od které se vyplatí centrální systém je značně individuální projekt od projektu. Svoji roli hraje zejména možnost umístění centrální jednotky a míra komplikovanosti centrálního rozvodu od centrální jednotky (požární klapky, požární izolace, délka rozvodu, drahé a komplikované nástřešní rozvody).

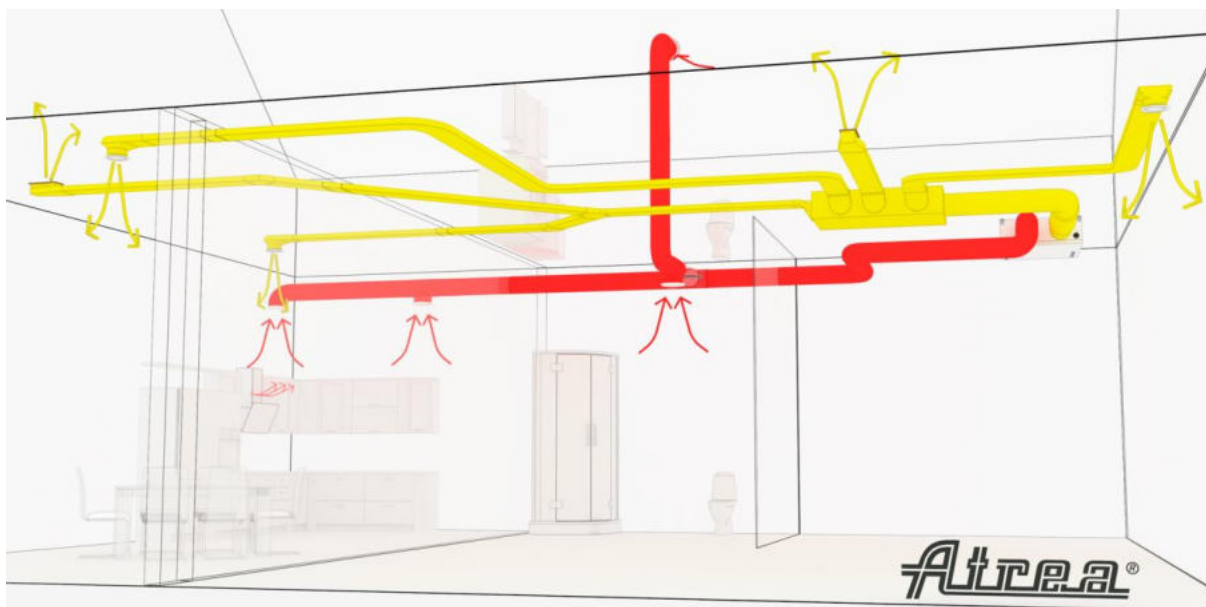
Velmi diskutovaným tématem je i **nízká relativní vlhkost** v bytě. Charakter užívání bytů se mění směrem k nižší produkci vlhkosti uvnitř bytu. Moderní rodina tráví v bytě stále méně času, méně se vaří, prádlo se suší v sušičce, počet osob v bytě se snižuje a vodní pára z koupelny je efektivně odvětrána. Na druhé straně se díky nucenému větrání větrá mnohem intenzivněji, než bylo běžné přirozeným větráním okny. Návrhový průtok daný požadavkem na nárazové větrání je jedna věc, ale vhodné provozní nastavení uživatelem je věc druhá. Všeho moc škodí, a i příliš velký průtok čerstvého vzduchu v zimě povede na příliš nízkou relativní vlhkost v bytě. Zejména části dne bez přítomnosti osob bytě, nebo s malým počtem osob v bytě by se mělo větrat adekvátně sníženým trvalým průtokem. Vhodným řešením jsou týdenní programy v rámci VZT regulace, případně čidla koncentrace CO₂. Čidla koncentrace CO₂ reagují na přítomnost osob a plynule regulují výkon VZT. Nepřímo je tak vyřešen i vztah výkonu VZT a produkce vlhkosti. Pokud v bytě uživatelé nejsou, a tedy není zde produkce vlhkosti, VZT větrá minimálně – například pouze cyklicky. Pokud zde uživatelé jsou, a tedy je zde produkce vlhkosti, VZT větrá více intenzivně.

Rozúčtování provozních nákladů na jednotlivé byty je v případě decentralního systému splněno implicitně, kdy přívod elektřiny VZT jednotky je z bytového elektro rozvaděče a filtry si mění uživatel sám. V případě centrálního systému je nutné rozdělit náklady na provoz centrální jednotky. To je možné buď fixně například přes plochu bytů, nebo lépe v případě SMART boxů, díky změřenému a zaznamenanému množství prošlého vzduchu do jednotlivých bytů. Správce budovy k tomuto záznamu dokonce může přistupovat vzdáleně přes internet. V případě připojení systému se SMART boxy k internetu má navíc uživatel možnost ovládat větrání vzdáleně po internetu bez nutnosti vazby na systém chytré domácnosti.

Kuchyňské **digestoře** jsou nedílnou součástí VZT, a tedy projektová dokumentace musí řešení obsahovat. Některé moderní digestoře se samostatným ventilátorem jsou schopny dosahovat velmi vysokých průtoků – typicky od 400 do 800 m³/h. Nicméně k tomuto odtahu musí být vyřešen i přívod vzduchu tak, aby v bytě nevznikal podtlak. V porovnání s průtokem

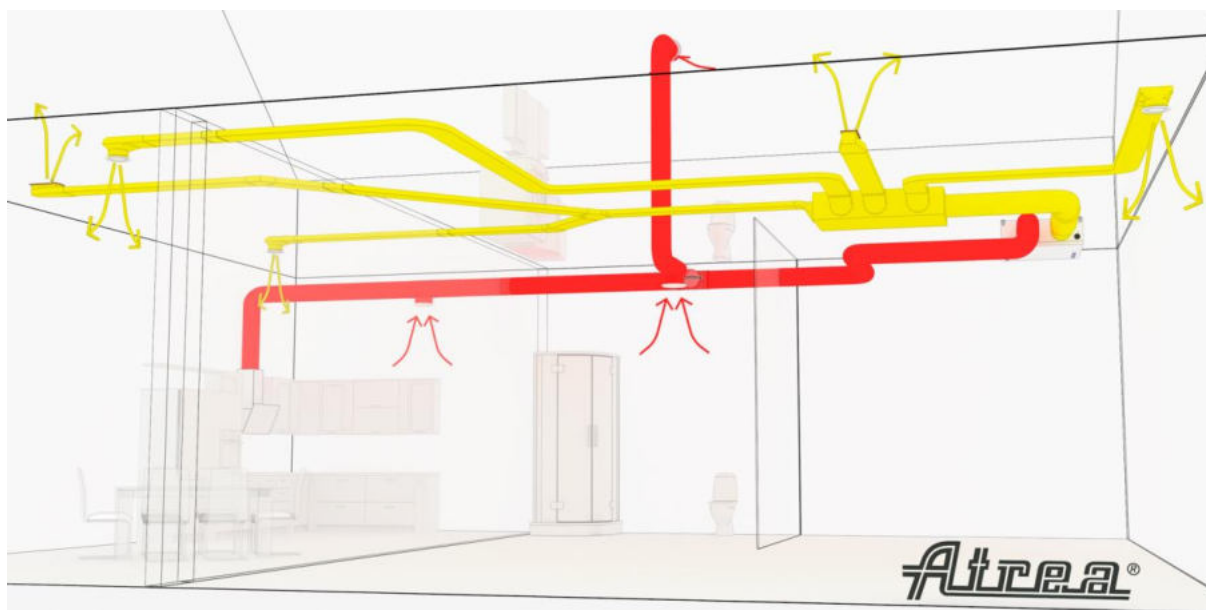
vzduchu přes VZT, který se typicky v bytech pohybuje mezi 150 až 250 m³/h, je to několikanásobně více. Centrální ani decentrální VZT jednotka tedy nemůže suplovat absenci přívodu vzduchu takové digestoře s vlastním ventilátorem. Regulaci ATREA takové řešení sice nevádí, ale podtlak v bytě při uzavřených oknech a těsnosti obálek dnešních novostaveb mohou vést až k poškození stavebních prvků – typicky oken. V lepším případě se takové řešení projeví nasáváním vzduchu z jiného bytu s otevřeným oknem přes společný prostor bytového domu.

- Doporučené řešení pro oba systémy představuje cirkulační digestoř s uhlíkovým filtrem v kombinaci s odtahovým ventilem v prostoru kuchyně. Při vaření se sepne intenzivnější nárazové větrání. Bytový box nebo decentrální jednotky se o tomto požadavku dozví signálem od tlačítka, nebo vypínače nad kuchyňskou linkou. Díky deskovému výměníku je odpadní teplo využito při rekuperaci tepla. V případě lepších variant regulace lze toto řešení v rámci projektu volitelně vybavit i „přednostním odsáváním kuchyně“. Do potrubí osadí klapka se servopohonem a při vaření nasměruje většinu odtahu do kuchyně. Tím je možné průtok vzduchu z kuchyně maximalizovat bez nutnosti dále zvětšovat decentrální jednotku nebo bytový box. Na klapce se nastaví doraz pro zachování odtahu z koupelen a toalet.



Obr. 4 Doporučené řešení s cirkulační digestoří s uhlíkovým filtrem

- Druhým možným řešením je připojení odtahu VZT provedené přímo na kuchyňskou digestoř, která je bez ventilátoru. Za kuchyňskou digestoří (případně přímo v jejím těle) je osazen filtrační člen pro zachycení tukových částic. V tomto případě musí být filtrační člen digestoře pro zachycení mastnoty co nejbližší a musí být trvale přístupný a pravidelně čistěn. Doporučená je také čistitelnost odtahového potrubí až po VZT jednotku, kde na jejím vstupu je další filtr. Vzhledem k nárokům na údržbu a vyšší tlakové ztrátě filtračního členu, je toto řešení běžné pouze u decentrálního systému.



Obr. 5 Připojení odtahu VZT přímo na kuchyňskou digestoř

Ve vyvětraném prostoru se výrazně snižuje koncentrace všech škodlivin, tedy i virů a bakterií.
Kde jsou lidé, tam se musí větrat.

NAVLHČENÍ VZDUCHU V OBYTNÉM PROSTŘEDÍ

Vladimír Zmrhal

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí

Vladimir.Zmrhal@fs.cvut.cz

ANOTACE

Článek se zabývá problematikou doporučené relativní vlhkosti v obytném prostředí, která souvisí s produkcí vodní páry od lidské činnosti. Produkce vodní páry během zimního období roku byla monitorována v reálném rodinném domě a byla konfrontována s normovými hodnotami a údaji uvedenými v odborné literatuře. Z výsledků případové studie je zřejmé, že produkce vodní páry od lidské činnosti v obytném prostředí je během dne stabilní, závisí do jisté míry na chování uživatelů a nejsou patrné výrazné rozdíly mezi produkcí o víkendů a ve všední den. V rámci monitorování RD byly ve vybraných místnostech zaznamenány rovněž parametry vnitřního vzduchu (IAQ). Článek posuzuje venkovní klimatické podmínky v různých klimatických podmínkách ČR během roku.

ÚVOD

Obytné prostředí má svá specifika, neboť je plně v kompetenci jeho majitelů (obyvatel). Vlhkost vzduchu ve vnitřním prostředí obytných budov je tak spojena s přítomností a činností člověka. Vodní páru produkují přítomné osoby dýcháním či vypařováním, výrazné množství je rovněž produkováno při činnostech, jakými jsou vaření, mytí nádobí, sprchování, sušení prádla apod. Úkolem větrání je zajistit přívod čerstvého vzduchu pro vytvoření odpovídající kvality ovzduší a odvod znečišťujících látek včetně vlhkosti.

Kompletní vliv relativní vlhkosti vzduchu na všechny aspekty ovlivňující tepelný komfort a zdraví člověka nebyl dosud prozkoumán. Jisté je, že člověk špatně snáší extrémní stavy vzduchu, tj. příliš nízkou nebo příliš vysokou vlhkost. Nízká relativní vlhkost zvyšuje odpařování z nosních membrán a krku, sušení sliznic v dýchacím systému a vysoušení pokožky. Zvýšený výskyt dýchacích potíží (uvnitř budov) během zimy je často spojen s nízkou relativní vlhkostí. Epidemiologické studie potvrzují vyšší míru výskytu respiračních onemocnění u pacientů v budovách s nízkou vlhkostí vzduchu.

Podle ASHRAE [1] má relativní vlhkost významný vliv na výskyt infekce ve vzduchu. Při 50% relativní vlhkosti je úmrtnost určitých organismů nejvyšší. Vysoká vlhkost může podporovat růst choroboplodných nebo alergenních organismů. Relativní vlhkost v obytných a pobytových prostorách by měla být udržována mezi 30 až 60 % při pokojové teplotě (viz Sterlingův graf).

V souvislosti s pandemií COVID-19 se často hovoří o minimální relativní vlhkosti ve veřejných budovách 40 % [2]. Uvádí se, že v suchém vnitřním prostředí ($\varphi < 40 \%$) je možnost přenosu COVID-19 vzduchem vyšší [5]. I když byla zpracována celá řada studií, neexistuje jednoznačná odpověď na reakci viru při konkrétní relativní vlhkosti, nicméně na základě dřívějších studií se jako optimální rozmezí relativní vlhkosti ve vnitřním prostředí budov z hlediska lidského zdraví uvádí 40 až 60 % [2]. Problémem většiny obytných budov v ČR je spíše vysoká vlhkost vzduchu ve vnitřním prostředí díky nedostatečnému větrání. Naopak v novostavbách vybavených nuceným větráním se často hovoří o „vysoušení“ vzduchu (tj. pokles relativní vlhkosti pod 30 %), což ale souvisí s produkcí vodní páry, průtokem větracího vzduchu a rovněž s teplotou vzduchu (viz dále).

Přehled o studiích vlivu vlhkosti vnitřního vzduchu a vnímané kvalitě vnitřního vzduchu (IAQ) při dlouhodobém účinku nízké relativní vlhkosti dobře shrnul ve své práci Wolkoff

(2018 [10]). Podle něj by obytné prostředí a veřejné (pracovní) prostředí měly být hodnoceny samostatně jako samostatné entity s různými požadavky na vlhkost. Ve svém příznačně nazvaném příspěvku „Mystery of dry indoor air ...“ se Wolkoff (2018) [11] zamýšlí nad pojmem „dry air“. Vnímání „suchého“, anebo „vlhkého“ vzduchu je stále považováno za individuální záležitost, protože senzorický orgán pro vlhkost u lidí neexistuje. I přes to, že jsou v kancelářích, ale i v obytných budovách EU vedeny v patrnosti stížnosti na nízkou nebo vysokou vlhkost vzduchu, považuje Wolkoff pojmy „suchý vzduch“ nebo „vlhký vzduch“ za významově zavádějící.

Wolkoff 2018 [11] dále ve své obsírné studii týkající se vlivu relativní vlhkosti na IAQ zmiňuje složitost problematiky. Nízká i vysoká relativní vlhkost umožňuje snadnější přenos a přežití viru chřipky, což bylo dokumentováno v mnoha studiích. Nicméně dodává, že každý vir se chová odlišně a vztah mezi teplotou, vlhkostí a dynamikou aerosolů je velmi složitý a nakonec závisí na konkrétním typu viru a jeho fyzikálních/chemických vlastnostech.

Produkce vodní páry v obytném prostředí

V obytném prostředí dochází k přirozenému zvlhčování vzduchu běžnou lidskou činností, podklady o produkci vodní páry v domácnosti však nejsou běžně k dispozici a mohou být značně rozdílné. Významným zdrojem jsou samotní obyvatelé – při celodenní přítomnosti většího počtu osob jde o základní položku ve vlhkostní bilanci. Co se týče činností uživatel bytu, významná je zejména produkce vodní páry při praní a sušení prádla ve vnitřních obytných prostorách, dále sprchování a příprava pokrmů (vaření), které provází odpar z vodní hladiny a v některých případech produkce vodní páry při spalování plynu (vaření na plynovém sporáku). Zdrojem vodní páry jsou i činnosti spojené s úklidem.

Podklady o produkci vodní páry od osob se různí (Zemitis et al. 2016 [12]), neboť závisí na stupni fyzické aktivity, tepelném odporu oděvu, teplotě vzduchu a dalších parametrech vnitřního prostředí atd. Produkci vodní páry lze pro variantní okrajové podmínky stanovit na základě tepelné bilance člověka (Zmrhal 2017 [14]). V uvedené studii lze nalézt produkci citelného tepla a vodní páry od dětí i dospělých pro různé okrajové podmínky.

Základní údaje o produkci vodní páry uvádějí Angell and Olson (1988 [3]), ovšem údaje zde uvedené jsou poplatné době svého vzniku. Navíc práce pojednává o možném riziku poškození budovy v souvislosti se zvýšenou vlhkostí vnitřního vzduchu v zimním období roku. TenWolde (2001) uvádí, s použitím vlastních údajů a údajů IEA z roku 1991, celkovou průměrnou produkci vodní páry v domácnosti v rozmezí 7.2 až 14.4 kg/den (tab. 1). Nižší hodnota platí pro domácnost obývanou 2 dospělými osobami, vyšší z obou hodnot odpovídá rodině se 3 dětmi. Nutno uvést, že od té doby se některé technické vybavení domácnosti poněkud změnilo, typickým příkladem jsou např. pračky s vysokými otáčkami pro odstředění prádla a masivní používání myček nádobí nebo sušiček prádla. V další studii (TenWolde 2007 [7]) uvádí, že většinu zdrojů vlhkosti v domácnosti lze považovat za nezávislou na vlhkosti vnitřního vzduchu s výjimkou produkce vlhkosti od květin a uvolňování vlhkosti ze základů budov, což lze ovšem obecně považovat za vadu budovy. Celková denní produkce vodní páry v čínské domácnosti činí až 12 kg a největším zdrojem jsou činnosti jako vaření, následované osobní hygienou a sušením prádla (Yik et al. 2004 [8]).

Autoři (Zemitis et al. 2016 [12]) se ve své studii zabývali produkcí vodní páry při praní a sušení různých druhů prádla. Zjistili, že pro jednu osobu činí produkce vodní páry při sušení prádla ve vnitřním prostoru budov v průměru 1220 g/den oproti hodnotě 2000 g/den uváděné ve starší literatuře. Ve stejné studii je uvedena i produkce vodní páry od květin, která se pohybuje od 2 do 20 g/h podle druhu květiny.

Tab. 1 Denní produkce vodní páry v obytném prostředí [7]

Domácnost	1-2 dospělí	+1 dítě	+2 děti	+3 děti
Průměrná denní produkce (kg/den)	7,2	11,9	13,3	14,4

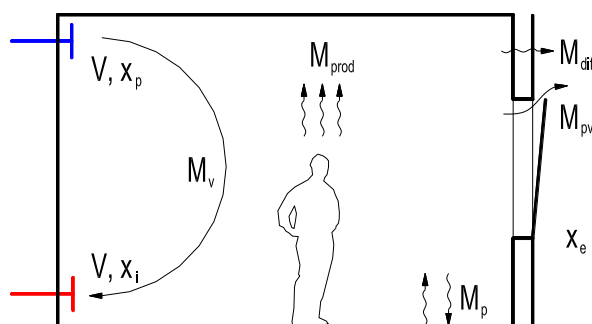
Tab. 2 Produkce vodní páry dle ČSN EN 15665

Činnost	Produkce vodní páry	
Vodní pára – bdělé osoby	55	g/h na osobu
Vodní pára – spící osoby	40	g/h na osobu
Snídaně	50	g/osoba
Svačina	75	g/osoba
Oběd	300	g/osoba
Vaření na plynovém sporáku	350	g/den
Sprcha	300	g/sprcha
Praní/sušení ve vnitřním prostředí	1200	g/praní
Četnosti jednotlivých činností		
Četnost sprchování	1	sprcha/osobu a den
Četnost praní	1	praní/osobu a týden

Tab. 3 Produkce vodní páry v obytném prostředí podle [4] a [7]

Zdroj		Produkce vodní páry	
Člověk	lehká činnost	30 – 60	g/h na osobu
	středně těžké práce	120 – 200	g/h na osobu
	těžká práce	200 – 300	g/h na osobu
Koupelna	s vanou	cca 700	g/h
	se sprchou	cca 2600	g/h
Kuchyně	při vaření	600 – 1500	g/h
	průměrně denně	100	g/h
Sušení prádla	odstředěné prádlo	50 – 200	g/h
	mokrý prádlo	100 – 500	g/h
Rostliny	pokojové květiny	5 – 10	g/h
	rostliny v květináči	7 – 15	g/h
	rostliny střední velikosti	10 – 20	g/h

Produkci vodní páry pro různé druhy lidské činnosti uvádí souhrnně norma EN 15665 (tab. 2). V tab. 3 jsou pak uvedeny údaje z publikace (Jokl 2001 [4] a TenWolde [7]), které



jsou poněkud odlišné od údajů uvedených v normě ČSN EN 15665 [15], nicméně mohou být využity při analýzách a bilančních výpočtech. Na základě údajů uvedených v normě EN 15665 byly sestaveny modelové produkce vodní páry, viz [13]. Produkce vodní páry pro 4člennou rodinu o víkendu (na základě tab. 2), kdy se předpokládá, že 16 h jsou přítomné osoby v bdělém stavu, činí 9 kg/den [13].

Obr. 1 Toky vlhkosti v obytném prostředí

Navlhčení vzduchu v obytném prostředí

V obytném prostředí dochází vlivem činnosti člověka k produkci vodní páry M_{prod} (obr. 1). Část vodní páry se sdílí difuzí M_{dif} , část je odváděna přirozeným větráním M_{pv} (infiltrací a provětráváním) a část se pohlcuje/uvolňuje do/ze stavebních materiálů, nábytku apod. (M_p). Na navlhčení vnitřního vzduchu v obytném prostředí se podílí vlhkostní tok M_v . V moderních obytných budovách je tento tok vodní páry odváděn nuceným větráním.

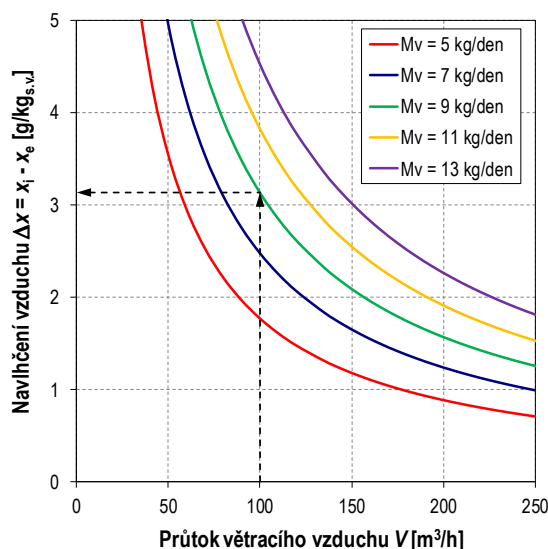
Jak bylo uvedeno výše, navlhčení vzduchu v obytném prostředí závisí na činnosti a rovněž chování člověka. Přístup a chování člověka se může lišit v závislosti na venkovních klimatických podmínkách. Např. v zimním období lze předpokládat, že přirozené větrání je

potlačeno z důvodů energetických úspor (viz dále).

Při znalosti produkce vodní páry, resp. množství vodní páry, která se podílí na navlhčení vzduchu M_v [g/h] lze pro daný objemový průtok větracího vzduchu V [m³/h] stanovit (při ustálených podmínkách) navlhčení vnitřního vzduchu jako

$$\Delta x = x_i - x_p = \frac{M_v}{V\rho} \text{ [g/kg}_{s.v.}] \quad (1)$$

Na obr. 2 je znázorněna závislost navlhčení vzduchu na průtoku venkovního vzduchu pro zadaný hmotnostní tok vodní páry M_v .



Obr. 2 Navlhčení vzduchu v místnosti $\Delta x = x_i - x_e$ v obytném prostředí

MONITOROVÁNÍ RODINNÉHO DOMU

Pro sledování produkce vodní páry resp. navlhčení vnitřního vzduchu od lidské činnosti byl vybrán rodinný dům umístěný nedaleko od Prahy, postavený v nízkoenergetickém standardu. Jedná se o dvoupodlažní dům s obytným podkrovím o celkové podlahové ploše 175 m². Dům je obýván pětičlennou rodinou (2 dospělí a 3 děti). Rodinný dům je vybaven trvalým rovnotlakým větráním, které zajišťuje větrací jednotka se zpětným získáváním tepla. V době monitorování RD byl průtok vzduchu nastaven na trvale konstantní hodnotu 137 m³/h.

V zimním období v době od 24. 11. 2020 do 30. 3. 2021 probíhalo monitorování rodinného domu za účelem stanovení produkce vodní páry od lidské činnosti resp. produkce vodní páry, která se podílí na navlhčení vnitřního vzduchu. Větrání rodinného domu během zimního období bylo zajišťováno nuceně s výjimkou otevírání komunikačních otvorů během pohybu osob z/a do venkovního prostředí. Pro účely monitoringu byl větrací systém vybaven senzory pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu na sání venkovního vzduchu a odvodu vzduchu. Pro sledování kvality vnitřního vzduchu byly ve vybraných místnostech RD umístěny kombinovaná čidla CO₂, teploty a relativní vlhkosti. Zaznamenávání hodnot probíhalo v pětiminutových intervalech. I přes to, že měření probíhalo v jednom rodinném domě, lze konstatovat, že každý den byl z hlediska přítomnosti osob, chování uživatelů a venkovních podmínek odlišný. V době měření byla zaznamenávána obsazenost rodinného domu v hodinových intervalech.

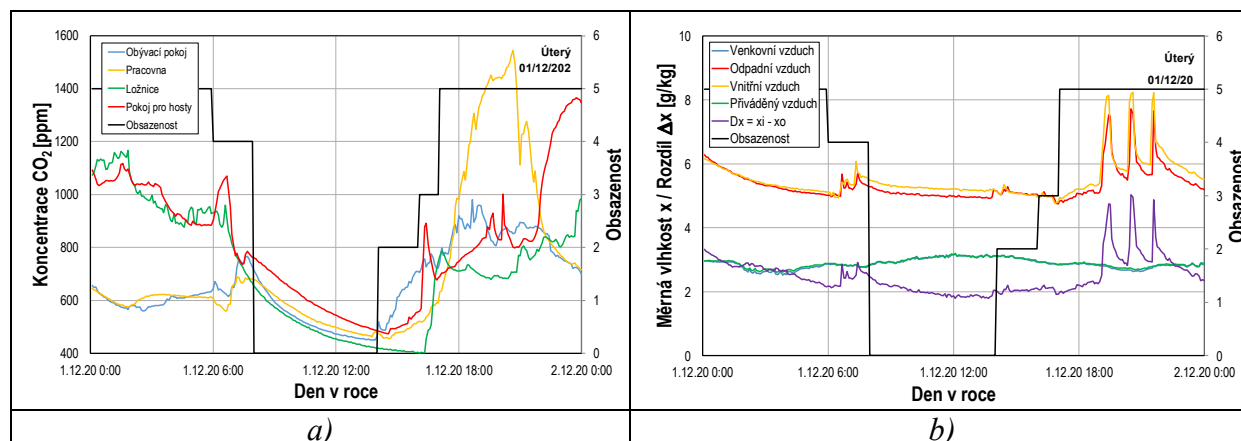
Tab. 4 Tabulka místností a průtoky vzduchu ve zkoumaném RD

Místnost			Trvalé větrání		
	Plocha místnosti	Vnitřní objem místnosti	Přívod vzduchu	Odvod vzduchu	Intenzita větrání
	m ²	m ³	m ³ /h	m ³ /h	h ⁻¹
Obývací pokoj + kuchyně	43,7	113,6	52	-	0,45
Pracovna	12,3	32,1	14	-	0,44
Chodba	8,63	22,4	-	-	-
Hala a šatna	8,6	22,4	-	-	-
WC + sprcha	3,9	10,0	-	28	-
Technická místnost	6,3	16,3	-	25	-
Pokoj 1	21,3	46,9	22	-	0,47
Pokoj 2	20,9	51,1	25	-	0,48
Pokoj 3	20,9	51,1	25	-	0,49
Místnost pro hosty	8,8	14,9	-	-	-
WC	2,4	4,0	-	22	-
Koupelna	8,5	14,5	-	62	-
Chodba	8,63	21,1	-	-	-
CELKEM	175	420	137	137	

Souvislost mezi obsazeností prostoru a produkcí vodní páry

Na obr. 3a) je znázorněn průběh koncentrace CO₂ v obytných místnostech během typického všedního dne. Záměrně byl vybrán den v týdnu, kdy všichni obyvatelé domu odcházejí ráno do práce nebo do školy. Z průběhu koncentrace CO₂ je dobře patrný pokles mezi 8.00 až 14.00 hodinou, kdy se v domě nikdo nenachází. Zhruba po 14.00 hodině dochází k návratu obyvatelů domu, což koresponduje s opětovným nárůstem koncentrace CO₂. Patrný je rovněž pokles koncentrace během noci v obývacím pokoji a pracovně, kdy se obyvatelé domu přesouvají do ložnic. Uvedený profil by se dal považovat za typický během všedního dne.

I když vodní pára je metabolit, stejně tak jako CO₂, průběh měrné vlhkosti v domě je zcela odlišný. Z průběhu měrné vlhkosti je patrný poměrně vyrovnaný průběh. Zdroje vodní páry (vlhkosti) totiž nesouvisí pouze s přítomností člověka, ale hlavně s jeho činností, vodními plochami apod. Na obr. 3b) jsou znázorněny průběhy měrné vlhkosti naměřené ve větracím systému během jednoho dne. Vlhkost vzduchu monitorovaná na sání venkovního vzduchu a přiváděného vzduchu do místnosti jsou shodné. Odvodní vlhkost byla monitorována na dvou místech potrubního systému v technické místnosti. Odpadní vzduch představuje vzduch, který opouští budovu, naproti tomu vnitřní je vzduch odváděný z obytného prostoru. V technické místnosti dochází praní a sušení prádla a odvod vzduchu z místnosti způsobuje odlišnost obou hodnot v závislosti na produkci vodní páry v technické místnosti. Z obr. 3b) jsou zejména zřejmé výkyvy průběhu měrné vlhkosti v době osobní hygieny, tj. mezi 7 a 8 hodinnou ránní a 20 až 22 hodinou večerní, kdy měrná vlhkost odváděného vzduchu dosahuje maximálních hodnot.



Obr. 3 Průběh a) CO_2 ve vybraných místnostech, b) měrné vlhkosti ve větracím systému

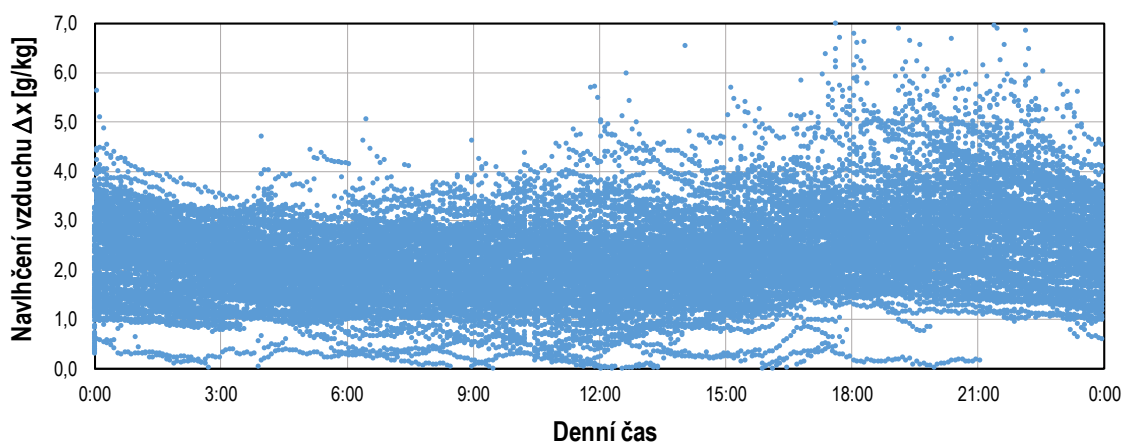
Navlhčení vzduchu

Na základě naměřených údajů měrné vlhkosti a byla vyhodnocena produkce vodní páry M_v , která se podílí na navlhčení vzduchu. Na obr. 4 je uveden průběh navlhčení vzduchu Δx během všech zkoumaných dnů v pětiminutových intervalech (jedná se o průběhy Δx z obr 3b) během všech dní monitoringu v jednom grafu). Z výsledků je zřejmý stabilní trend produkce vodní páry prakticky během každého dne. Viditelná oblast produkce vodní páry v době večerní hygieny cca od 19.00 do 22.00 hodin.

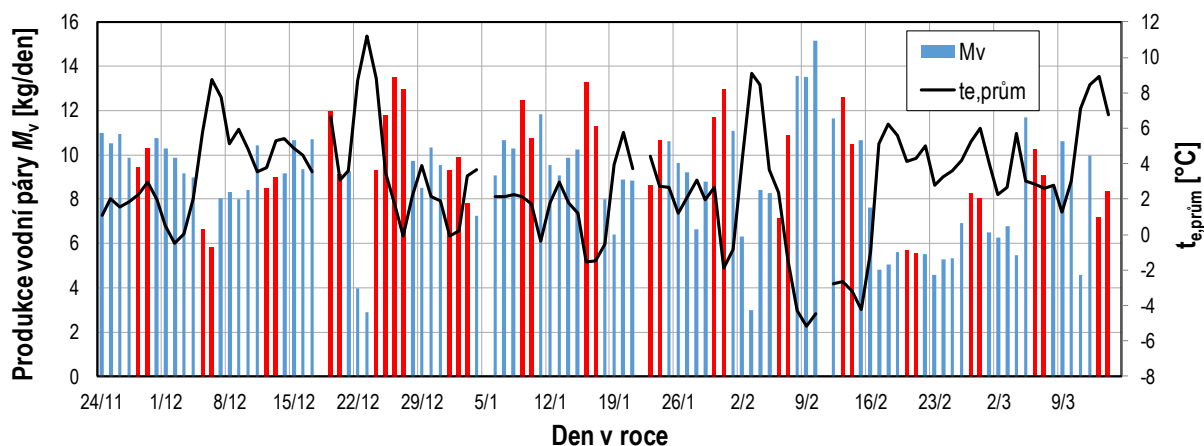
Produkce vodní páry, která se podílí na navlhčení vzduchu, se stanoví jako

$$M_v = V \rho (x_{i,\tau} - x_{p,\tau}) \quad [\text{kg/s}] \quad (3)$$

Výsledky v podobě celkové denní produkce vodní páry M_v [kg/den] jsou uvedeny na obr. 5 vč. průměrné denní teploty venkovního vzduchu. Z výsledků na je patrná nízká produkce vodní páry ve dnech s vyšší průměrnou teplotou venkovního vzduchu tj. ve dnech 5., 6., 22 a 23 prosince a dalších. Tento pokles je patrně zapříčiněn odlišným přístupem uživatelů domu v době, kdy teplota venkovního vzduchu během dne vzrostla nad 10°C . V těchto dnech se na větrání domu vč. odvodu vlhkostní zátěže významnou měrou podílelo přirozené větrání díky častějšímu otevírání komunikačních otvorů např. na terasu. Pro celkové vyhodnocení produkce M_v nejsou tyto hodnoty uvažovány.



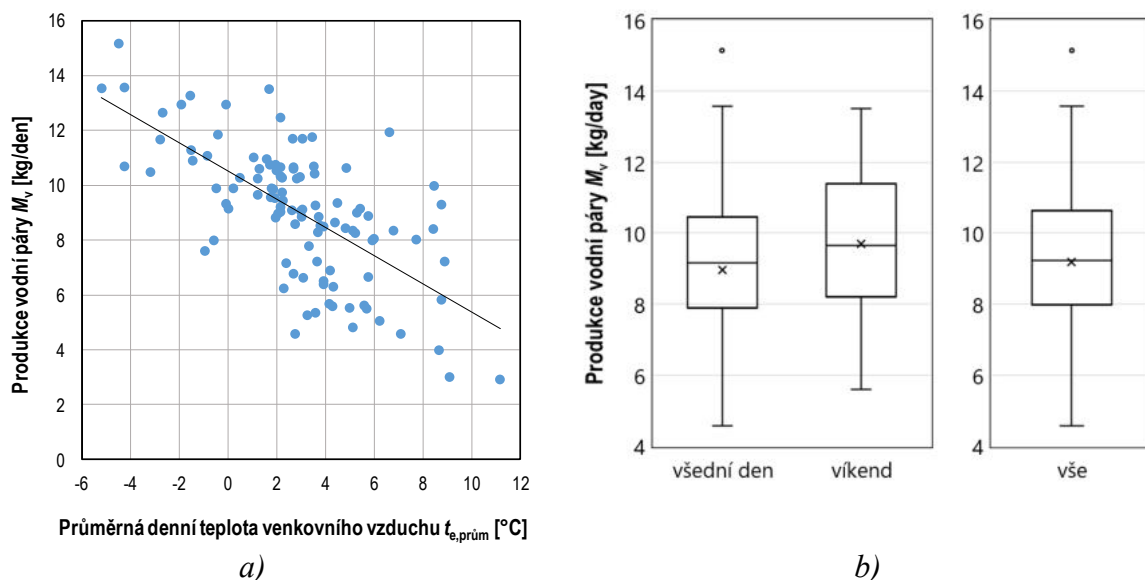
Obr. 4 Navlhčení vnitřního vzduchu Δx během monitoringu RD



Obr. 5 Denní produkce vodní páry podílející se na navlhčení vnitřního vzduchu M_v (červěně: víkendy a svátky)

VÝSLEDKY A DISKUZE

Na obr. 60 je znázorněna produkce vodní páry M_v v závislosti na teplotě venkovního vzduchu. Z grafu je možné sledovat určitý trend, kdy s klesající teplotou venkovního vzduchu roste navlhčení vzduchu v obytném prostředí. Uvedený trend nelze zobecnit, nicméně je jisté, že souvisí s chováním obyvatel rodinného domu. S rostoucí teplotou venkovního vzduchu se člověk chová jinak, přirozené větrání je častější, komunikační otvory jsou častěji otevřeny. Naopak při nízkých teplotách venkovního vzduchu člověk šetří energií, přirozené větrání je potlačeno a většina vodní páry zůstává v obytném prostředí. Zobrazený trend by bylo vhodné ověřit měřením na více RD vybavených nuceným větráním.



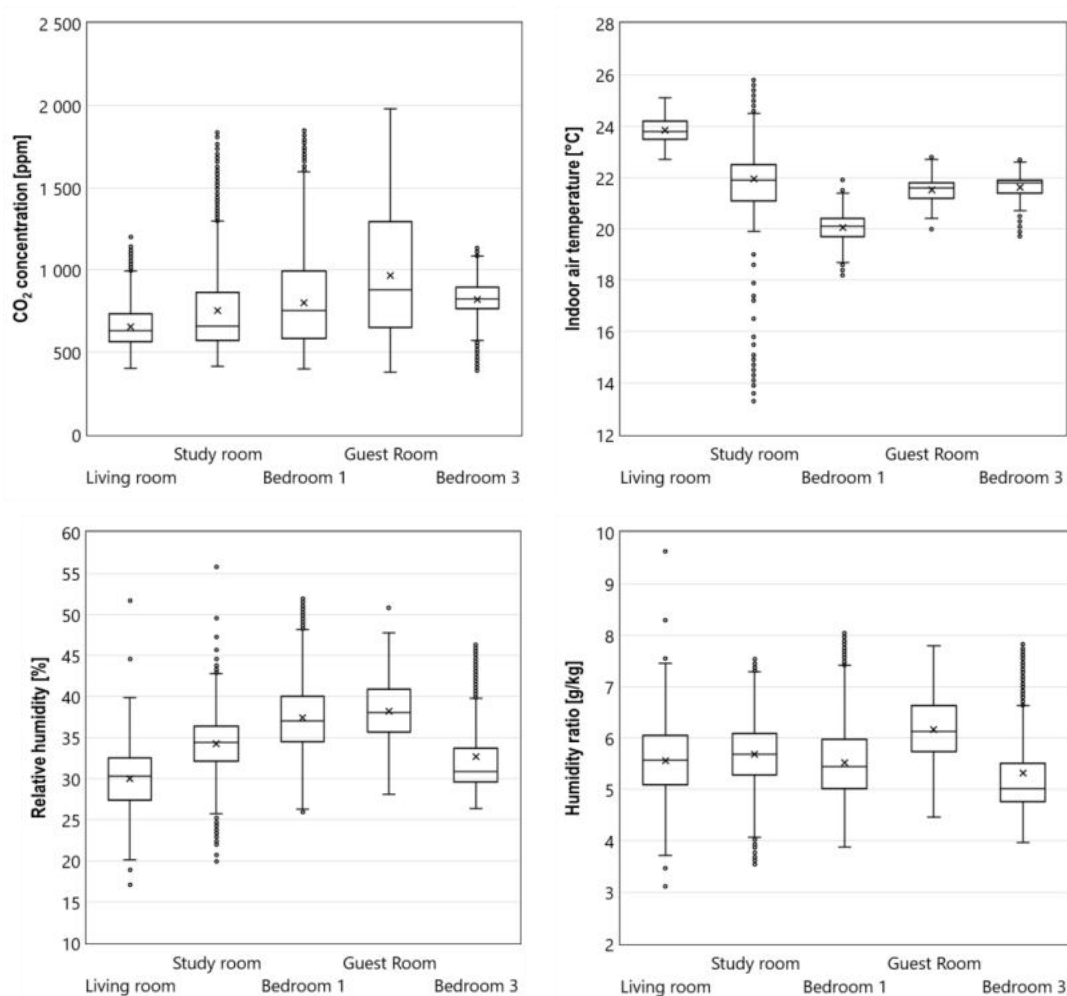
Obr. 6 Produkce vodní páry podílející se na navlhčení vnitřního vzduchu M_v v monitorovaném RD

Statistické vyhodnocení výsledků produkce vodní páry M_v , která se podílí na navlhčení vnitřního vzduchu je uvedeno na obr. 6. Z výsledků je zřejmé, že rozdíl mezi produkcí vodní páry během všedního dne a víkendového dne je minimální (i když do měření zasáhl nevšední nouzový stav v době pandemie COVID-19). K odvodu vodní páry z prostoru zkoumaného rodinného domu dochází prakticky nepřetržitě, bez ohledu na obsazenost prostoru. Důvodem je neustálá přítomnost vodních ploch, květin a dalších zdrojů vlhkosti a rovněž povrchů, které pohlcují a uvolňují vlhkost. Na navlhčení vnitřního vzduchu ve zkoumaném rodinném domě

se podílí tok vodní páry běžně v rozmezí 8 až 11 kg/den, což poměrně dobře koresponduje s tabelárními údaji z normy EN 15 665. Je zajímavé, že produkce vodní páry v obytném prostředí je poměrně stabilní – k výrazným výkyvům dochází pouze v době osobní hygieny obyvatel domu (ráno mezi 6 až 8 hodinou a večer mezi 20 až 22 hodinou). Produkce vodní páry prakticky nezávisí na obsazenosti prostoru a vlhkostní zisky jsou trvalé. Vyšší hodnoty produkce vodní páry byly zaznamenány během svátečního (vánočního) období v době návštěv.

Kvalita vnitřního vzduchu v době monitorování RD

Během monitorování větracího systému za účelem zjištění produkce vodní páry od lidské činnosti v obytném prostředí, byly zároveň ve vybraných místnostech monitorovány parametry vnitřního vzduchu (IAQ). Výsledky měření teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu a koncentrace CO_2 jsou uvedeny na obr. 7.



Obr. 7 Teplota, vlhkost a koncentrace CO_2 ve zkoumaných místnostech

Je zřejmé, že koncentrace CO_2 ve vybraných prostorách zřídka překračuje hodnotu 1500 ppm, s výjimkou pokoje pro hosty, který není vybaven nuceným přívodem vzduchu. V době monitorování RD zde pobývalo jedno dítě (12leté). Z uvedeného lze konstatovat, že větrání rodinného domu postačující pro zajištění požadované kvality vzduchu. Teplota vnitřního

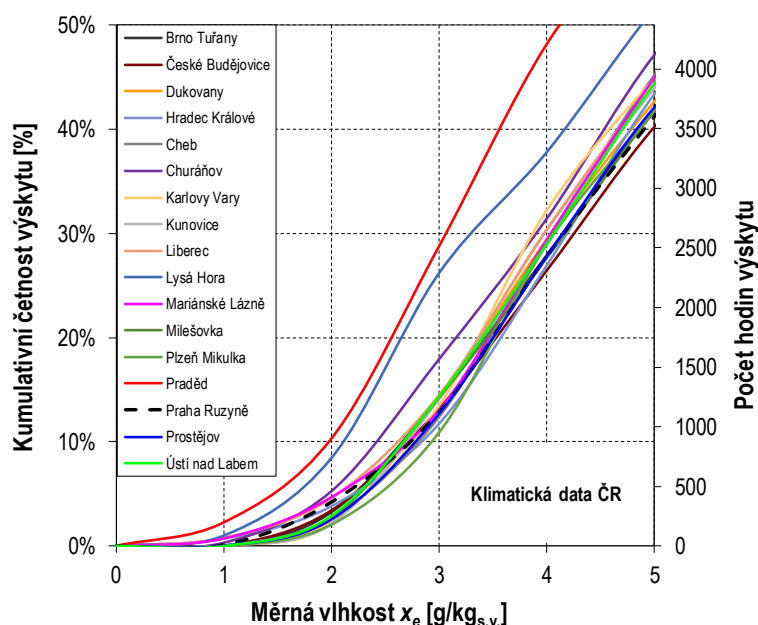
vzduchu se pohybuje nejčastěji v rozmezí 20 až 24 °C. Výrazně proměnná je teplota vzduchu v pracovně, jejíž užívání je nahodilé. Nejnížší teploty byly zaznamenány v ložnici 1. Teplota vzduchu v obývacím pokoji je poměrně vysoká, jedná se tradičně centrum rodinného domu, které je navíc zatížené vnitřními tepelnými zisky od zdrojů tepla (kuchyňské spotřebiče, TV, osvětlení, krb). Vysoká teplota vzduchu v obývacím pokoji společně s poměrně vysokým průtokem větracího vzduchu (tab. 4) má spojitost s nízkou relativní vlhkostí vzduchu (běžně 27 až 32 %). V ostatních místnostech je relativní vlhkost většinu času nad hodnotou 30 %. Z posledního grafu na obr. 7 je opět patrná stálost měrné vlhkosti, která se v obytném domě prakticky nemění a dosahuje hodnoty 5 až 6 g/kg. Výjimkou je opět místnost pro hosty, která není vybavená trvalým nuceným větráním.

Klimatické podmínky ČR

Na obr. 8 je uvedena kumulativní četnost výskytu měrné vlhkosti ve vybraných lokalitách ČR v letech 2004 až 2018 (hodinové údaje). V grafu jsou zobrazeny pouze měrné vlhkosti do 5 g/kg_{s.v.} Je zřejmé, že většina vybraných lokalit v ČR se chová víceméně obdobně s výjimkou horských lokalit (Praděd, Lysá Hora, Churáňov). Například pro Prahu Ruzyni lze z grafu vyčíst, že měrná vlhkost venkovního vzduchu:

- $x_e \leq 1$ g/kg_{s.v.} nastává v 0,13 % případů (100 % = 8760 hodin), tj. 11 hodin v roce,
- $x_e \leq 2$ g/kg_{s.v.} nastává v 4,1 % případů, tj. 371 hodin resp. 15 dní v roce,
- $x_e \leq 3$ g/kg_{s.v.} nastává v 12,9 % případů, tj. 1129 hodin resp. 47 dní v roce,
- atd.

Pro vybrané lokality je tento výběr uveden v tab. 5. Je zřejmé, že měrná vlhkost venkovního vzduchu obecně neklesá pod 1 g/kg a „suchý“ venkovní vzduch, lze očekávat velmi omezenou část roku (zpravidla nejchladnější). Z pohledu chování obyvatel rodinného domu je nejchladnější část roku spojena se významným navlhčením vzduchu od lidské viz výše.



Obr. 8 Kumulativní četnost výskytu měrné vlhkosti pro různé lokality v ČR

Tab. 5 Výskyt měrné vlhkosti během roku ve vybraných lokalitách

Lokalita	Výskyt měrné vlhkosti x_e během roku v hodinách			
	≤ 1 g/kg	1 až 2 g/kg	2 až 3 g/kg	≤ 3 g/kg
Plzeň Mikulka	2	178	777	957
Hradec Králové	60	274	695	1029
Cheb	0	236	849	1085
Prostějov	4	222	890	1116
Praha Ruzyně	11	360	758	1129
Mariánské Lázně	66	348	734	1148
Čáslav	1	278	873	1152
České Budějovice	3	300	857	1160
Karlovy Vary	0	208	976	1184
Dukovany	0	188	1049	1237
Ústí nad Orlicí	24	416	800	1240
Kunovice	0	188	1054	1242
Brno Tuřany	0	287	965	1252
Ústí nad Labem	0	253	1006	1259
Liberec	67	335	869	1271

ZÁVĚR

Produkce vodní páry v obytném prostředí závisí na druhu lidské činnosti, její četnosti apod. Produkce vodní páry v obytném prostředí je stabilní, v čase se významně nemění, i z tohoto důvodu se pro obytné prostředí doporučuje trvalé větrání. Na základě prezentovaných výsledků měření na konkrétním RD byla produkce vodní páry v rodinném domě obývaném 5člennou rodinnou v průměru 10 kg/den. Tato hodnota odpovídá přibližně tabelárním údajům uvedených v normě EN 15 665 pro čtyřčlennou rodinu a víkendový den. Monitorování rodinného domu však neprokázalo významné rozdíly v produkci vodní páry mezi všedním a víkendovým dnem.

Vodní pára je z obytného prostoru odváděna větracím vzduchem. Nadměrné zvlhčování ve spojitosti s nedostatečným větráním vede ke zvýšené vlhkosti vnitřního vzduchu a hrozí riziko kondenzace vodní páry na chladných částech obvodového pláště budovy a následná tvorba plísní. Se zvlhčováním vzduchu v obytném prostředí je tak potřeba pracovat opatrně (vč. použití výměníků pro zpětné získávání vlhkosti), neboť k navlhčení vnitřního vzduchu dochází přirozenou lidskou činností. Při volbě zařízení pro zvlhčování vzduchu je potřeba brát v úvahu produkci vodní páry a lokální klimatické podmínky.

Z předložené analýzy vyplývá, že vzduch je v obytném prostředí navlhčován přirozenou lidskou činností. Navlhčení vzduchu závisí na druhu činnosti, její četnosti apod. ale zřejmě i na odlišném chování člověka při proměnných venkovních klimatických podmínkách. K vysoušení vnitřního prostředí (poklesu relativní vlhkosti pod 30 %) dochází velmi omezenou část roku, kdy hlavním důvodem je „přetápění“ místností. Výměníky pro zpětné získávání vlhkosti najdou uplatnění v případě požadavku na vyšší relativní vlhkosti např. nad 40 %.

Umělému zvlhčování vzduchu v obytném prostředí bychom se měli spíše vyhnout. U nuceného větrání lze výskyt vodní páry v obytném prostředí regulovat průtokem venkovního

vzduchu, snížení průtoku venkovního vzduchu v době nepřítomnosti nebo v noci lze regulovat i míru navlhčení obytného prostoru.

LITERATURA

- [1] ASHRAE Handbook HVAC Systems and Equipment. 2008.
- [2] AHLAWAT A., WIEDENSOHLER A., MISHRA S.K. An Overview on the Role of Relative Humidity in Airborne Transmission of SARS-CoV-2 in Indoor Environments. *Aerosol Air Qual. Res.* 20 (2020) 1856–1861.
- [3] ANGELL W.J., OLSON W.W. Moisture Sources Associated with Potential Damage in Cold Climate Housing CD-F00-3405-1988 University of Minnesota, St. Paul, MN: Cold Climate Housing Information Center, Minnesota Extension Service (1988).
- [4] JOKL, M. Teorie vnitřního prostředí budov. Učební texty. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. 2011.
- [5] Z. Noorimotlagh, N. Jaafarzadeh, S.S. Martínez, S.A. Mirzaee, A systematic review of possible airborne transmission of the COVID-19 virus (SARS-CoV-2) in the indoor air environment, *Environmental Research* 193 (2021) 110612.
- [6] TEN WOLDE, A., WALKER, I. Interior moisture design loads for residences. *Proc. of Performance of Exterior Envelopes of Whole Buildings VIII: Integration of Building Envelopes*, 001, December 2001, Atlanta, USA (2001), pp 6
- [7] TEN WOLDE, A., PILON, C.L. The effect of indoor humidity on water vapor release in homes. *Proc. of 30 Years of Research, Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings X*, 2–7 December 2007. Atlanta, GA, ASHREA (2007) 1-9.
- [8] F.W.H. YIK, P.S.K. Sat, J.L. Niu, Moisture generation through chinese household activities. *Indoor Built Environ* 13(2) (2004), 115-131.
- [9] WOLKOFF, P., KJÆRGAARD, S. K. The dichotomy of relative humidity on indoor air quality. *Environment International*. 2007. vol. 33, p. 850-857.
- [10] WOLKOFF, P. Indoor air humidity, air quality, and health – An overview. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, Vol. 221 (2018), 376-390.
- [11] WOLKOFF, P. The mystery of dry indoor air – An overview. *Environment International* 121 (2018) 1058–1065.
- [12] ZEMITIS, J., BORODINECS, A., Frolova, M. Measurements of moisture production caused by various sources, *Energy and Buildings* 127 (2016) 884-891.
- [13] ZMRHAL, V.; ŠTÁVOVÁ, P. Bilance vlhkosti v obytném prostředí. In: *Vytápění, větrání, instalace*. 2011, 20(3), 104-107. ISSN 1210-1389.
- [14] ZMRHAL, V. Heat Gains from the People as a Basis of Energy Simulation, *Vytápění, větrání, instalace* 26(4) (2017) 234 – 239.
- [15] ČSN EN 15665:2009 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov.

SEZNAM OZNAČENÍ

c	měrná tepelná kapacita [J/(kgK)]
M	hmotnostní tok [kg/s]
t	teplota [°C]
V	objemový průtok [m ³ /s]
x	měrná vlhkost [g/kg _{s.v.}]
ρ	hustota vzduchu [kg/m ³]
τ	čas [s]

PŘÍMÉ ADIABATICKÉ CHLAZENÍ PRŮMYSL OVÝCH PROSTOR S VYUŽITÍM ADIABATICKÉHO CHLADÍCÍHO SYSTÉMU COLT COOLSTREAM S•T•A•R

Ing. Dušan Příbrský

COLT International, s. r. o., dusan.pribrsky@cz.coltgroup.com



Obr. 1 Hlavní součást adiabatického chladicího systému CoolStream S•T•A•R – venkovní adiabatická komora

Stručný přehled:

Adiabatické chlazení:

- ekonomicky výhodné a účinné chlazení
- vhodné pro velké prostory s velkou potřebou větracího vzduchu
- vysoký chladicí výkon i v oblasti mírného podnebného pásma
- chladicí výkon vzrůstá se stoupající vnější teplotou
- minimální spotřeba elektrické energie, pouze pro dopravu vzduchu ventilátorem
- malá spotřeba vody, díky výjimečně velkému skupenskému teplu vypařování vody
- fyziologicky příjemné podmínky v adiabaticky chlazených prostorech

Adiabatický chladicí systém CoolStream S•T•A•R:

- solidní konstrukce
- celokovová hliníková skříň
- nízká hmotnost – snadná manipulace a montáž
- konstrukční prvky převzaté z pokročilých vzduchotechnických systémů
- automatický systém udržování hygieny provozu
- pravidelné čištění a výměna vody
- významné omezení ukládání rozpuštěných minerálních látek (vodního kamene)
- minimalizovaná předepsaná údržba
- hygienicky certifikováno podle VDI 6022
- rozsáhlá detailní technická a projekční dokumentace

Podmínky pro adiabatické chlazení:

Vysoce konkurenční prostředí nutí výrobní firmy hledat další úspory v provozních nákladech a cesty, jak zefektivnit výrobu a vytvořit lepší pracovní podmínky pro své zaměstnance.

Nadměrné tepelné zisky v provozních prostorách mají negativní dopad na výkonnost jak lidí, tak výrobního zařízení a v konečném důsledku i na finanční výsledky společnosti. Jednou z možností, jak zlepšit pracovního prostředí a uspořít provozní náklady, je použít tzv. adiabatické chlazení.

Adiabatické chlazení využívá přeměny citelného tepla na teplo latentní při vypařování vody, přičemž se zároveň snižuje teplota vzduchu. Dojde ke snížení teploty vzduchu, a tato tepelná energie je přeměněna na skupenské teplo potřebné pro vypaření vody a vznik vodní páry.

Adiabatické chladicí jednotky Colt CoolStream S•T•A•R

představují z hlediska funkce a provedení světovou špičku. Při návrhu jednotek CoolStream byly využity dlouholeté zkušenosti společnosti s technologií přímého adiabatického chlazení. Jednotky CoolStream jsou navrženy pro účinný a hygienický provoz. Díky promyšlené konstrukci lze jednotky CoolStream snadno rozebrat a vyčistit. Jednotky jsou navrženy s hladkým vnitřním povrchem, který účinně omezuje usazování nečistot a minerálních látek. Vodní distribuční systém je navržen jako rozebíratelný bez použití nářadí. Jednotky CoolStream jsou vyrobeny z hliníkového plechu, což je zárukou dlouhé životnosti a dobré odolnosti proti povětrnostním vlivům a korozi. Konstrukce jednotky je stabilní, nedochází k nežádoucím deformacím skříně při ohřevu jednotky slunečním zářením nebo při zatížení větrem a sněhem. Lehká hliníková konstrukce umožňuje ruční manipulaci a přenášení jednotek, což výrazně usnadňuje instalaci.

V současné době je na trhu třetí generace adiabatických chladicích jednotek CoolStream. Při návrhu jednotek CoolStream byly využity dlouholeté zkušenosti společnosti Colt s technologií přímého adiabatického chlazení s důrazem na následující důležité aspekty přímo ovlivňující hygienu chladicího procesu:

- ochrana proti kontaminaci vody
- ochrana proti kontaminaci vzduchu
- ochrana proti ukládání vodního kamene
- snadná údržba

Díky výše uvedeným opatřením jednotky CoolStream splňují normu VDI 6022 a vyhovují tedy stejným podmínkám jako ostatní vzduchotechnické systémy upravující vzduch pro pobytové prostory. Na jednotkách byly testovány vzorky stěrů z desorpčního media, vody a vzduchu po třech měsících běžného provozu. Testy jsou zaměřeny na výskyt plísní a mikroorganismů se zvláštním důrazem na Legionellu.

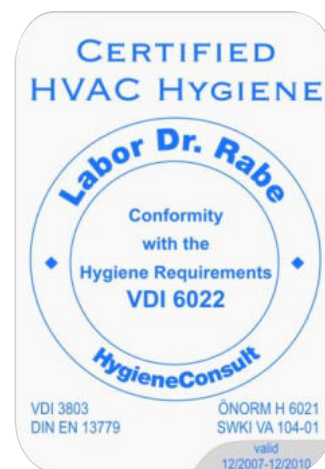
Adiabatický chladicí systém Colt CoolStream S•T•A•R

je variabilní systém se širokou paletou možností výbavy a volitelných položek umožňující přizpůsobení rozličným podmínkám jednotlivých projektů, schopný plnit různorodé požadavky širokého spektra uživatelů.

CoolStream S – jednotka určená pro letní adiabatické chlazení a větrání

CoolStream T a A – adiabatická chladicí jednotka doplněná o funkci úpravy přiváděného vzduchu směšováním. Směšovací komora umístěna na střeše (T) nebo uvnitř pod stropem (A)

CoolStream R – jednotka rooftop s integrovanou adiabatickou chladicí komorou



Obr. 2 Adiabatický chladicí systém CoolStream S•T•A•R splňuje požadavky normy VDI 6022

Tab. 1 Produktová řada Colt CoolStream S•T•A•R představuje kompletní systémové řešení poskytující kombinaci následujících funkcí:

CoolStream	S	T	A	R
				
Chlazení (venkovní vzduch)	•	•	•	•
Ventilace (směšovaný vzduch)		•	•	•
Recirkulace teplého vzduchu		•	•	•
Vytápění				•
Regulace odvodu vzduchu	•	•	•	•
Filtrace (venkovní vzduch)	•	•	•	•
Filtrace (směšovaný vzduch)		•		•
Cortiva – ovládání MaR	•	•	•	•
Axiální ventilátor	•	•	•	
Objem. průtok vzduchu	10 000 – 29 000 m ³ /h			
Adiabatický chladicí výkon (při 35°C/30%r.H.)	47 - 110 kW			
Příkon	0,8 – 2,4 kW			
Radiální ventilátor	•	•	•	•
Objem. průtok vzduchu	10 000 – 29 000 m ³ /h			18 000 m ³ /h
Adiabatický chladicí výkon (při 35°C/30%r.H.)	47 - 110 kW			67 kW
Příkon	2,7 – 8,5 kW			5 kW

Způsoby instalace zařízení Colt CoolStream v průmyslových objektech.



Obr. 3, 4 Umístění jednotky CoolStream na střešní podsadě je nejjednodušším způsobem instalace pro velké i menší chladicí projekty



Obr. 5 Možné je i umístění jednotky CoolStream na střešní ocelovou konstrukci, pokud není možno vytvořit výměnu pod střechou



Obr. 6, 7 Výhodnou alternativou je umístění vedle budovy a průchod přes boční stěnu nebo stávající okno, pokud je vedle haly (nebo na sousední střeše) volný prostor



Obr. 8, 9 *Adiabatické chladicí jednotky CoolStream je možno předřadit před novou nebo stávající VZT jednotku. Jednotka CoolStream pak využívá veškeré standardní funkce stávající vzduchotechniky (ventilátor, uzavírací klapka, filtr, distribuční síť), což vede k výrazné úspoře nákladů. Napojení je možné na malé VZT jednotky cca od 8 000 m³ Stejně tak je možné se stejnou výhodou předřadit velkému VZT systému více jednotek CoolStream. Realizovatelné jsou systémy o výkonech do 100 000 m³/h*



Obr. 10 *Vzduchotechnické vlastnosti je možno rozšířit využitím jednotek CoolStream integrovaných do rooftopů CoolStream R a T (chlazení, větrání, směšování, dohřívání vzduchu).*

Děkujeme Vám, že jste dočetli až sem, pokud máte zájem o vylepšení pracovního prostředí uvnitř Vašeho objektu, neváhejte se na nás s důvěrou obrátit.

Společnost Colt nabízí:

- majitelům a provozovatelům budov nezávazné konzultace a návrhy řešení v oblasti adiabatického chlazení, přirozeného větrání a ZOKT
- projektantům, konzultantům a developerům poskytujeme poradenské služby již ve fázi projektové přípravy u budov průmyslového charakteru s vysokými vnitřními tepelnými zisky
- ověření účinnosti navržených řešení softwarem pro analýzu CFD.

NOVÁ GEOMETRIE OBĚŽNÉHO KOLA A VYSOCE VÝKONNÁ ELEKTRONIKA ZAJIŠŤUJÍ VYLEPŠENÝ A TIŠŠÍ PROVOZ NOVÝ EC VENTILÁTOR RADIPAC PRO VYŠŠÍ VÝKON A ÚČINNOST

Ebm-papst CZ s. r. o.

info@ebmpapst.cz

Ventilátory pro ventilační systémy a klimatizace jsou neustále zdokonalovány, protože požadavky uživatelů rostou, zejména pokud jde o možnosti ovládání a energetickou účinnost. V tomto trendu hrají roli právní požadavky, zvyšování povědomí o životním prostředí a potenciální úspory provozních nákladů. Radiální ventilátory společnosti ebm-papst nastavují na tomto poli nové standardy: Díky aerodynamickým optimalizacím, inovativním materiálům, propracovaným konstrukčním detailům a vysoce účinným EC motorům s inteligentní řídicí elektronikou nejenže poskytují výrazně vyšší výkon než dříve, ale jsou také obzvláště tiché a efektivní. To je výhodné jak pro ventilační a klimatizační techniku, tak pro průmyslové aplikace.

Specialista na motory a ventilátory, společnost ebm-papst, již nějakou dobu využívá proces neustálého zlepšování technologie ventilátorů. V posledních letech byly radiální ventilátory z řady RadiPac speciálně navrženy pro použití v klimatizačních a ventilačních jednotkách neustále optimalizovány, se zvláštním důrazem na energetickou účinnost, snížení hluku a ovladatelnost. S novým RadiPacem bylo možné udělat další rozhodující vylepšení v této úspěšné sérii. Radiální ventilátory nové generace pracují s vyšší úrovní účinnosti (obr. 1). Pomocí vyšší rychlosti je zajištěn vyšší průtok vzduchu i vyšší tlak, což znamená, že lze pokrýt i aplikace s vyšší tlakovou ztrátou (obr. 2). Statický tlak může být navýšen až na hodnotu přesahující 2 000 Pa. Kromě navýšení úrovně účinnosti se dále snížila hlučnost; v závislosti na pracovním bodě je hladina hlučnosti v porovnání s předchozí, již tak velmi tichou generací, snížena o 3 až 7 dB (A).

Oběžné kolo: Vysoce pevný kompozitní materiál plus inovativní geometrie

Oběžné kolo hraje při této optimalizaci důležitou roli. Bylo vyvinuto na základě nejnovějších aerodynamických měření s pěti geometricky propracovanými lopatkami (obr. 3). Byl zde použit vysoce pevný kompozitní materiál vyztužený skelnými vlákny. Složitého tvaru šlo docílit použitím procesu vstřikování. Tato geometrie lopatek výrazně snižuje průtokové ztráty. Přispívá k tomu zaoblený obrys náběžné hrany lopatky a upravená odtoková část, která se zužuje směrem dozadu. Žebry vyztužená zadní část zajišťuje stabilitu oběžného kola. Vstupní dýza je rovněž vyrobena z kompozitního materiálu a je navržena pro dokonalou interakci s novým oběžným kolem.

Promyšlená geometrie oběžného kola snižuje nejen ztráty, ale také hlučnost. Pokud jde o pevnost, zaujme také mechanické provedení oběžného kola. Speciálně profilované hrany na sací a výstupní straně zvyšují stabilitu oběžného kola. Lze tedy snadno docílit vysoké obvodové rychlosti.

Ta v závislosti na průměru oběžného kola vede k odpovídajícím vysokým otáčkám. To bylo prokázáno za nejnáročnějších podmínek v rozsáhlých zátěžových a dlouhodobých testech.

Ventilátory mohou být provozovány maximální rychlostí v teplotním rozsahu od -25 ° C do +40 ° C. Osvědčený průmyslový kompozitní materiál zde splňuje všechny příslušné normy a v případě potřeby je k dispozici také schválení UL.

EC motory GreenTech: Silnější, pružnější a ještě kompaktnější

Hnací silou nových radiálních ventilátorů RadiPac jsou vysoce účinné EC motory GreenTech v rozsahu od 500 W do 8 kW. Integrované EC motory s externím rotorem dosahují úrovně účinnosti v souladu s požadavky na třídu účinnosti IE5 stanovenými v IEC/TS 60034-30-2. Pohonný systém sestává z motoru a integrované výkonové elektroniky, je individuálně přizpůsoben každému ventilátoru a je optimalizován pro příslušný provozní rozsah. Nově vyvinutý motor s výkonem 8 kW představuje nový standard. Výkon integrované elektroniky byl opět navýšen, a to i při kompaktnějších rozměrech. Díky tomu je tento motor v současnosti nejvýkonnějším ve své třídě. Design a funkce byly také aktualizovány na nejnovější generaci a vylepšeny tak, aby zahrnovaly konfigurovatelné rozhraní, včetně rozhraní MODBUS-RTU a integrovaného rezonančního senzoru (viz text v rámečku). Tento rezonanční senzor měří oscilace a vibrace v reálném čase. Může tedy například detekovat nerovnováhu způsobenou nečistotami a poté odeslat zprávu dříve, než dojde k poškození ventilátoru - v souladu s filozofií GreenIntelligence.

Řada flexibilních možností

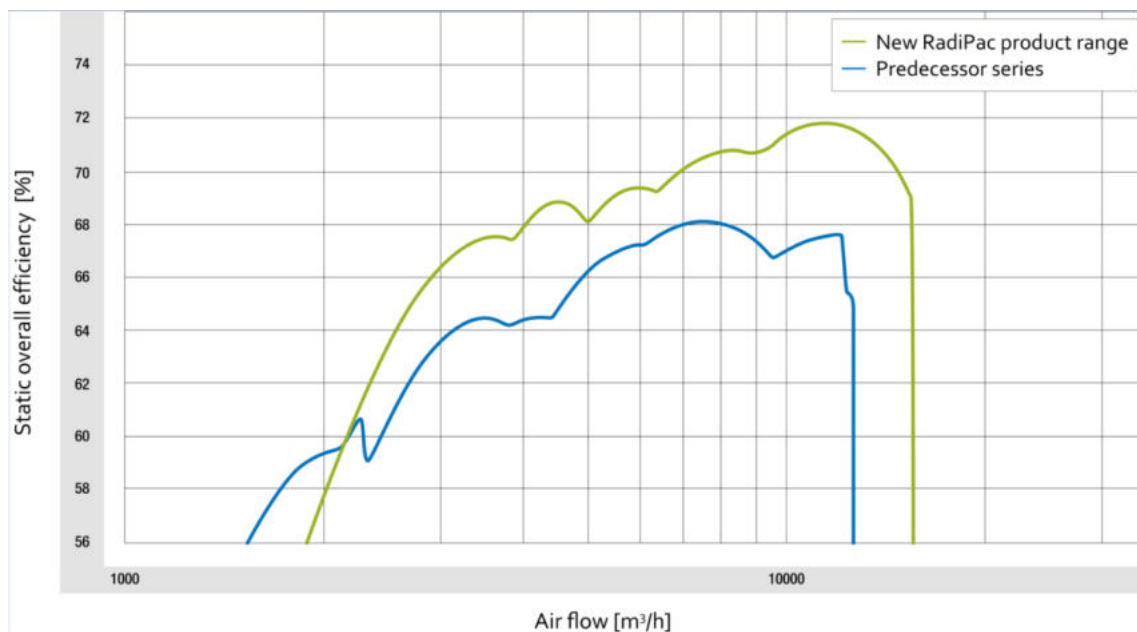
Aby byly splněny požadavky různých instalačních situací, jsou nové radiální ventilátory k dispozici ve standardní a užší verzi (obr. 4). U nejsilnějších standardních typů je oběžné kolo připevněno k motoru tak, že nemá žádný negativní vliv na aerodynamickou účinnost. V užší verzi je motor zanořen do oběžného kola. Tyto ventilátory jsou kompaktnější a jsou mnohem efektivnější než srovnatelné předchozí modely, a to navzdory mírně kratším osovým instalačním rozměrům ve srovnání se standardní verzí.

Obě verze RadiPac jsou k dispozici jako kombinace oběžného kola motoru nebo jako řešení plug & play připravené k instalaci v kompaktním podpěrném držáku pro snadnou montáž na zeď (obr. 5). Nosné desky byly dimenzovány tak, aby co nejlépe využívaly prostor na europaletě, čímž šetří náklady na dopravu a snižují stopu CO₂. K dispozici je také zcela uzavřená mřížka sání vzduchu FlowGrid. Působí jako usměrňovač proudění snižující turbulence na sání ventilátoru, které generují zvýšenou hlučnost, a to aniž by měl vliv na technické parametry, jako jsou účinnost a výkon. Slouží také jako ochranná mřížka na straně sání. Ventilátory jsou pak ještě tišší, což je příznivé nejen pro ventilační aplikace.

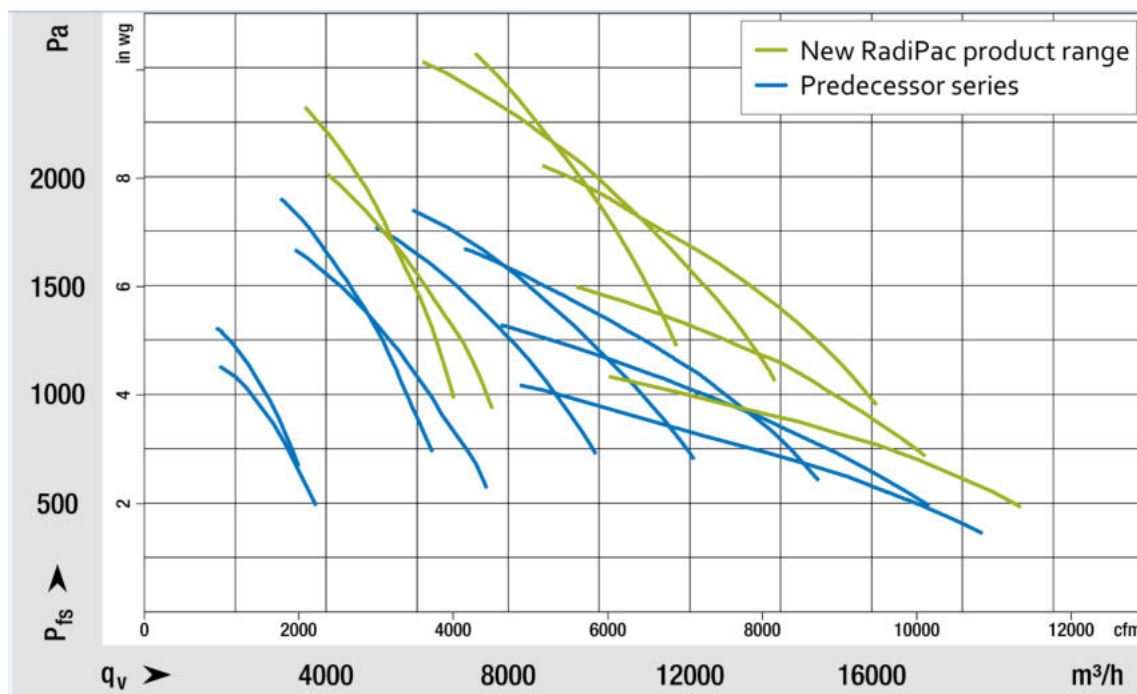
Technologický box: Automatická detekce rezonance pro větší provozní spolehlivost

Radiální ventilátory se používají v celé řadě aplikací. V závislosti na instalační situaci může dojít k rezonanci v nepředvídaném rozsahu rychlosti. Pokud je ventilátor v takovém pásmu otáček provozován opakovaně či dlouhodobě, může dojít k poškození ložiskového systému motoru, což vede k selhání ventilátoru. Pro provozovatele systému lze tyto vibrace měřit, ale není snadné je potlačit. Ebm-papst ve svých radiálních ventilátorech RadiPac řeší problém funkcí automatické detekce rezonance, která minimalizuje účinek vibrací. Během uvádění do provozu se provádí zkušební spuštění, ve kterém jsou zaznamenávány a analyzovány úrovně

vibrací v celé křivce rychlosti. Pokud jsou ve specifických rozsazích detekovány nadměrné rychlosti vibrací, řídicí software se v budoucnu automaticky nastaví na „rychlý posun vpřed“, čímž se kritické oblasti vyhne (viz obr. 6). Tímto způsobem lze provozovat EC radiální ventilátory bez rizika poškození. Operátoři mohou kdykoli ručně upravit nastavení softwaru a mít vždy plnou kontrolu.



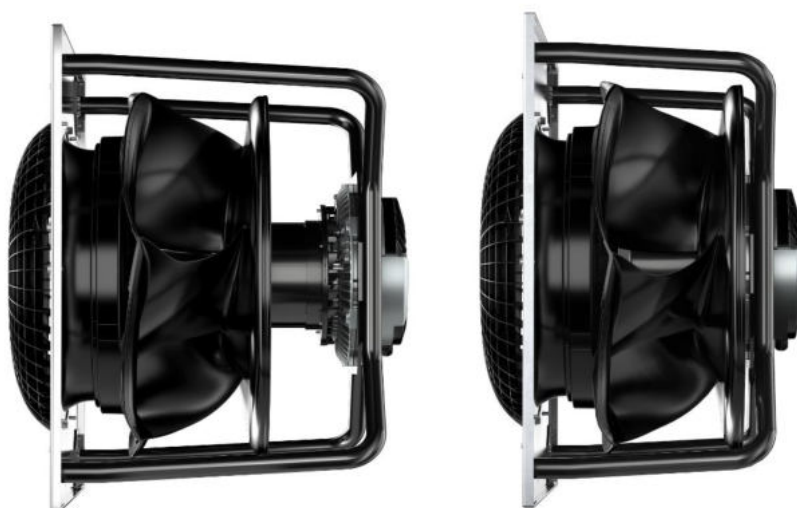
Obr. 1 Nový RadiPac: Nová generace radiálních ventilátorů nabízí vyšší účinnost; to má za následek výrazně nižší provozní náklady



Obr. 2 Pomocí vyšší rychlosti je zajištěn vyšší průtok vzduchu i vyšší tlak, což znamená, že lze nyní pokrýt i aplikace s vyšší tlakovou ztrátou



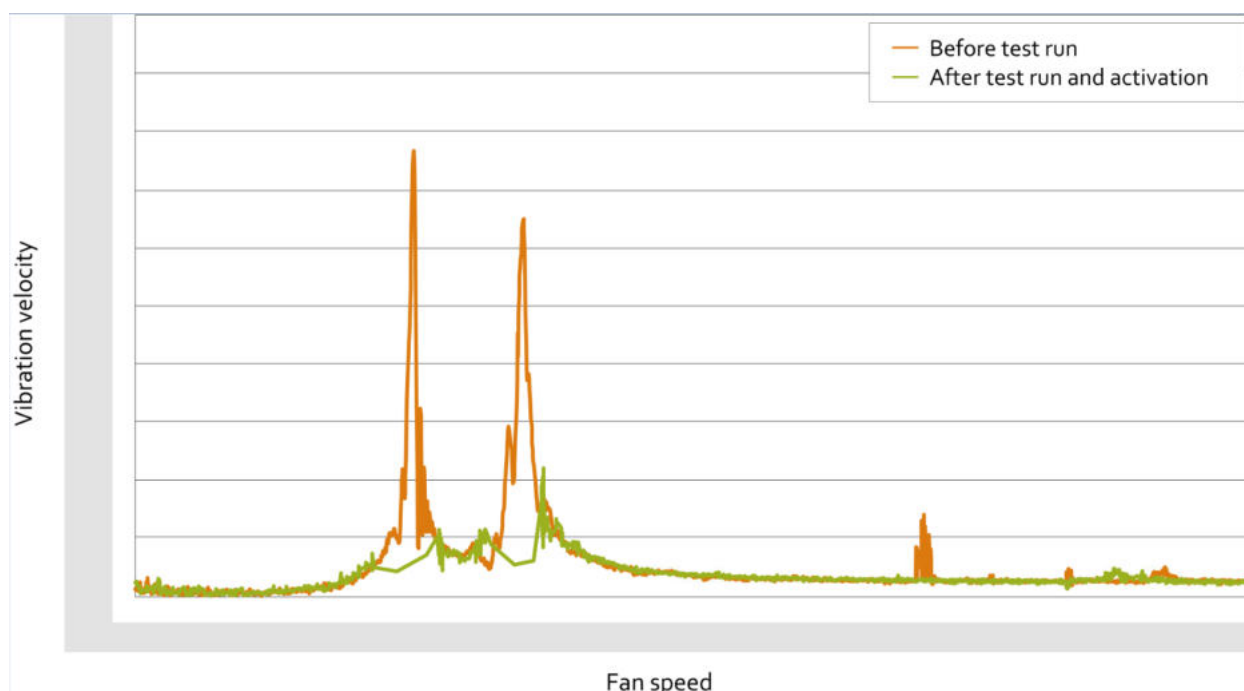
Obr. 3 *Použitým materiálem je vysoce pevný kompozitní materiál vyztužený skelnými vlákny. Proces vstřikování umožňuje komplexní tvar*



Obr. 4 *U standardních typů (vlevo) je výkonný motor zcela vysunut z oblasti průtoku. V užší verzi (vpravo) je motor částečně zanořen do oběžného kola*



Obr. 5 *Nový RadiPac jako řešení plug & play připravené k instalaci v kompaktním držáku pro snadnou montáž na zeď*



Obr. 6 Pokud je aktivována standardní detekce rezonance, pak je rozsah s nadměrnými vibracemi přímo detekován a „přeskočen“.

O společnosti ebm-papst

Skupina ebm-papst, rodinná firma se sídlem v německém Mulfingu, je lídrem na světovém trhu ventilátorů a pohonů. Společnost byla založena v roce 1963, stala se lídrem v oblasti motorových technologií, elektroniky a aerodynamiky a průběžně nastavuje mezinárodní tržní standardy. S více než 20 000 produkty nabízí ebm-papst přizpůsobená, energeticky účinná a inteligentní řešení pro prakticky jakékoli požadavky na ventilaci a pohon.

Ve fiskálním roce 2020/21 dosáhla firma obrátu 2,129 miliardy Eur a zaměstnala 15 190 lidí ve 29 výrobních závodech (např. V Německu, Číně a USA) a na svých 48 obchodních pobočkách. Společnost ebm-papst svými řešeními pro ventilátory a pohony definuje a nastavuje měřítko prakticky ve všech průmyslových odvětvích, jako je ventilace, klimatizace a chlazení, vytápění, automobilový průmysl, IT, strojírenství, stravování a domácí spotřebiče, intralogistika a lékařské inženýrství.

(Zdroj: ebm-papst)

Ebm-papst CZ s. r. o.
 Kaštanová 34a
 620 00 Brno
 Česká republika
 Tel +420 544 502 411
 Fax +420 547 232 622
info@ebmpapst.cz
www.ebmpapst.cz

NÁVRH ZVLHČOVACÍCH ZAŘÍZENÍ Z HLEDISKA PROVOZNÍCH ZKUŠENOSTÍ

Ing. Petr Andres

Flair, a. s.

andres@flair.cz

ANOTACE

Správný výběr typu zvlhčovače pro klimatizaci z široké nabídky zařízení je předpokladem pro bezproblémový provoz celého systému. Jak ostatně známe ze všech oborů, investičně nejlevnější řešení v sobě může často obsahovat skryté náklady na spotřební materiál a příliš náročná údržba bude zanedbávána. Následující text se pokouší o vytvoření rámcového přehledu se zohledněním různých vlivů na ekonomičnost, efektivitu a spolehlivost zvlhčovacích zařízení.

ZVLHČOVAT IZOTERMICKY NEBO ADIABATICKY?

Před třiceti lety se zdálo, že energetický blahobyt ukončí éru adiabatických zařízení a pára vyřeší letité problémy vodních zvlhčovacích systémů s hygienou, regulací a samozřejmě s náročnou údržbou a monstrózní pračky navždy zmizí z komor klimajednotek. I použití parních zvlhčovačů má ale některá úskalí.

Hned v úvodu je třeba upozornit na často opakovaný energetický mýtus: „*Adiabatické zvlhčování je úspornější...*“ Při procesu zvlhčování je potřebné stejné množství energie (při zanedbání účinnosti), ať aplikujeme izotermický (parní) nebo adiabatický princip. Rozdíl je v cenách energií – plyn či elektřina pro výrobu páry v izotermických procesech nebo energie pro kompenzaci adiabatického ochlazení. Tento jev ale umožňuje využití odpařování pro výraznou úsporou nákladů strojního chlazení zvlhčováním odpadního vzduchu.

ZVLHČOVÁNÍ PAROU

Pára z centrálního zdroje

Naprosto nejspolehlivějším systémem parního zvlhčování jsou zvlhčovače pro centrální páru. Ventily Condair Esco používají prakticky nezničitelný rotační keramický ventil s vysokou těsností a lineární charakteristikou. Přívod páry do klimajednotky nebo VZT potrubí může být jednoduchým nebo vícenásobným distributorem DL 40, případně celoplošným distributorem DR 74, který umožňuje dosažení extrémně krátké distribuční vzdálenosti např. před filtry, tlumiči hluku či jinými komponenty. Vlastí distributory využívají systém vnitřních mikrotrysek, který separuje kondenzát a přivádí pouze suchou páru. I přes vysokou spolehlivost je použití systému Condair Esco stále méně časté a omezuje se většinou na objekty s centrálním zdrojem páry i pro další využití, jako jsou nemocnice nebo výrobní technologie.

Právě zde ale narážíme na první problém. Zatímco centrální pára pro nemocniční sterilizátory je ideálním zdrojem, u technologických provozů je nutné ověřit hygienickou kvalitu páry, která musí být bez přísad a vyráběná z pitné vody (případně upravená z pitné vody). Od centrálních vyvíječů páry pouze pro klimatizaci se dnes upouští kvůli nutnosti dlouhých rozvodů páry s vysokou kondenzací a malé flexibilitě, kdy kvůli provozu i jediného zařízení je nutno uvádět do chodu celý systém.

Funkci a spolehlivost zvlhčovačů pro tlakovou páru zásadně ovlivňuje provedení rozvodů páry. Jedná se především o správné provedení odboček z páteřních rozvodů, použití

separátorů kondenzátu a spádování. Klíčová je i volba materiálu rozvodů a režim provozu. Potrubí z běžné oceli při pouze občasném provozu generuje množství rzi, která keramickým ventilům nesvědčí.

Elektrické parní vyvíječe

Elektrodové zvlhčovače

Investičně nejoblíbenější variantou jsou elektrodové zvlhčovače. Zařízení využívají elektrickou vodivost pitné vody, danou přirozeným obsahem minerálních solí. Regulace výkonu se provádí změnou hloubky ponoření elektrod, mezi kterými probíhá proud a přímo ohřívá vodu s minimálními energetickými ztrátami.

Minerální soli se při výrobě páry částečně usazují na elektrodách. Míra usazování je dána lokální kvalitou vody a režimem provozu, který z velké části závisí například na klimatickém průběhu roku a požadavcích uživatele na úroveň vlhkosti v prostoru. Z tohoto důvodu je nutné provádět výměnu vyvíjecích nádob nebo elektrod, případně jejich čištění (tam, kde to konstrukce umožňuje). Obvyklý interval údržby vyvíjecích nádob se může podle míry zanesení pohybovat od několika týdnů, maximální interval čištění je doporučen na 1 rok. Bohužel, komplikovaná údržba svádí logicky k jejímu zanedbávání, které může vést i k nevratným škodám na zařízení a havarijním stavům.

Elektrodové zvlhčovače ze své podstaty nemohou být provozovány s demineralizovanou (nevodivou) vodou. Přesnost regulace elektrodových vyvíječů je limitována rozsahem přibližně $\pm 5 - 10 \%$ r. v.. Automatické udržování optimální koncentrace solí ve vyvíjecí nádobě a doplňování čerstvé vody způsobuje omezení produkce páry v určitých cyklech, které jsou zanedbatelné pro bytové a občanské stavby, mohou být však problém u systémů s vyššími nároky na stabilitu (archívy, laboratoře, čisté prostory).

Odporové zvlhčovače

Odporové parní vyvíječe k ohřevu vody využívají topnou spirálu s regulovatelným výkonem. Zvlhčovače mohou pracovat i s upravenou či demineralizovanou vodou. Pro provoz s pitnou vodou je zařízení Condair RS vybaveno zásobníkem s automatickým odlučovačem minerálních usazenin. Rozsah údržby a čištění se tak zásadním způsobem redukuje, zařízení jsou méně citlivá na různorodou kvalitu vody. Rovněž dosažitelná přesnost je výrazně lepší než u elektrodových systémů. Pro běžné provozní podmínky můžeme počítat s tolerancí vlhkosti $\pm 3 \%$ r. v., u řady Condair RS PRO při použití demineralizované vody lze dosáhnout rozsah $\pm 1 \%$ r. v. při konstantním výkonu.

Plynové parní zvlhčovače

Rostoucí ceny elektrické energie a vysoký příkon parních zvlhčovačů ($1 \text{ kg/h} = 0,75 \text{ kW}$) otevřely dveře vyvíječům s plynovým ohřevem. Především u vyšších výkonů je díky ceně plynu návratnost zařízení i přes vyšší pořizovací náklady v horizontu 3-5 let.

Vzhledem k cenovým relacím nemá příliš smysl navrhnout zařízení o výkonu menším než 40 kg/h . Ačkoliv plynové vyvíječe je možné provozovat s pitnou vodou, výrobce vzhledem k velkému množství minerálních sedimentů při vyšších výkonech důrazně doporučuje provoz na demineralizovanou vodu.

Umístění parních vyvíječů do exteriéru

Parní vyvíječe jsou primárně určené pro umístění do vnitřního prostoru strojoven, za určitých podmínek i do exteriéru. Především u plynových vyvíječů umístění na střeše vyřeší problém povinného překlasifikování strojovny VZT na plynovou kotelnu (nad 30 kW výkonu), proto výrobce Condair nabízí plynové vyvíječe již přímo ve venkovním provedení. Elektrické

vyvíječe lze umístit do exteriéru do izolovaných vestavků, které zajistí jak temperování proti zamrznutí, tak dostatečné větrání proti přehřátí.

Distribuce páry

U parních zvlhčovacích systémů je převažujícím způsobem distribuce přívod do VZT potrubí nebo klimajednotek. Prostorové zvlhčování se používá pouze pro menší výkony, například bytové větrání.

Správná distribuce páry má klíčový význam na spolehlivost zvlhčování. Důležitá je takzvaná rozptylová vzdálenost, která určuje volný prostor za distributorem před následným komponentem (tvarovky, tlumiče, filtry). Tato vzdálenost závisí na úrovni navlhčení, teplotě vzduchu a rychlosti proudění v potrubí. Nedodržení této vzdálenosti může způsobovat kondenzaci, ale také zkreslení funkce čidel vlhkosti, které pak mohou způsobovat kolísání výkonu a další provozní chyby. Pro zkrácení rozptylové vzdálenosti především v klimajednotkách před vyššími třídami filtrů lze použít prostorový distributor Optisorp, kdy se rozptylová vzdálenost redukuje na několik desítek centimetrů.

Častou chybou při instalaci bývá prověšení parních hadic mezi vyvíječem a distributorem či nedodržení spádu odvodu kondenzátu. Tyto chyby mohou způsobovat nestabilní výkon zařízení nebo vyplavení klimajednotky či celého objektu.

ADIABATICKÉ ZVLHČOVÁNÍ A CHLAZENÍ

Díky technickému vývoji se adiabatické systémy v posledních letech dočkaly výrazného zájmu. Dostupnost účinných úpraven vody, efektivní hygienická opatření a rostoucí ceny elektrické energie vrátily do hry principy, které se používaly ve stavebnictví již ve starověku. Stále větší je zájem o využití adiabatického principu nejen pro zvlhčování, ale i pro nepřímé chlazení.

Adiabatické zvlhčování a nepřímé chlazení do VZT systémů

Více než dvě dekády dodává značka Condair hybridní zvlhčovač DL, dříve známé pod označením Dual. Tento nízkotlaký systém kombinuje rozprašování a odpařování na inertních porézních keramických panelech. Použití demineralizované vody, ošetřené stříbrnou ionizací, splňuje nejprísnější hygienické podmínky i pro použití ve zdravotnictví. Systém má velmi nízké nároky na údržbu, velmi dobrou regulovatelnost a díky vysoké účinnosti minimální nároky na spotřebu elektrické energie i spotřebu demineralizované vody. Stavebnicový systém umožňuje vestavbu do libovolného průřezu s délkou vestavby 600 mm.

Voštinový zvlhčovač Condair ME je primárně navržený pro nepřímé chlazení odpadního vzduchu, který předchlazuje čerstvý vzduch přes křížový deskový výměník. Napájení kazet vodou je řešeno sadou čerpadel, umožňujících kaskádovou regulaci výkonu. Použití demineralizované vody je výrobcem pouze doporučeno, znamená však výrazné prodloužení životnosti kazet a snížení nároků na údržbu.

Samostatnou kapitolu tvoří ultrazvukové zvlhčovače. Vodní aerosol o velikosti cca 100 mikronů je vytvářen z demineralizované vody piezoelektrickými chvějkami. Výhodou tohoto systému je okamžitá odezva výkonu na změnu regulačního signálu a tím i vysoká přesnost, vhodná například pro laboratoře. Ultrazvukové systémy jsou vhodné spíše pro menší výkony. Zvlhčovače se vyrábějí jak v prostorovém, tak kanálovém provedení.

Prostorové adiabatické zvlhčování

V průmyslových aplikacích je prostorové adiabatické zvlhčování osvědčeným řešením nejen vlhkosti vzduchu, ale i snižování prašnosti a eliminace tepelné zátěže od technologie. Přívod

aerosolu přímo do prostoru je nezávislý na větracím systému a může řešit lokální tepelné zátěže v závislosti na rozmístění technologie. Mechanické rozprašovače a dvousložkové trysky jsou v současnosti nahrazovány vysokotlakými systémy, které používají výhradně demineralizovanou vodu. Její použití eliminuje kontaminaci prostoru prachovými částicemi z minerálů v pitné vodě. Tato podmínka je extrémně důležitá v automobilovém průmyslu a lakovnách. *(Při střední tvrdosti vody 10°DH je obsah minerálů v pitné vodě přibližně 100 mg/l. Při 24hodinovém provozu systému s výkonem 200 l/h bychom dostali do prostoru z pitné vody přibližně 0,5 kg prachových částic).* Kromě eliminace rizika úkapu či kondenzace vynikají vysokotlakové systémy zvlhčování flexibilitou a možností velkého rozsahu instalací.

OBECNÉ PROBLÉMY ZVLHČOVÁNÍ

Bezpečnostní opatření při návrhu zvlhčovacího systému

Protože přidaným médiem při procesu zvlhčování je voda, logicky hrozí při poruchách a provozních potížích vyplavení objektu. Proto je nejvýše důležité celý systém vybavit soustavou aktivních i pasivních bezpečnostních prvků. Tato nutnost platí pro zvlhčování do VZT systémů i do prostoru. Naprostou nutností u obou způsobů distribuce vlhkosti je bezpečnostní hygrostat, čidla vlhkosti jsou během času náchylná k postupnému zkreslování.

Velmi častou chybou bývá špatná volba referenčního bodu pro snímání aktuální vlhkosti, který podává zkreslené údaje pro regulaci. Při zvlhčování do VZT systému je nutností čidlo proudění vzduchu, vhodné je i omezovací čidlo vlhkosti na vstupu před zvlhčováním.

Podle situace na stavbě je vhodné zvážit instalaci zachycovacích van pro případ úniku vody nebo zaplavením kondenzátem. Na místě je i použití čidel zaplavení.

Vlivy stavební konstrukce při zvlhčování

Podstatnou roli hraje akumulace vlhkosti stavebních konstrukcí. U nových staveb dochází k postupnému vysychání, které může ovlivňovat vnitřní parametry až po dobu řady měsíců. Naopak doplnění zvlhčování do původních prostor může zpočátku způsobit nedostatečnou úroveň dosažené vlhkosti podobně jako u depozitu hygroskopických materiálů.

Především při rekonstrukcích historických objektů a starších průmyslových objektů může v zimním období docházet při zvlhčování ke kondenzaci na tepelných mostech ve stavební konstrukci a výplních otvorů. Řešením může být pouze změna teplotního režimu, kterým snížíme teplotu rosného bodu.

Podklady pro návrh zvlhčovacího systému

Tento problém se týká především dodatečné implementace do stávajících systémů VZT. Spolehlivé podklady pro návrh zvlhčovacího systému včetně údajů o zaregulování, poměrech směšování cirkulace a čerstvého vzduchu bývají často nedostupné. Správné dimenzování a výběr vhodného systému zvlhčování se tak stává nevyžádaným dobrodružstvím, kdy je důležité mít dobře uzavřenou smlouvu i pojistku.

ZÁVĚR

Príspevek byl zpracován na základě firemních podkladů výrobců a osobních zkušeností při realizaci zakázek v oboru za více než dvacet pět let. Děkuji svým spolupracovníkům za zvládání všech úskalí, které nám nejruznější stavby přichystaly.

KONCEPT DVOJITÉHO ROTORU

Ludvík Soukup¹, David Black², Dipl. Ing. (FH) René Rentschler³

¹FläktGroup Czech Republic a. s.

²FläktGroup

³Hoval GmbH

ludvik.soukup@flaktgroup.com, david.black@flaktgroup.com, rene.rentschler@hoval.com

INOVATIVNÍ ŘEŠENÍ PŘI VYSOKÝCH VLHKOSTECH VZDUCHU

Systém využívá jedinečnou nízkoenergetickou technologii vzduchotechnických jednotek společnosti FläktGroup pro pokročilý způsob chlazení a regulaci vlhkosti.

Rotační výměníky se používají pro energeticky efektivní zpětné získávání tepla a chladu, přičemž regulátor provozuje rotory a výměníky chlazení v pořadí podle nastavené hodnoty rosného bodu, čímž je omezena úroveň vlhkosti přiváděného vzduchu při zachování přesně sladěné kvality vzduchu v interiéru. Ideální například pro použití ve vzduchotechnických systémech s chladicími trámy.

- Až o 60% nižší chladicí výkon
- Bez nutnosti dalšího dohřívání
- Extrémně vysoká účinnost

ŘEŠENÍ V DETAILU

Pokud jde o klimatizační procesy v prostředích s vysokou vlhkostí, musí být vzduch přiváděný do budovy ochlazen a odvlhčen. To může vést k významným investičním a provozním nákladům, zejména s ohledem na chlazení. Chytrý koncept dvojitého rotoru může přinést významné úspory chladicího výkonu, čímž dochází ke snížení nákladů, investičních i provozních.

Nejúčinnější řešení chlazení a odvlhčování vzduchu v jedné vzduchotechnické jednotce

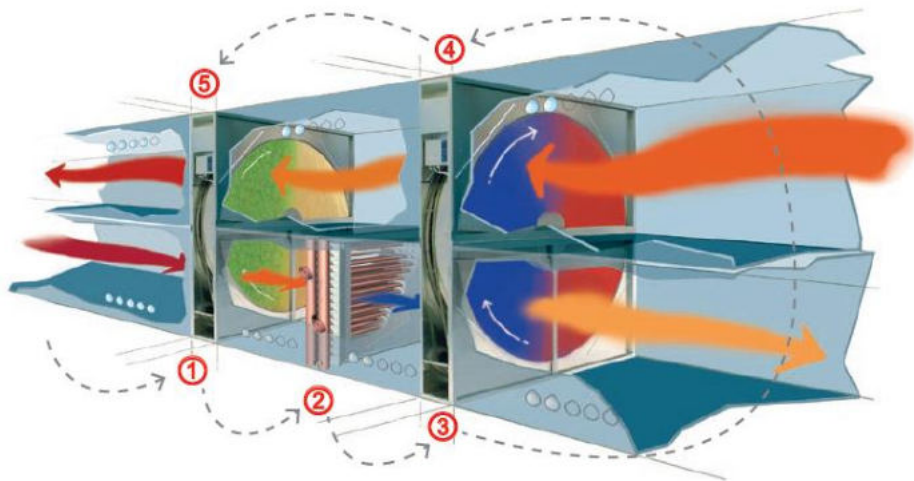
Vstupní sorpční rotor s přenosem vlhkosti snižuje potřebu chladicího výkonu a tím nároky na zdroj chladu. S konceptem dvou rotačních výměníků jsou všechny klimatizační procesy integrovány do jedné kompaktní jednotky. Přiváděný vzduch je ohříván přenosem tepla z odváděného vzduchu bez použití jakékoli další energie. Teplotu přiváděného vzduchu lze přesně regulovat prostřednictvím druhého, kondenzačního rotoru.

V oblastech s vysokou teplotou a vlhkostí vzduchu nebo v budovách se suchými chladicími systémy (chladicí trámy, chladicí stropy) je třeba přiváděný vzduch ochlazovat a odvlhčovat. Odvlhčování vzduchu se tradičně provádí jeho ochlazením, aby se kondenzovala vlhkost ze vzduchu a ten se posléze znovu ohřál na požadovanou teplotu. Ve srovnání s tradičními systémy koncept dvojitého rotoru chladí, odvlhčuje a ohřívá přiváděný vzduch energeticky efektivněji.

PRINCIP A KOMPONENTY

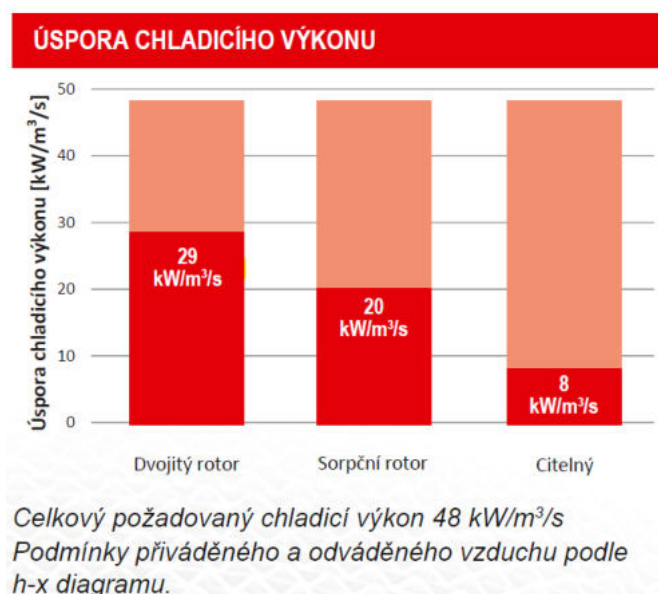
Koncept dvojitého rotoru obnovuje až 60 % chladicího výkonu a je nejlepším volbou ve srovnání s tradičními systémovými řešeními.

Obecně lze říci, že dodatečné náklady za zvolený kondenzační rotační výměník jsou kompenzovány nižšími investičními náklady na komponenty používané v tradičních systémech (výměníky, potrubí, ventily, čerpadla + náklady na jejich provoz).

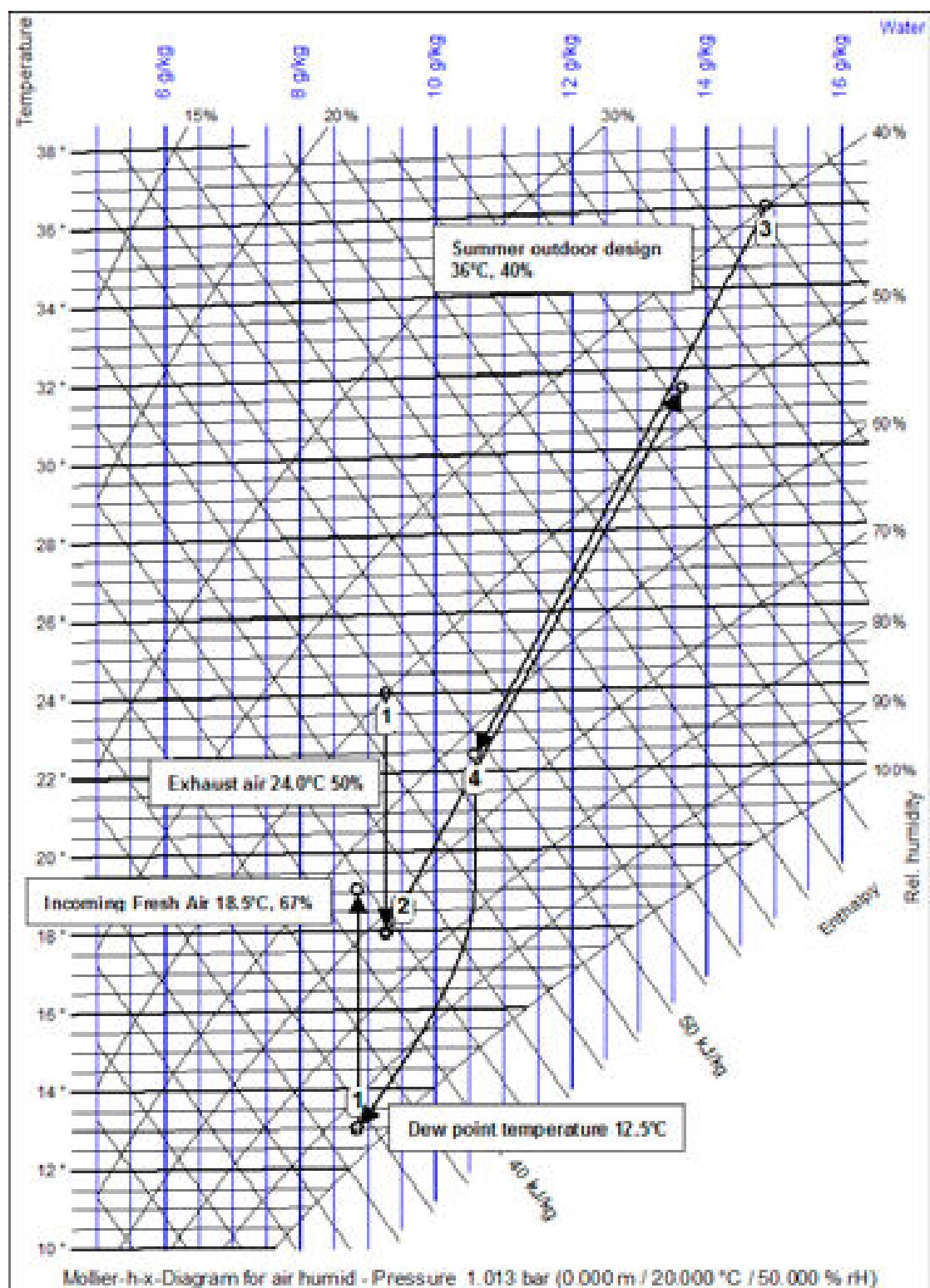


Obr. 1 Funkční princip

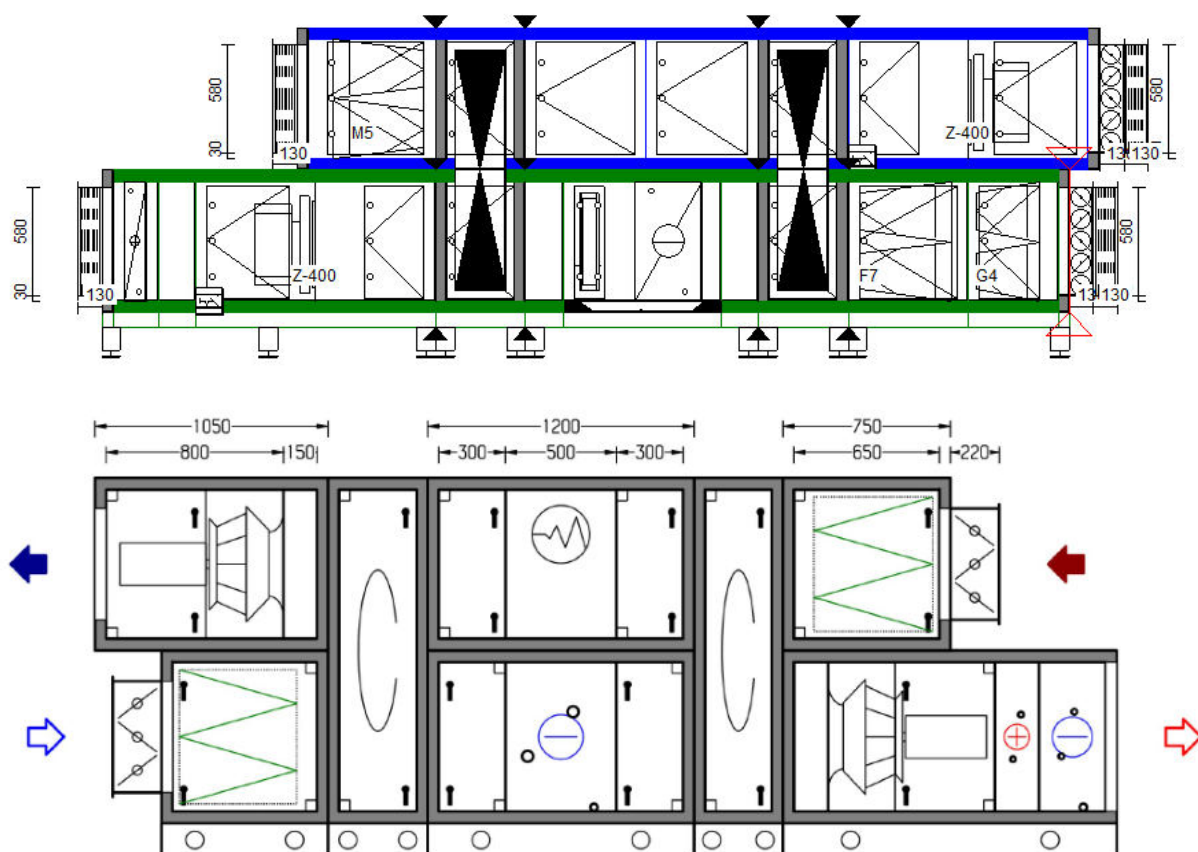
1. **Sorpční rotor (citelné + latentní teplo) -> částečné odvlhčení + ochlazení venkovního vzduchu** Použitím sorpčního rotoru se venkovní vzduch ochlazuje a současně se odvádí vlhkost. Tím se v dalším kroku (2) ušetří až 60% chladicího výkonu.
2. **Výměník chlazení -> úplné odvlhčení venkovního vzduchu** Přiváděný vzduch se ochlazuje pomocí chladiče na teplotu rosného bodu požadovaného daným prostorem. Tím dochází k odstranění zbývající přebytkové vlhkosti z přiváděného vzduchu.
3. **Dohřev přiváděného vzduchu** K dosažení požadované teploty přiváděného vzduchu je nutné jeho dohřátí. Přiváděný vzduch je ohříván na požadovanou prostorovou teplotu přenosem tepelné energie prostřednictvím kondenzačního rotoru.
4. **Chlazení odváděného vzduchu** Kondenzační rotor předeřívá přiváděný vzduch.
5. **Vyšší účinnost sorpčního rotoru** Odváděný vzduch je nyní výrazně chladnější než venkovní vzduch. Tím dochází ke zvýšení účinnosti sorpčního rotoru (1).



Obr. 2 Úspora chladicího výkonu



Obr. 3 Zobrazení provozního stavu prostřednictvím h-x diagramu



Obr. 4 a 5 Zobrazení skladby reálné jednotky v konceptu dvojitého rotoru

ZÁVĚR

Kromě nesporných výhod popsaného řešení tento koncept splňuje také ty nejnáročnější podmínky, které jsou na vzduchotechnické jednotky kladeny mezinárodními i lokálními předpisy. Samozřejmostí je také shoda s nařízením EU č.1253/2014, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign větracích jednotek.

LITERATURA

Interní podklady podklady společností FläktGroup a Hoval.

SPOLEČNOST THERMWET S. R. O. UVÁDÍ NA TRH DALŠÍ VĚTRACÍ JEDNOTKU S REKUPERACÍ TEPLA – VENTBOX 150 UP

Ing. Aleš Cvrkal

ThermWet s. r. o.

zkusebna@thermwet.cz

Přední český výrobce deskových radiátorů KORADO a. s. jehož členem je i společnost ThermWet s. r. o. pokračuje v rozšiřování svého portfolia účinných větracích jednotek pro nucené větrání domů a bytů. Uvádí na trh novou kompaktní centrální větrací jednotku VENTBOX 150 UP vhodnou zejména k podstropním, nástěnným a podlahovým montážím v aplikacích s omezeným prostorovým komfortem.



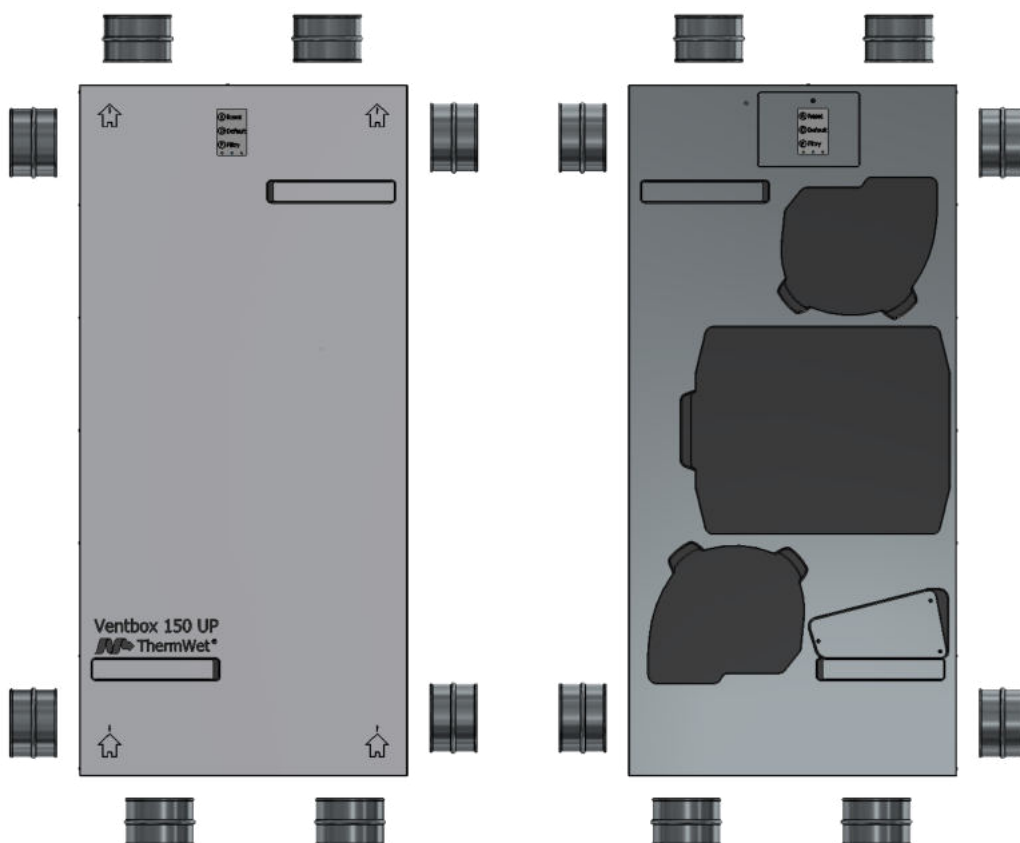
Obr. 1 Kompaktní centrální větrací jednotka VENTBOX 150 UP

KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ

I v případě tohoto modelu se výrobce drží zavedené koncepce konstrukčního provedení a nabízí zákazníkovi kvalitní zpracování, tentokrát v provedení z materiálu EPP. Vzduchové trasy jsou aerodynamicky navrženy a přispívají ke snížení vnitřních tlakových ztrát větrací jednotky. Samozřejmostí jsou rovněž optimálně dimenzovaný BY-PASS pro letní období, elektrický přehřev vzduchu pro chladné období a účinná filtrace vzduchu kazetovými filtry.

Důraz na kvalitu technického zpracování a vnějšího designu větrací jednotky sebou přináší nejen velmi nízké hodnoty vzduchové netěsnosti, ale současně si výrobek zachovává čistý a funkční design.

Jednotka VENTBOX 150 UP je vzhledem ke světlé výšce pouhých 190 mm (montáží výška 225 mm) primárně určena k instalaci v podstropní variantě. Systém univerzálních instalačních závěsů, které jsou součástí každé jednotky, umožňuje pohodlnou instalaci i v nástěnné nebo podlahové variantě, a to i s ohledem na bezpečný odvod kondenzátu. Variabilní uspořádání připojovacích hrdel bez dodatečných úprav pláště rozšiřuje možnosti snazšího připojení jednotky k distribučnímu potrubí.



Obr. 2 Variabilita výběru připojovacího hrdla

Větrací jednotka je standardně osazena výměnnými kazetovými filtry s třídou filtrace ePM10 65 % (M5), volitelně i filtrem ePM10 70 % (F7).

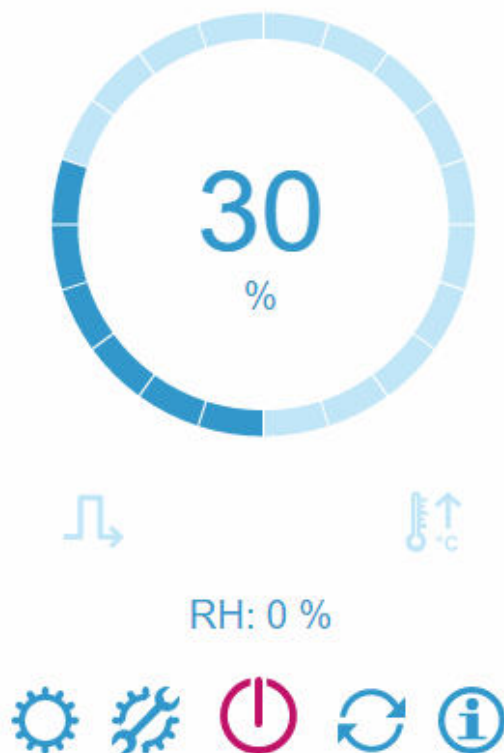
REKUPERACE

Větrací jednotka může být vybavena standardním výměníkem nebo entalpickým výměníkem tepla se zpětným ziskem vlhkosti. Záleží na povaze projektu respektive preferencích zákazníka na kvalitu vnitřního prostředí. V obou případech je vždy instalován kvalitní deskový protiproudý výměník, jehož výkonové parametry jsou deklarovány certifikací EUROVENT. Nově je nyní větrací jednotka osazena moderními ventilátory s konstantním průtokem vzduchu, které automaticky zajišťují vyrovnaný průtok výměníkem tepla a tím je dosaženo maximální účinnosti rekuperace pro zvolený pracovní bod (výkon větrání) jednotky.

OVLÁDÁNÍ A KONEKTIVITA

K ovládání a nastavení režimů větrání je možné využít některý z dostupných způsobů. Po instalaci a připojení k napájecí síti je možné k jednotce přistoupit pomocí libovolného zařízení (například chytrý telefon, tablet) a to připojením přímo k vlastní WIFI síti větrací jednotky. Větrací jednotku je možné trvale připojit k vnitřní síti domu/bytu a přistupovat k ovládání i vzdáleně přes webové rozhraní. Rozhraní poskytuje kompletní přehled nastavení režimů a výkonu větrání, denních a týdnech programech, stavu rekuperace, stavu periférií, výměny filtrů atd.

Ventbox



Obr. 3 Ovládání přes webové rozhraní – prostředí aplikace

K větrací jednotce je možné rovněž připojit i periferní zařízení jako jsou například čidla Oxidu uhličitého CO₂, relativní rychlosti RH nebo kvality vzduchu SQA které detekuje některé plynné látky organického původu.

Výrobce nabízí i jednoduché ovládání jednotky spojené pouze s nastavením výkonu větrání. Pomocí mechanického otočného ovladače, který je nainstalován na dostupném místě, nastavuje uživatel požadovaný výkon větrání. I v tomto omezeném režimu však dostává uživatel základní informaci u stavu systému pomocí LED diody na ovladači včetně informace o stavu filtrů vzduchu.

Komunikační protokol Modbus TCP/IP je standardním vybavením. Větrací jednotka umožňuje přijímat požadavky nadřazeného systému pro inteligentní řízení domu/bytu související s výměnou vzduchu a větráním.

PARAMETRY VĚTRACÍ JEDNOTKY

Jsou ověřovány dle platné legislativy pro obousměrné bytové větrací jednotky do výkonu 600 m³/h a dle požadavků směrnice na Ecodesign větracích jednotek. Provedení zkoušek z hlediska platných směrnic pro elektrickou bezpečnost výrobku a EMC je samozřejmostí.

Tab. 1 Výsledky zkoušek větrací jednotky

Zkouška tlakem	q_{vei} [m ³ /h]	Třída těsnosti
Vnitřní netěsnost +/-100 Pa	0,16 / 0,15	A1
Vnější netěsnost +/-250 Pa	1,68 / 1,50	A1

q_v [m ³ /h]	p_{tU} [Pa]	SFP [W/m ³ /h]	η_t [%]	L_{WA} [dB]
50	50 / 100	0,348 / 0,450	87,5	43,7 / 47,7
105	50 / 100	0,295 / 0,368	82,5	55,1 / 58,6
150	100	0,410	78,0	62,7

Zdroj: ČSN EN 308; ČSN EN 13141-7; ČSN EN ISO 3744

Technické parametry výrobku, především hodnoty vzduchové těsnosti, specifického elektrického příkonu a účinnosti rekuperace korespondují s požadavky na certifikaci výrobku podle požadavků PHI (Institut pro energeticky efektivní domy – Darmstadt) a posouvají větrací jednotku k získání této certifikace v rozsahu výrobcem deklarovaných výkonů.

SEZNAM OZNAČENÍ

q_{vei}	vzduchová netěsnost	[m ³ /h]
q_v	průtok vzduchu (větrání)	[m ³ /h]
p_{tU}	dispoziční tlak	[Pa]
SFP	specifický elektrický příkon	[W/m ³ /h]
η_t	účinnost rekuperace tepla	[%]
L_{WA}	akustický výkon	[dB]

VĚTRÁNÍ GARÁŽÍ – VZOROVÉ ŘEŠENÍ

Ing. Jan Buchta, Ing. Lucie Rychnovská

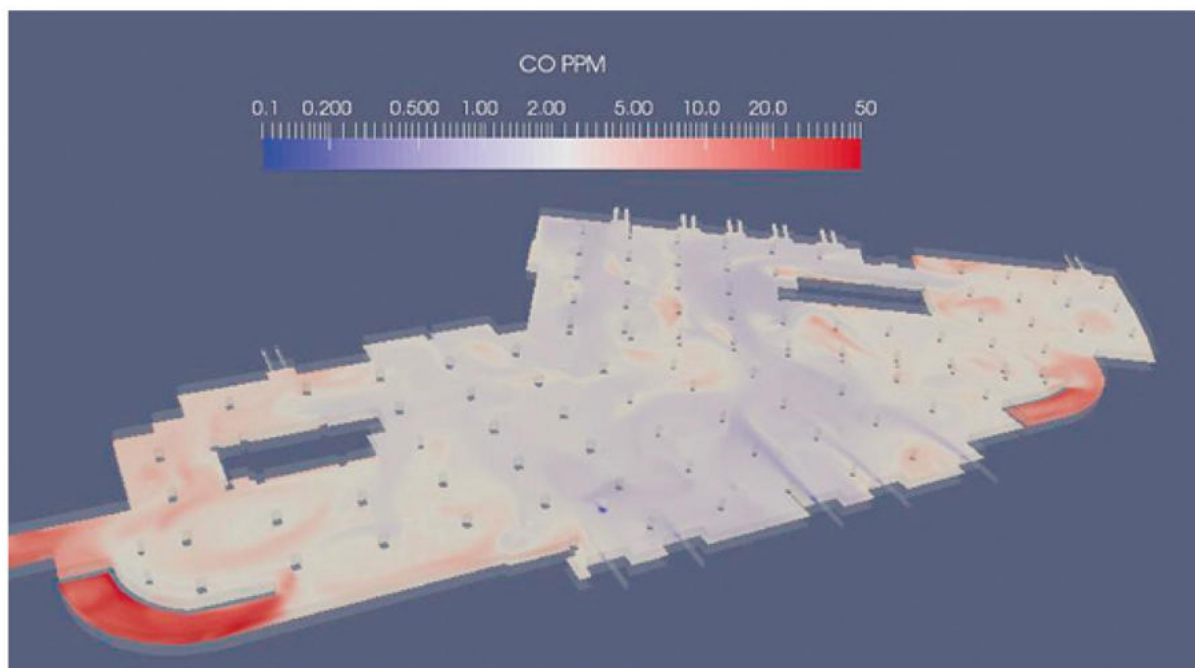
Multi-VAC spol. s r. o.

ANOTACE

Príspevek se zabývá problematikou větrání garáží za pomoci proudových ventilátorů JET FAN. Vysvětluje základní koncepci těchto moderních systémů a popisuje jednotlivé provozní stavy. Vzorové řešení je ukázkou detailní CFD analýzy, kterou poskytujeme jako projekční podporu při návrhu větrání garáží. Řešení na míru umožňuje efektivně navrhnout celý systém a současně vizualizovat jednotlivé scénáře proudění vzduchu a koncentrace škodlivin.

ÚVOD

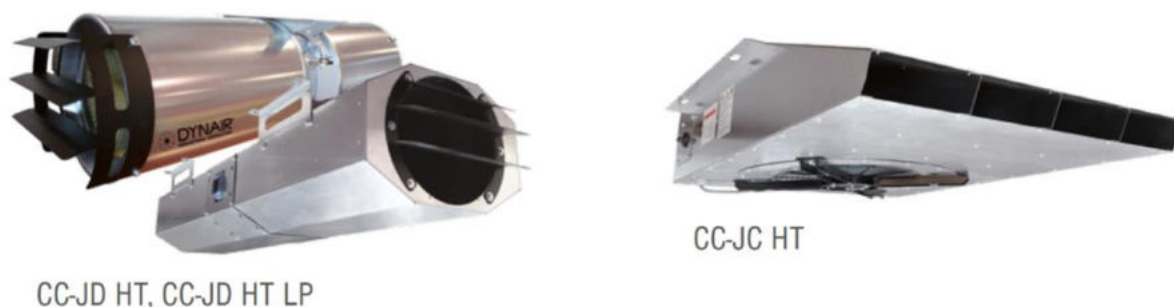
Větrání garáží je komplexní podtlakový systém, jehož úkolem je zajistit kvalitní ovzduší pro pobyt osob. Určující škodlivinou pro návrh provozního větrání je oxid uhelnatý produkovaný při chodu spalovacích motorů. Současně tento systém zajišťuje požární větrání garáže, jehož smyslem je zejména odvod tepla, kouře a toxických zplodin vznikajících při hoření a zajištění bezpečné evakuace osob.



Obr. 1 Vizualizace koncentrace oxidu uhelnatého [PPM] v hromadné podzemní garáži

PROUDOVÉ VENTILÁTORY – JET FAN

Konvenční potrubní systémy jsou v posledních letech stále častěji nahrazovány proudovými ventilátory. Ventilátory JET FAN nabízejí, díky analytickému přístupu, efektivní a úsporné řešení s důrazem na vysokou úroveň bezpečnosti. Návrh každého řešení se opírá CFD simulace proudění vzduchu, které nastaví hlavní parametry systému přesně podle požadavku konkrétní aplikace. Díky tomu je zajištěn odvod škodlivin ze všech zón a je eliminován vznik tzv. hluchých míst. [1]



Obr. 2 Axiální a radiální proudové ventilátory JET FAN

Tyto systémy plní funkci provozního, havarijního i požárního větrání a v porovnání s běžnými potrubními systémy nabízí hned několik výhod: [2]

- Nižší prostorové nároky – díky absenci potrubí a kompaktním rozměrům ventilátorů JET FAN lze získaný prostor využít pro další technická zařízení případně snížit konstrukční výšku garáže.
- Úspora času při návrhu – absence potrubních rozvodů.
- Účinnost systému – CFD analýzou proudění vzduchu je zajištěno správné rozmístění zásadních prvků a eliminace hluchých míst.
- Snadná realizace, nižší časová náročnost a jednodušší koordinace (ZTI, sprinklery, osvětlení, ...)
- Snadná údržba, dobrá čistitelnost a bezproblémový servis

ŘEŠENÍ NA MÍRU

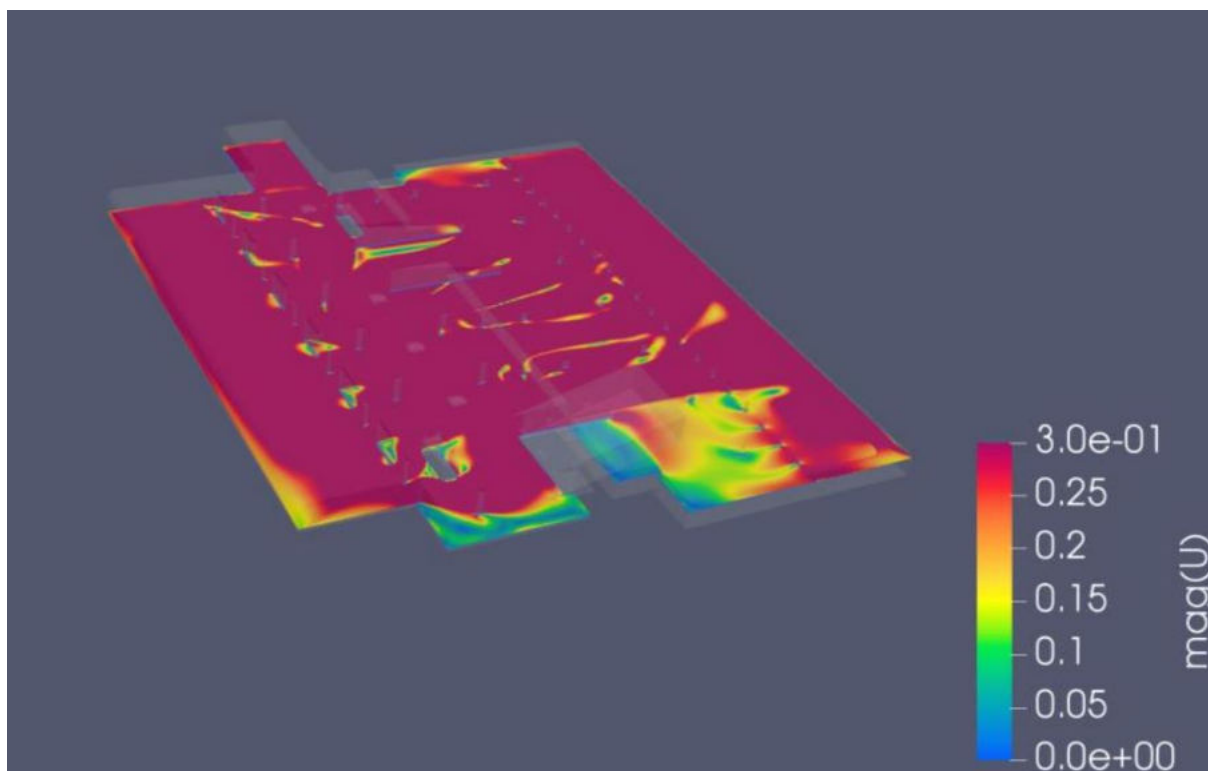
Každému Vašemu projektu se individuálně věnují naši odborníci. Při návrhu řešení vycházíme z CFD analýzy proudění vzduchu v konkrétním prostoru tak, aby výsledný systém větrání garáže byl maximálně efektivní. [1]

ŘEŠENÍ NA MÍRU ZAHRNUJE

- Návrh koncepce na základě CFD analýzy Vašeho projektu
- Umístění a přesnou specifikaci proudových ventilátorů JET FAN
- Návrh odvodních (event. přívodních) ventilátorů
- Optimální systém pro monitoring CO a řízení větrání
- Kompletní nabídku navržených zařízení včetně doporučeného příslušenství

VZOROVÉ ŘEŠENÍ

Jedná se o podrobnou CFD analýzu nadzemní hromadné garáže. Přívod i odvod vzduchu je zajištěn přes otevřenou fasádu. Provozní i požární větrání zajišťují radiální proudové ventilátory JET FAN (CC-JC HT). Výstupem je vizualizace výsledků z výpočetního modelu softwaru OpenFOAM. Simulace zahrnuje provozní větrání a možné dva scénáře požárního větrání.



Obr. 3 Vzorové řešení – rychlost proudění vzduchu [m/s], provozní větrání

ZÁVĚR

V komplikovaných uzavřených prostorech jako jsou hromadné garáže, je poměrně složité předvídat proudění vzduchu. Přesnost empirických výpočtů zvláště u rozsáhlých objektů nemusí být dostatečná. V těchto případech je vhodné využít CFD analýzu, díky které jsme schopni navrhnout efektivní a funkční řešení.

SEZNAM LITERATURY

- [1] Multi-VAC spol. s r. o. [online]. Copyright © 2021 Dostupné z: <https://www.multivac.cz/>
- [2] Dynair Ventilazione industriale e ventilazione meccanica controllata. Dynair Ventilazione industriale e ventilazione meccanica controllata [online]. Dostupné z: <https://www.dynair.it/>

ŘÍDICÍ SYSTÉMY A KOMPONENTY SIEMENS VHODNÉ PRO REGULACI HVAC TECHNOLOGIÍ

Jiří Tobolík, Hana Zloužeová, Jiří Kuba

Siemens s. r. o.

jiri.tobolik@siemens.com, hana.zlouzeova@siemens.com, jiri.kuba@siemens.com

ANOTACE

Společnost Siemens, konkrétně divize Smart Infrastructure, poskytuje svým partnerům široké portfolio produktů pro HVAC aplikace, ať už se jedná o individuální projekty, opakovaná řešení nebo OEM zařízení. Toto portfolio zahrnuje ventily, pohony, čidla, frekvenční měniče, servopohony vzduchotechnických klapek, vodoměry nebo třeba kalorimetry. Kromě těchto periférií však zákazníci mohou vybírat i mezi řídicími systémy a jejich grafickými a cloudovými nadstavbami. Dvě tato řešení – Desigo a Climatix – jsou popsána v článku níže.

DESIGO – ŘÍDICÍ SYSTÉM PRO INDIVIDUÁLNÍ APLIKACE

Desigo je řešení pro měření a regulaci technických zařízení v budovách a obecně pro automatizaci budov. Je to řešení určené pro regulaci kotelen, výměníkůvých stanic, strojoven vzduchotechniky i jednotlivých místností. Díky své modularitě a škálovatelnosti je to řešení vhodné pro širokou škálu aplikací – od malé plynové kotelny až po automatizaci celého kampusu.

Desigo rozdělujeme do čtyř skupin podle jejich určení:

- Desigo PXC – Primární regulace zdrojů tepla a chladu a vzduchotechnických jednotek
- Desigo Room Automation – Řešení pro regulaci vytápění, větrání, chlazení, osvětlení a stínění v jednotlivých místnostech
- Desigo Control Point – Embedované řešení pro vizualizaci a vzdálený dohled
- Desigo CC – BMS/SCADA řešení pro vytváření grafických nadstavb

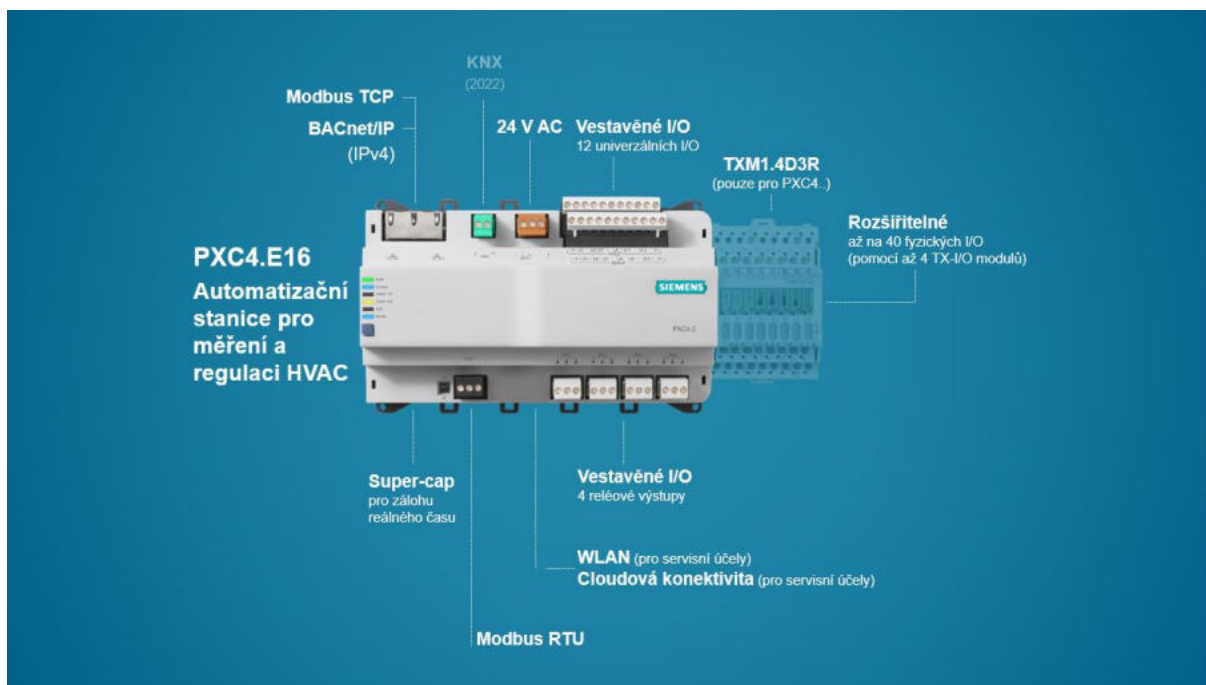
Desigo PXC

Regulátory Desigo PXC jsou volně programovatelné a umožňují tak měřit a regulovat v podstatě jakékoliv zařízení nebo technologii používanou pro vytápění, chlazení a větrání budov. Jejich největší výhodou, kterou nejvíce ocení MaR programátoři, je opravdu široká knihovna připravených a ověřených aplikací. Tyto aplikace vycházejí z desítek let zkušeností společnosti Siemens a jsou navrženy v souladu s nejvyššími třídami energetické účinnosti dle normy EN 15232-1, která popisuje vliv automatizace, řízení a správy budov v rámci energetické náročnosti budov. V případě alespoň částečně standardního řešení tak programátor není nucen programovat celou aplikaci od nuly, ale může sáhnout do knihovny pro nejvíce podobnou aplikaci, čímž může ušetřit klidně i 80 % času.

Během roku 2021 byly na trh uvedeny první přístroje z nové generace Desigo PXC4 a Desigo PXC5. Nová generace má za cíl:

- Využít všechny zkušenosti a výhody z předchozích generací
- Nabídnout modernější SW nástroje pro ještě rychlejší a snadnější zprovoznění
- Usnadnit a zefektivnit integraci zařízení a systémů třetích stran
- Nabídnout řádově větší možnosti v rámci konektivity pro vzdálený dohled a servis
- Poskytnout řadu funkcí a nástrojů pro větší kybernetickou bezpečnost

Pro účely tohoto článku si více popíšeme kompaktní automatizační stanici PXC4.E16. Ta, stejně jako všechny Desigo stanice, využívá nativní komunikaci BACnet/IP. Jedná se o regulátor pro menší aplikace, ať už jde o kotelnu, domovní předávací stanici nebo vzduchotechnickou jednotku. Díky cenové hladině a dále popsáním vlastnostem je to řešení i do menších aplikací, kde bylo Desigo doposud vnímáno jako cenově nekonkurenceschopné.



Obr. 1 Kompaktní automatizační stanice Desigo PXC4.E16 pro menší aplikace

Kompaktní automatizační stanice PXC4.E16 nabízí 12 vestavěných univerzálních vstupů/výstupů a 4 vestavěné reléové výstupy. Dále je vybavena rozhraním modulové sběrnice pro připojení periferních modulů TXM1, pomocí kterých lze rozšířit kapacitu regulátoru na 40 fyzických vstupů/výstupů. Nutno podotknout, že k cenové optimalizaci došlo i u těchto TXM1 modulů. Další pozitivní vlastností zvyšující konkurenceschopnost i u menších aplikací je vestavěný napájecí zdroj pro napájení periferních modulů.

Dalším obrovským posunem je vestavěné sériové rozhraní pro Modbus RTU. Samozřejmostí je možnost připojit na jednu Modbus RTU linku více přístrojů s různými komunikačními parametry. Stanice je dále vybavena 2portovým Ethernetovým switchem, např. pro připojení ovládacího panelu (HMI) bez nutnosti osazovat v rozvaděči datový switch. Na tomto Ethernetovém rozhraní je kromě nativní komunikace BACnet/IP dostupná také komunikace Modbus TCP.

Stanice PXC4.E16 dále nabízí také WLAN funkcionalitu, tedy po stisku tlačítka na čelním panelu začne vysílat interní WiFi, prostřednictvím které se lze ke stanici připojit třemi způsoby:

- Konfiguračním nástrojem ABT Site
- Webovým prohlížečem k vestavěnému webovému rozhraní (což je další z novinek)
- Mobilní aplikací ABT Go

Zvláště využívání mobilní aplikace ABT Go může na stavbě technikům velice usnadnit testy periférií, protože z ní mohou velice jednoduše číst stavy připojených periférií, ovládat

pohony, klapky a další výstupy – a jednoduše do aplikace zadávat, zda je vše v pořádku či nikoliv.

Další z novinek je dostupná cloudová konektivita, která systémovým integrátorům může velmi usnadňovat vzdálený dohled a servis bez nutnosti zařizovat veřejnou IP adresu nebo realizovat VPN. Prostřednictvím zabezpečeného cloudového přístupu lze k regulátoru přistoupit přímo konfiguračním nástrojem ABT Site nebo webovým prohlížečem k vestavěnému webovému rozhraní.

Jedním z důležitých nástrojů v rámci kybernetické bezpečnosti bude také podpora nového šifrovaného komunikačního standardu BACnet Secure Connect. Přechod na BACnet/SC bude možný aktualizací FW přístrojů (bez nutnosti zásahu do HW) a tato funkcionality bude dostupná během roku 2022.

CLIMATIX – OEM ŘEŠENÍ PRO VÝROBCE

Systém Climatix OEM je volně programovatelný systém pro výrobce HVAC zařízení. Díky komplexní řadě dostupných regulátorů si může každý výrobce zvolit optimální řešení pro jeho HVAC aplikaci – a to jak z pohledu ceny, komunikačních rozhraní, velikosti přístroje atd. Regulátory Climatix poskytují značnou flexibilitu, což dokazuje opravdu široké uplatnění v rozličných aplikacích od regulace vzduchotechnických jednotek, chillerů, kotlů nebo tepelných čerpadel, přes aplikace v dálkovém vytápění až třeba po VAV řešení.

Climatix však není jen a pouze o regulaci, je to celá platforma, která nabízí řadu digitálních služeb, které přináší přidanou hodnotu OEM výrobcí, instalační firmě, servisní organizaci i koncovému uživateli. Všechny regulátory již lze připojit ke cloudové platformě Climatix IC, která podporuje výrobce v jejich digitální transformaci, pomáhá jim posilovat jejich pozici na trhu a umožňuje jim nabízet nové digitální služby.



Obr. 2 Climatix OEM díky svým vlastnostem, flexibilitě a digitálním řešení poskytuje přidanou hodnotu výrobcům i jejich zákazníkům

Regulátory Climatix a cloudová platforma Climatix IC nejsou pouze nástrojem pro vzdálený dohled, je to řešení, které pomáhá shromažďovat a analyzovat data z provozu, která následně umožňují činit kvalifikovaná rozhodnutí pro optimalizaci výkonnosti zařízení během celého jejich životního cyklu.



Obr. 3 Cloudová platforma Climatix IC shromažďuje data a umožňuje jejich další analýzu za účelem optimalizace

PERIFERIE S KOMUNIKACÍ MODBUS

Nedílnou součástí řešení pro HVAC aplikace jsou kromě řídicích systémů také komponenty jako ventily, pohony, čidla, servopohony vzduchotechnických klapek nebo frekvenční měniče. Kromě standardních verzí (s AI, AO, DI nebo DO rozhraními) se stále více a více využívají také verze s komunikací Modbus. Nespornou výhodou používání komponent s komunikací je jednodušší kabeláž a její rychlejší realizace, z čehož plynou finanční úspory. Jak je již naznačeno výše v článku, např. automatizační stanice Desigo PXC4 je vybavena knihovnami, včetně knihoven Modbus přístrojů, díky čemuž může být integrace a zprovoznění velmi rychlé. Samozřejmostí je možnost editace a vytváření vlastních knihoven jak pro Siemens Modbus přístroje, tak pro Modbus přístroje třetích stran.

V určitých případech může být nepříjemná adresace Modbus RTU přístrojů, pokud je na jedné lince více přístrojů se stejnou výchozí adresou. Výhodou většiny Siemens Modbus přístrojů je to, že lze jejich adresu nastavit velmi jednoduše pomocí DIP přepínačů. To je velmi rychlé, a navíc není vyžadováno využívání žádného speciálního SW. Tato výhoda navíc nabude na významu v případě servisu a výměny poškozeného kusu za nový. Tato možnost celý proces servisu zrychluje a snižuje nároky na kvalifikaci pracovníků údržby.

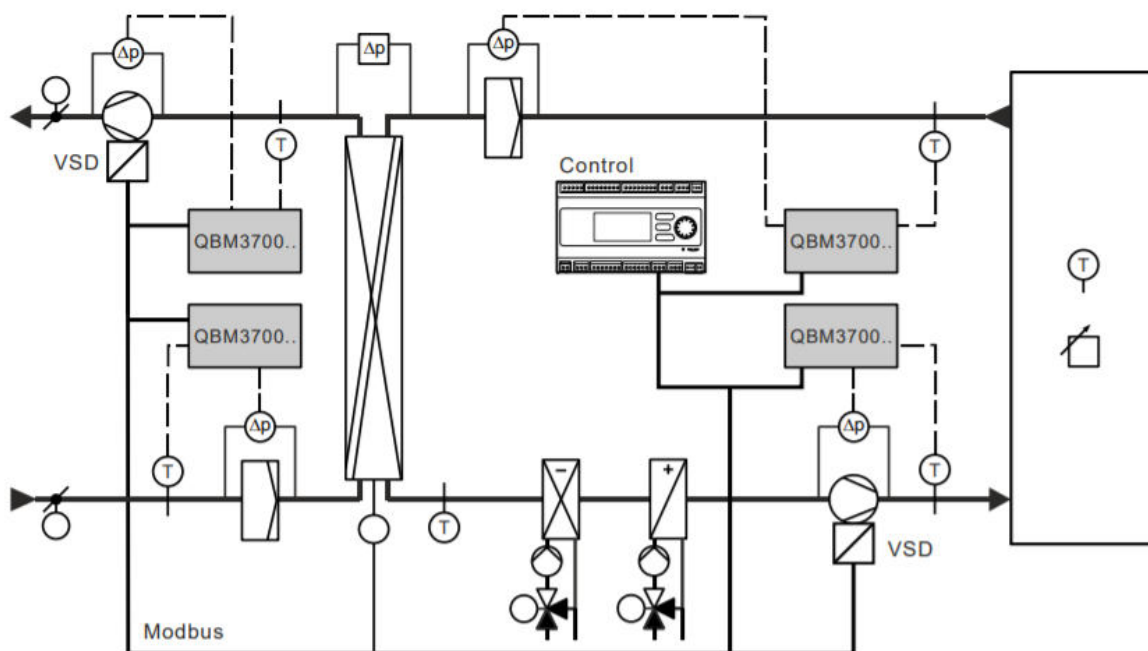
Čidla

Pro účely tohoto článku je vhodné zmínit tři zajímavé skupiny čidel s komunikací Modbus RTU, které jsou využívány ve vzduchotechnických a klimatizačních systémech. V první řadě to jsou kanálová čidla teploty, relativní vlhkosti a kvality vzduchu (CO₂ nebo VOC). Tato

kanálová čidla jsou dodávána v různých kombinacích a často jsou dostupná nejen ve standardním provedení, ale také v provedení s vysokou přesností pro použití ve ztížených okolních podmínkách. Tato čidla lze najít pod názvy QAE, QFM nebo QPM.

Zajímavá mohou být také prostorová čidla jemných prachových částic PM_{2,5} a PM₁₀ s označením QSA2700(D), která jsou vybavena jak výstupy 0–10 V DC, tak komunikací Modbus RTU. Jejich využívání není v našich podmínkách zatím standardem, nicméně v některých speciálních aplikacích může být jejich instalace žádoucí. Kanálová čidla jemných prachových částic QSM21.. jsou dostupné „pouze“ s analogovými výstupy 0-10 V DC.

Třetí zajímavou skupinou jsou čidla diferenčního tlaku QBM3700, které kromě samotného měření diferenčního tlaku nabízejí také dva plnohodnotné analogové vstupy (pro Ni1000, Pt1000, NTC10k) a dva analogové výstupy (0-10 V DC). Jedno čidlo QBM3700 tak prostřednictvím jednoho kabelu a komunikace Modbus RTU zajišťuje pro regulátor až 5 analogových hodnot. Praktické využití – až už s regulátorem PXC4.E16 nebo regulátory Climatix – je vidět na následujícím obrázku.



Obr. 4 Příklad využití čidel diferenčního tlaku QBM3700 s komunikací Modbus RTU

Klapkové pohony

Klapkové pohony s komunikací určené pro vzduchotechnické aplikace jsou dostupné v širokém rozmezí krouticího momentu od 5 Nm do 35 Nm, a to v provedení bez / s havarijní funkcí. Verze 5 Nm / 10 Nm mají Modbus rozhraní integrováno na těle pohonu, ostatní typy využívají externí Modbus rozhraní.

Ventilové pohony

Portfolio pohonů s Modbus RTU komunikací určených pro ventily lze rozdělit do čtyř skupin:

- Pohony pro standardní zdvihové ventily s nízkým zdvihem (SAS61.., SAT61..)
- Pohony pro tlakově nezávislé kombiventily (SAY61.., SAX61.., SAV61..)
- Pohony pro kulové ventily (GDB1x1.9E/MO, GMA161.9E/MO, GLB1x1.9E/MO)

- Pohony pro standardní zdvihové ventily s vysokým zdvihem (SKD62/MO, SKB62/MO)

Frekvenční měniče

Frekvenční měniče G120P se svými vlastnostmi perfektně hodí pro ovládání čerpadel a ventilátorů v HVAC aplikacích. Jejich nespornou výhodou je jejich energetická účinnost. Modulární koncept zaručuje velkou flexibilitu a možnost snadné výměny části měniče. Frekvenční měniče G120P jsou dostupné ve čtyřech variantách lišících se krytím IP20 / IP55 a EMC filtrem třídy A / B. Standardní součástí je komunikace Modbus RTU, USS/RS485 a také BACnet MS/TP.



Obr. 5 Modulární frekvenční měniče G120P optimalizované pro použití v HVAC aplikacích

ZÁVĚR

Siemens je díky širokému portfoliu periferií a řídicím systémům Albatros/RVS, Climatix a Desigo partnerem, který dokáže nabídnout komplexní řešení pro širokou škálu HVAC projektů a aplikací. Trh se však neustále mění a v rámci digitalizace je nutné zákazníkům nabízet neustálé inovace. Siemens tedy dále mohutně investuje do rozvoje portfolia komunikativních periferií, integračních možností svých regulátorů, a hlavně do zcela nových digitálních platform poskytujících zcela nové možnosti v rámci vzdáleného dohledu a servisu. Tyto digitální platformy – ať už se jedná o Desigo Remote Acces nebo Climatix IC – pomáhají rozvíjet nové obchodní modely a nové digitální služby. Mezi tyto služby patří například sběr, trendování, archivace a analýza naměřených dat.

CO JE "ČISTÝ" VZDUCH A JAK HO ZAJISTIT V INTERIÉRU?

Wolf Česká republika s. r. o.

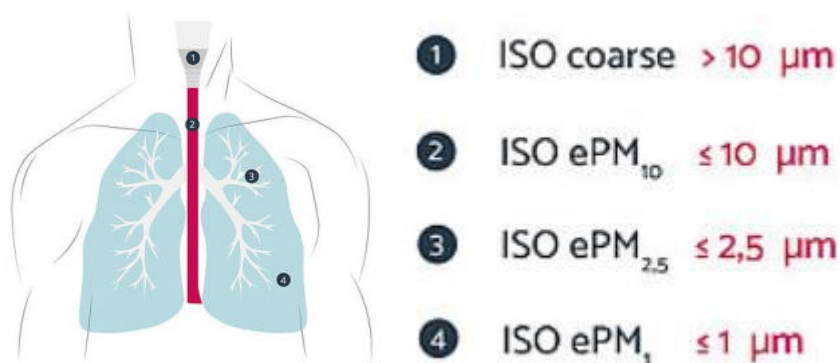
Lidé mají rádi cestování, pobyt v přírodě a na čerstvém vzduchu, ale faktem zůstává, že 90 % času života tráví v uzavřených vnitřních prostorech. Lidské tělo reaguje na změnu teploty a ostatních parametrů vnitřního prostředí velmi citlivě, proto je kvalita vnitřního prostředí velmi důležitá.

Věděli jste, že do našeho organismu denně přijmeme přibližně 1,5 kg jídla, 2 až 3 l tekutin a až 10 tisíc litrů vzduchu?

Co představuje znečištění vzduchu?

Vzduch obsahuje množství větších či menších částic, které jsou škodlivé pro naše zdraví. Jde zejména o mechanické částice jako prach a saze, dále plyny, výpary a zápachy, látky v tekuté formě (například kapénky), a v neposlední řadě i viry a bakterie.

Čím jsou částice menší, tím jsou nebezpečnější – pronikají přes dýchací trubice do plic, případně až do alveolů. Malé mikročástice ($\leq 1 \mu\text{m}$) se dokonce mohou dostat až do krevního oběhu. Znečištěný vzduch může vést k podráždění dýchacích cest, ovlivnit imunitní systém a mít negativní dopad na srdečně-cévní systém člověka.



Obr. 1 Zobrazení pronikání drobných částic do lidského organismu

JAK SE VIRUS ŠÍŘÍ?

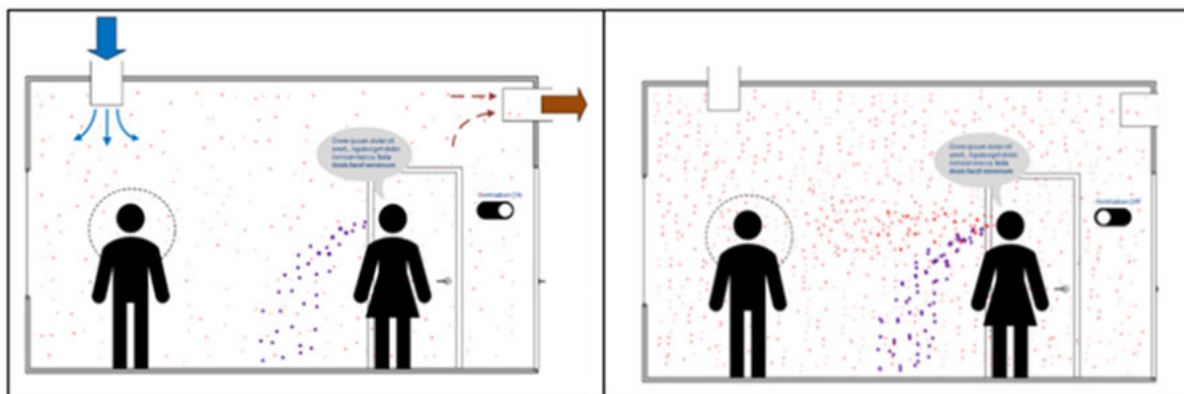
Většina virů (včetně koronaviru) se podle dosavadních zjištění šíří třemi způsoby:

1. rozprašováním kapénkami do vzdálenosti 1 až 2 m (kýchání, kašláni, mluvení, zpěv a podobně)
2. usazováním se na povrchu věcí v interiéru
3. zachytáváním se v aerosolu a následném unášení proudem vzduchu na delší vzdálenosti

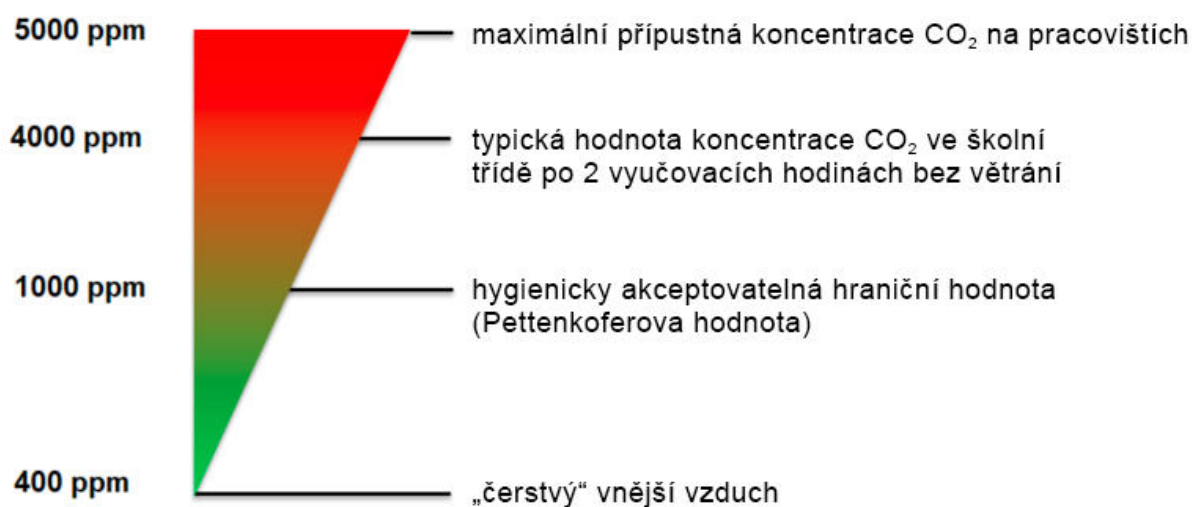
První dva způsoby šíření je možné snížit překrytím obličeje a správnou hygienou. Třetí způsob je možné eliminovat vhodně navrženým a provozovaným vzduchotechnickým systémem.

Čím menší jsou kapénky (aerosoly), tím déle zůstávají ve vzduchu, přičemž ty nejmenší mohou být unášeny i několik hodin, než se usadí na zem nebo na povrchy okolních předmětů. Je velmi obtížné obecně určit, jak dlouho může být aerosol obsahující virus unášený

vzduchem, nebo jakou vzdálenost urazí. Obecně platí, že v menších uzavřených místnostech s nižší hodinovou výměnou vzduchu je riziko přenosu podstatně vyšší než v dobře provětrávaných prostorech. Obrázek níže ilustruje šíření aerosolu během běžné konverzace při zapnuté a vypnuté vzduchotechnice – fialovou barvou jsou označeny kapénky dopadající do vzdálenosti cca 1,5 m – červenou barvou ostatní aerosoly, jejichž koncentrace se podstatně snižuje provětráváním prostoru.



Na rozdíl od kouře a prachu není možné přítomnost aerosolů jednoduše identifikovat, a proto se k určení vysoké koncentrace virů ve vzduchu využívá hodnota CO_2 , která je spolehlivým ukazatelem "nezdravého" vnitřního vzduchu.



Měření koncentrace CO_2 je poměrně jednoduché a v současnosti se používání snímačů oxidu uhličitého, hlavně v prostorech s trvalým pobytem lidí, stává standardem. Snímače se většinou osazují do zóny odváděného vzduchu nebo zóny pobytové.

Pro zajištění čistého vzduchu ve stávajících vzduchotechnických instalacích

Ze způsobů, jakým se viry šíří, by se dalo předpokládat, že proudění vzduchu v prostoru může podpořit šíření COVID-19 nebo jiné nemoci. Avšak opak je pravdou – vzduchotechnické systémy svou činností pročišťují vnitřní prostor, a tím výrazně přispívají k eliminaci koncentrace aerosolů v interiérovém vzduchu. Je proto třeba snížit, resp. vyloučit vnitřní cirkulaci vzduchu a zvýšit intenzitu větrání čerstvým vzduchem. Venkovní vzduch se v souvislosti s výskytem virů považuje za čistý, protože virus potřebuje pro svůj život hostitele, a tedy ve venkovním prostředí nedokáže přežít. Může se sice zachytit na různých částicích (prach, pyl), avšak tyto jsou odfiltrovány na vstupu do vzduchotechnické jednotky.

Účelem vzduchotechnických jednotek je zvýšení užitého komfortu a vytváření zdravého vnitřního prostředí uvnitř větraného objektu. Mezi hlavní funkce patří filtrace vzduchu a tím i eliminace nežádoucích znečišťujících příměsí v něm obsažených, dále pak regulace teploty a vlhkosti uvnitř větraného prostoru. Vzduchotechnické jednotky by měly být navrženy a provozovány v souladu se základními hygienickými zásadami tak, aby nedocházelo k průniku odváděného znečištěného vzduchu zpět do větraného prostoru a bylo zabráněno nežádoucímu množení mikroorganismů uvnitř jednotek. Vzduchotechnické systémy mají přímý vliv na naše zdraví a v důsledku stále se zpřísnujících požadavků na energetickou účinnost budov se stávají nezbytnou součástí staveb.

Vzduchotechnické jednotky představují jednoduchý a bezpečný způsob větrání budov – i v souvislosti se situací týkající se koronaviru. Vzduchotechnické jednotky zajišťují výměnu vnitřního vzduchu za vzduch čerstvý, u kterého je kontaminace viry vysoce nepravděpodobná. Pravidelná údržba v souladu se směrnicí VDI 6022 a správně navržená jednotka hraje při hygienickém provozu vzduchotechnického systému zásadní roli.

Ve stávajících prostorách, kde není možné nainstalovat a provozovat vzduchotechnické jednotky, pomohou čističe vzduchu. Čističe vzduchu jsou rychlým a účinným řešením zajišťujícím optimální čistotu vzduchu v případě, že není možné realizovat dostatečné provětrání prostoru.

Pro čištění vzduchu existují různé technologie, a tudíž i různá zařízení – ať už jde o UV záření, infra záření, ozón nebo filtraci a jiné metody, výběr vhodného zařízení závisí vždy na účelu a místě jeho použití. Některé technologie jsou bezpečnější než jiné a pro zdraví člověka nepředstavují žádná rizika.

Důležitá kritéria pro výběr kvalitního čističe vzduchu

1. Kvalitní čističe musí být schopné zajistit dostatečnou intenzitu provětrání místnosti. K úplné výměně vzduchu by mělo dojít v rámci větrané místnosti minimálně 4x za hodinu, ideálně však alespoň 6x. Při nižších intenzitách provětrání lze zajistit eliminaci částic jako je pyl nebo prach, avšak koncentrace virů zůstává nebezpečně vysoká.
2. Vhodný jemný filtr HEPA podle normy filtru DIN EN 1822: Pojem filtr HEPA není chráněn, což znamená, že mnoho domnělých filtrů HEPA nepřináší to, co slibují. Skutečný filtr HEPA H14 odděluje až 99,995 % aerosolových částic a je certifikován podle DIN EN 1822.
3. Hlučnost: zařízení musí být dostatečně tiché, aby nerušilo přítomné osoby i v prostorech jako jsou školní třídy nebo knihovny. Podle normy VDI 6040 a DIN EN 15251 je maximální možná přípustná hladina akustického tlaku 35 dB(A)*.
4. Navržené ve shodě s normou s VDI 6022: Aby se čističe vzduchu a vzduchotechnické systémy samy nestaly v průběhu času zdrojem znečištění ovzduší, musí být navrženy a vyrobeny odpovídajícím způsobem. Obzvláště důležité je použití vhodných, trvanlivých a snadno čistitelných materiálů. Proto je vždy potřebné hledat čistič vzduchu navržený v souladu s normou VDI 6022.

**Hladina akustického tlaku ve vzdálenosti 1 m podle DIN EN ISO 11203 odpovídající objemovému průtoku 400 až 1200 m³ / h, stanoveno ústavem TÜV SÜD Industrie Service GmbH*

WOLF AIRPURIFIER

PRO HYGIENICKY ČISTÝ VZDUCH V UZAVŘENÝCH PROSTORECH

Současná situace nastoluje extrémní výzvy pro celou společnost a všechny složky hospodářství. Prostory, kde se shromažďuje větší množství lidí, musí splňovat podmínky hygienické nezávadnosti. WOLF přináší rychlé a účinné řešení – čistič vzduchu AirPurifier. Vysoce výkonný profesionální čistič vzduchu WOLF AirPurifier je certifikované zařízení, které je nejtišší ve své výkonnostní třídě. Je ideálním řešením pro místnosti s plochou do 120 m².

Je vhodný zejména pro oblasti s velkou koncentrací lidí v uzavřených prostorech:

- školství (školy, školky a univerzity)
- zdravotnictví (ambulance, čekárny, lékárny, kliniky, pečovatelské domy, Alzheimer centra a jiné)
- gastronomie (kavárny, restaurace a jiné provozovny)
- administrativu (kanceláře, konferenční a zasedací místnosti)
- sport (fitness centra, šatny, haly)

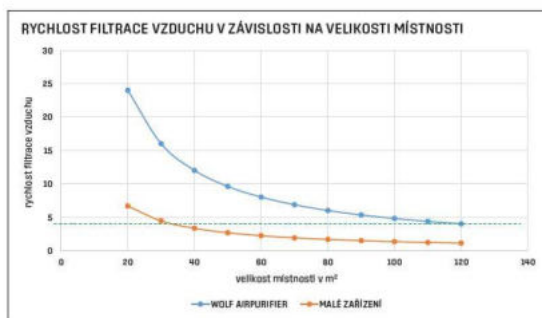
AirPurifier zajišťuje filtraci vzduchu v rámci větraného prostoru. Jako pohon ventilátorů slouží vysoce účinné EC motory. Dvoustupňová filtrace HEPA filtrem a hybridním filtrem (F7+ aktivní uhlí) zajišťuje optimální čistotu vzduchu. Hybridní filtr s aktivním uhlím účinně pohlcuje prach a zároveň eliminuje zápachy.

V čem je výjimečný?

- Rychlost filtrace vzduchu zajišťuje úplné provětrání celé místnosti 4 až 6x za hodinu.
- Účinně likviduje 99,995 % částic jako jsou bioaerosoly (viry, bakterie) a další znečišťující látky pomocí vysoce účinného filtru HEPA H14 (dle DIN EN 1822).
- Eliminace zápachů díky hybridnímu filtru s aktivním uhlím.
- Extrémně tichý chod s hlučností pouze 34 dB (A) při běžném provozu – díky vysoce účinným EC motorům a integrovaným tlumičům hluku.
- Nízká spotřeba energie – při běžném provozu je spotřeba energie nižší než 90 W, což výrazně snižuje provozní náklady zařízení.
- Snímač přítomnosti osob – jednotka běží pouze tehdy pokud jsou ve větraném prostoru přítomni lidé (úspora energie).



- Plug & Play řešení – zařízení stačí pouze jednoduše připojit ke zdroji elektrické energie (zástrčka 230 V a napájecí kabel o délce 3 m) a vše je připraveno k provozu.
- Automatické hlášení nutnosti výměny filtrů.



WOLF AIRPURIFIER

Průtok vzduchu	m³/h	400-1 200
Max. velikost místnosti*** při 6-násobné filtraci vzduchu / h	m²	80
Max. velikost místnosti*** při 5-násobné filtraci vzduchu / h	m²	96
Max. velikost místnosti*** při 4-násobné filtraci vzduchu / h	m²	120
Rozměry ŠxHxV	mm	712 x 508 x 2.354
Hmotnost	kg	195
Hladina akustického tlaku*	dB[A]	28-42
Maximální spotřeba energie	kW	0,275

* Hladina akustického tlaku ve vzdálenosti 1 m podle DIN EN ISO 11203.
 Objemový průtok od 400 do 1 200 m³/h, stanoveno TÜV SÜD Industrie Service GmbH
 *** Při výšce místnosti 2,5 m

Co je ještě dobré vědět o zařízení WOLF AirPurifier:

- Má až 5 stupňů intenzity větrání (150 – 1 000 m³/h). V režimu BOOST pročistí až 1 200 m³/h.
- Je zajištěn ochranou proti překlopení, což je vyřešeno fixací jednotky ke stěně.
- Má robustní a velmi odolnou konstrukci a jednoduché ovládání díky třem provozním režimům (normální, automatický, režim Boost).
- Je energeticky efektivní s nízkou spotřebou energie – v běžném provozu pouhých 74 - 122 W.
- Zařízení plní požadavky dle normy VDI 6022 (hygienická konstrukce).

WOLF AirPurifier je zkrátka okamžité řešení pro zdravé vnitřní prostředí v jakémkoliv objektu.

Každý prostor má svá specifika. WOLF vám navrhne optimální řešení na míru právě pro váš prostor! Více informací o našich produktech a službách si přečtete na web stránce www.czech.wolf.eu.

WOLF. Nastavený na mě.

XROOM UNIKÁTNÍ VĚTRACÍ JEDNOTKA 2in1

XVENT s. r. o.



VÝVOJ

Myšlenka vyrobit větrací jednotku v kombinaci s topným konvektorem vznikla ve společnosti Xvent před cca dvěma lety. Firma Xvent je mladá společnost založená nadšenci pro nová nestandardní řešení v oblasti větrání, vytápění a klimatizace. Jádrem firmy tvoří lidé, kteří v této oblasti pracují 15 a více let a mají tak velmi bohaté zkušenosti.

ZÁKLADNÍ POPIS

Větrací jednotka Xroom je nástěnná jednotka pro větrání jedné místnosti vybavená rekuperací tepla nebo tepla a vlhkosti, kombinovaná s topným konvektorem, a to celé ve velmi kompaktním provedení. Konvektor jednotky nemá funkci dohřívače, ale jde o regulérní topidlo pracující nezávisle na požadavku na větrání. To samé platí pro funkci větrání. Oba systémy pracují nezávisle na sobě.

PRINCIP 2in1

Větrání

Xroom ve funkci větrací jednotky nasává venkovní vzduch plastovým potrubím ve stěně. Čerstvý vzduch jde přes predehřivač a filtr třídy M5 (alternativně F7) do rekuperačního výměníku a za ním je vyfukován přes mřížku do místnosti. Provoz větrací jednotky zajišťuje elektronika, která umožňuje manuální, poloautomatické nebo automatické řízení chodu. Preferované je automatické řízení na základě koncentrace CO₂. Koncentraci hlídá zabudované čidlo, které je standardní výbavou jednotky. To je energeticky nejúspornější provoz při zajištění optimálních podmínek pro pobyt osob v místnosti. Při nárůstu koncentrace CO₂ nad hodnotu 800ppm začne jednotka na minimální výkon větrat a výkon postupně zvyšuje do té doby, dokud se koncentrace CO₂ nezačne snižovat. Více detailních informací o provozních stavech a řízení lze najít na webových stránkách www.xvent.cz. Jednotku lze na přání doplnit o čidlo vlhkosti, které je potřeba při větrání místností s vyšší vlhkostí (starší domy, rekreační

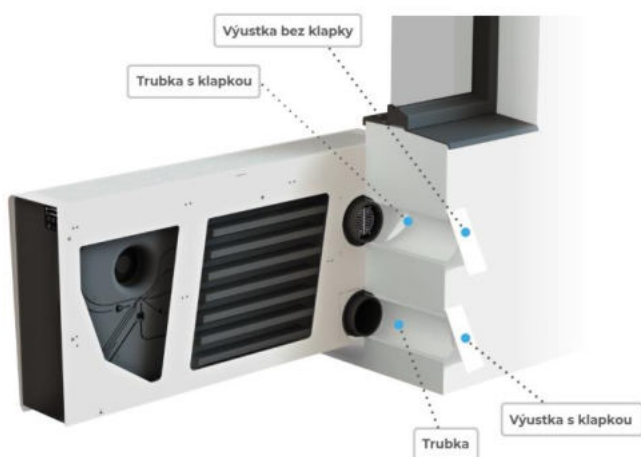
objekty, ...)

Jednotka Xroom se dodává se dvěma typy rekuperačních výměníků. Rekuperátor tepla je výhodný pro vlhké prostory, protože odvádí z větraného prostoru díky kondenzaci par vlhkost, a tak prostor vysouší. Entalpický rekuperátor tepla a vlhkosti vrací do přiváděného vzduchu kromě tepla také kondenzovanou vodu a větraný prostor vysušuje minimálně.

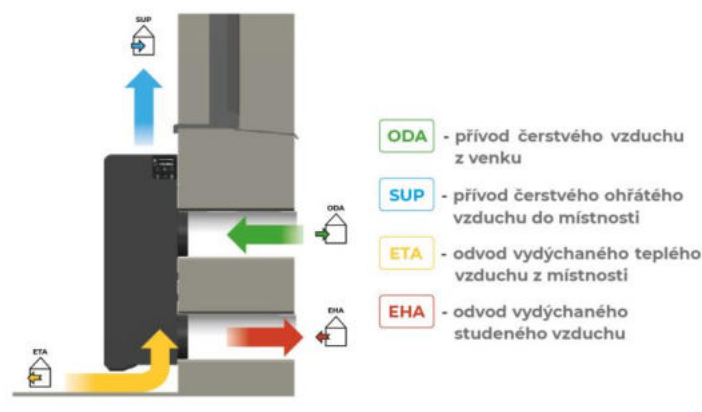
Topení

Xroom ve funkci konvektoru vytápí prostor na požadovanou teplotu. Tepelný výkon konvektoru je podporován minimálním přívodem čerstvého vzduchu. Výměník konvektoru může být vodní nebo elektrický. Vodní výměník se připojuje přes armaturu s termostatickým ventilem, který potom řídí teplotu v prostoru. Elektrický výměník je řízen elektronikou jednotky a vytápí prostor na teplotu nastavenou na ovládacím panelu jednotky.

Oba systémy, jak větrání, tak vytápění pracují nezávisle na sobě.



Obr. 1 Řez stěnou



Obr. 2 Popis proudění vzduchu

TECHNICKÉ ÚDAJE

Jednotka Xroom nemá prakticky konkurenta, co se týká provedení 2in1 (dva v jednom). Ve vzduchových parametrech překonává všechny podobné produkty (v provedení na zeď nebo do zdi) a umožňuje dodávky vzduchu pro 6 až 16 osob při doporučené minimální dávce 15 m³/h/osobu ve standardním režimu. V režimu „boost“ je to pak až 23 osob.

Xroom se vyrábí ve velikosti „100“ a „250“, což odpovídá jejich jmenovitému vzduchovému výkonu. Jednotky Xroom-100 jsou vhodné pro rezidenční objekty, hotelové a nemocniční pokoje, menší kanceláře a podobně. Jednotka Xroom-250 je vhodná do větších prostor, kde je počet osob v místnosti až 16 při dodržení doporučené dávky vzduchu 15 m³/h/osobu. Díky režimu „boost“ lze potom nárazově rychle vyvětrat množstvím vzduchu 350 m³/h.

Tab. 1 Technické parametry všech variant jednotek Xroom-100

Řada		XR1-010- ECS0HRX...	XR1-010- ECV1HRX...	XR1-010- ECE1HRX...	XR1-010- ECS0HRP...	XR1-010- ECV1HRP...	XR1-010- ECE1HRP...
typ rekuperačního výměníku		HRV s teplotní účinností					
Vybavení jednotky	předehřev	-	-	-	elektrický	elektrický	elektrický
	dohřev	-	vodní	elektrický	-	vodní	elektrický
Nominální vzduchový výkon / BOOST*	m ³ /h	100 / 215					
Tepelný výkon (rozsah) ohřevu**	kW	-	0,33 - 1,38	0,5	-	0,33 - 1,38	0,5
Hladina hluku***	dB(A)	32,1					
Hmotnost****	kg	16,3	18,3	19,3	16,8	18,8	19,8
Objem vody ve výměníku	l	-	0,51	-	-	0,51	-
Napájení jednotky	V / Hz	1 ~ 230 / 50-60					
Nominální příkon jednotky / BOOST*	W	30 / 167	30 / 167	530 / 667	300 / 437	300 / 437	800 / 937
Nominální proud jednotky / BOOST*	A	0,3 / 1,32	0,3 / 1,32	2,5 / 3,5	1,5 / 2,5	1,5 / 2,5	3,7 / 4,7
Účinnost zpětného získávání dle EN 308	tepla	až 87					
	vlhkosti	-	-	-	-	-	-
Druh krytí	IP	20					
Třída energetické účinnosti (ERP)		chladné klima A+, střední klima A, teplé klima A					

Tab. 2 Technické parametry všech variant jednotek Xroom-250

Řada		XR1-010- ECS0ERX...	XR1-010- ECV1ERX...	XR1-010- ECE1ERX...	XR1-010- ECS0ERP...	XR1-010- ECV1ERP...	XR1-010- ECE1ERP...
typ rekuperačního výměníku		ERV s teplotní a vlhkostní účinností					
Vybavení jednotky	předehřev	-	-	-	elektrický	elektrický	elektrický
	dohřev	-	vodní	elektrický	-	vodní	elektrický
Nominální vzduchový výkon / BOOST*	m ³ /h	90 / 205					
Tepelný výkon (rozsah) ohřevu	kW	-	0,29 - 1,24	0,5	-	0,29 - 1,24	0,5
Hladina hluku**	dB(A)	32,1					
Hmotnost***	kg	16,3	18,3	19,3	16,8	18,8	19,8
Objem vody ve výměníku	l	-	0,51	-	-	0,51	-
Napájení jednotky	V / Hz	1 ~ 230 / 50-60					
Nominální příkon jednotky / BOOST*	W	30 / 167	30 / 167	530 / 667	300 / 437	300 / 437	800 / 937
Nominální proud jednotky / BOOST*	A	0,3 / 1,32	0,3 / 1,32	2,5 / 3,5	1,5 / 2,5	1,5 / 2,5	3,7 / 4,7
Účinnost zpětného získávání dle EN 308	tepla	až 90					
	vlhkosti	až 85					
Druh krytí	IP	20					
Třída energetické účinnosti (ERP)		chladné klima A+, střední klima A, teplé klima B					

Instalace a servis

Jednotky Xroom jsou konstruovány tak, aby byly jednoduché na údržbu, servis i instalaci. Montáž velmi zjednodušuje nízká hmotnost jednotky díky použitým materiálům a šablona, která je součástí dodávky a slouží jednak k přesnému vyvrtání otvorů pro přívod a odvod vzduchu, jednak k montáži jednotky na stěnu. Viz také instruktážní video na <https://youtu.be/NIB5c8hkMvU>.

Servis spočívá pouze v pravidelné výměně filtrů, na kterou jednotka sama upozorní.

ZÁVĚR

Jednotky Xroom kromě popsaných vlastností dokážou nahradit v místnosti topná tělesa a tím ušetřit místo. Přestože jsou jednotky prostorově nenáročné mají vysoký vzduchový výkon i tepelný výkon. Díky použití kvalitních komponent se jednotka vyznačuje nízkou hlučností a splňuje energetické nároky třídy A+.

OVZDUŠÍ A ZDRAVÍ

Petr Hrubý

TROX KS Filter s. r. o.

petr.hruby@troxgroup.com

ÚVOD

Bylo prokázáno, že jemné částice prachu ve venkovním ovzduší ohrožují zdraví. Existují důkazy, že vysoký obsah pevných částic zvyšuje riziko vzniku demence, Parkinsonovy choroby, epilepsie nebo migrény, případně postižení mrtvicí.

VE VZDUCHU ČÍHÁ NEBEZPEČÍ

Ohrožení zdraví nevyplývá pouze z nebezpečí vystavení virům ve vnitřním prostředí nebo z možného snížení výkonnosti kvůli příliš vysoké úrovni CO₂. Rostoucí znečištění venkovního ovzduší na mnoha místech vede k onemocněním dýchacích cest a k poškození kardiovaskulárního systému.

Podle kardiologa Thomase Münzela byla ve vzorcích jemného prachu ze severní Itálie zjištěna RNA viru SARS-CoV-2. V časopise Cardiovascular Research zveřejnili studii, která uvádí, že přibližně 15 % úmrtí na COVID-19 je způsobeno znečištěním ovzduší. „Jakmile se spojí dlouhodobé vystavení osob znečištěnému ovzduší s nákazou virem, vzniká další nepříznivý zdravotní účinek způsobující vyšší náchylnost k onemocnění COVID-19,“ uvedl Münzel.*

*Zdroj Spiegel

ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ A OHROŽENÍ ZDRAVÍ

Podle výpočtů Centra pro výzkum energetiky a čistého ovzduší (CREA) vede znečištění ovzduší celosvětově k 4,5 milionům předčasných úmrtí ročně a vyvolává roční náklady ve výši 2,9 miliard USD (asi 2,7 miliard EUR). Jen v Číně samotné se udává 1,8 milionu zemřelých, v Indii je toto číslo na jednom milionu. Celosvětové náklady na řešení důsledků znečištění ovzduší se denně pohybují kolem 8 miliard USD (asi 7,3 miliardy EUR), což představuje přibližně 3,3 % celosvětové ekonomické produkce.

NEJVĚTŠÍ POKLES CO₂ ZA POSLEDNÍCH 60 LET V DŮSLEDKU PANDEMIE KORONAVIRU

Opatření přijatá mnoha zeměmi k omezení pandemie koronaviru drasticky snížila globální emise oxidu uhličitého – v určité době až o 17 %. V Německu byl pokles ještě vyšší, a sice o 26 %. Toto jsou klíčová zjištění studie 13 vědců zabývajících se klimatem na mezinárodní úrovni, publikované ve vědeckém časopise Nature Climate Change.

Podle Evropské agentury pro životní prostředí (EEA) zlepšila pandemie také kvalitu ovzduší v Evropě se snížením znečišťujících látek v mnoha evropských zemích až o 60 %.

JSOU VŠAK STANOVENY NEVYHNUTELNÉ VYŠŠÍ CÍLE

Zpráva „Kvalita ovzduší v Evropě – zpráva za rok 2019“ analyzovala kvalitu ovzduší v Evropě od roku 2000 do roku 2017. Studie přezkoumala pokrok podle směrnice EU o kvalitě ovzduší a prováděcích pokynů k této směrnici.

Koncentrace pevných částic (PM) nadále překračovaly limity stanovené EU v řadě zemí: v 22 % z 2 886 monitorovacích stanic, v 17 z tehdejších 28 zemí EU a v 6 dalších zemích, které rovněž poskytovaly údaje.

Tab. 1 Útlum činností

Emise CO₂ v Německu (změna v % oproti normální úrovni)

Zdroj: *Le Quéré et al. Nature Climate Change 2020; Global Carbon Project [DER SPIEGEL]*



Koncentrace pevných částic (PM_{2,5}) nad ročním limitem byly naměřeny v 7 % členských států EHS (což odpovídá 7 zemím) a v 3 dalších účastnících se studie.

Dlouhodobé cílové hodnoty pevných částic PM₁₀ byly překročeny na 51 % monitorovacích stanic a ve všech státech, které poskytovaly údaje, kromě Estonska, Irska, Finska a Norska. Celkem 17 % městské populace je vystaveno hodnotám pevných částic (PM₁₀) nad stanoveným limitem a 44 % je vystaveno znečištění přesahujícímu přísnější cílové hodnoty WHO.

Z hlediska znečištění pevnými částicemi PM_{2,5} bylo 8 % členských zemí EU nad limitem a přibližně u 77 % z nich přesahovaly hodnoty znečištění ovzduší cílovou hodnotu WHO.

Od dosažení cílů WHO a EU a usnesení celosvětových konferencí o klimatu nás tedy dělí ještě dlouhá cesta.

PODLE NOVÉ STUDIE JE ALE VZDUCH V EVROPĚ STÁLE ČISTŠÍ

Kvalita ovzduší na kontinentu se za posledních několik let znatelně zlepšila, uvádí EHS ve své publikaci. Odhaduje se, že mezi lety 2009 až 2018 každoročně zemřelo předčasně v důsledku vystavení pevným částicím téměř o 60 000 lidí méně.

Přesto se odhaduje, že každý rok zemře v důsledku znečištění ovzduší pevnými částicemi, oxidem dusičitým a přízemním ozonem více než 400 000 lidí.

Emise klesly zejména v odvětví dopravy a v energetickém sektoru. V odvětví dopravy se emise znečišťujících látek, jako je oxid dusičitý, od roku 2000 i přes zvýšenou poptávku po

mobilitě prokazatelně snížily. V energetickém sektoru je podle studie EHS snížení emisí výrazné.

V SOUČASNOSTI STOUPAJÍ POČTY ÚMRTÍ ZPŮSOBENÉ OZÓNEM

Zatímco úmrtnost vlivem NO₂ v celé Evropě klesla ve srovnání s rokem 2009 o více než polovinu, zvýšil se o pětinu počet úmrtí způsobených ozónem.

NIKDY PŘEDTÍM NEBYLO V OVZDUŠÍ TOLIK CO₂

Díky své vysoké koncentraci v ovzduší je oxid uhličitý po vodní páře nejrozšířenějším plynem v atmosféře. Globální koncentrace oxidu uhličitého se od počátku industrializace zvýšila o dobrých 44 % a v současné době je vyšší než kdykoli předtím.

ZDRAVÉ OVZDUŠÍ VE ŠKOLÁCH

Koronavirus je výzvou pro studenty i pro pedagogy. Jsou to právě učebny, kde se mohou aerosoly kontaminované virem šířit a setrvávat ve vnitřním ovzduší několik hodin. Z tohoto důvodu jsou všechny školy v Německu povinny své učebny pravidelně větrat.

V praxi to často není možné. Kvůli konstrukčním a tepelným podmínkám postačuje pouhé otevírání oken k zajištění nezbytné výměny vzduchu jen ve velmi málo případech. Instalace systému přívodu čerstvého vzduchu je na druhé straně spojena s konstrukčními úpravami. Díky tomu jsou mobilní čističky vzduchu ideální alternativou k ochraně proti aerosolům kontaminovaným virem uvnitř učeben.

VYBAVENÍ ŠKOL V NEUKIRCHEN-VLUYNU

Neukirchen-Vluyn v září 2020. Prvních deset čističek vzduchu pro vnitřní prostředí bylo dodáno do škol v německém Neukirchen-Vluynu. Starosta Harald Lenßen se již v létě poohlížel po vhodném vybavení a dokázal přesvědčit městskou radu, aby jej zakoupila. „S čističkami vzduchu zajišťujeme našim žákům a jejich učitelům větší bezpečnost,“ řekl tehdy Lenßen. Dalších 280 čističek vzduchu TROX bylo nainstalováno do škol v Norimberku.

ČISTIČKY VZDUCHU TROX – BEZPEČNÉ NEZÁVISLÉ ŘEŠENÍ

Čistička vzduchu TROX je rychlé a především tiché řešení pro větší bezpečnost ve školách. Samostatnou jednotku lze snadno nastavit a spustit. Je natolik účinná, že i na nízký výkon dokáže dobře fungovat v učebnách střední velikosti.

Jako recirkulační jednotka nenahrazuje větrání, ale je dobrým doplňkem umožňujícím prodloužení intervalů větrání, takže větrání otevřením oken, které je v zimě obzvláště nepříjemné, může probíhat během přestávek. Ideální by byla modernizace s použitím ventilačních systémů s přívodem čerstvého vzduchu.

ČISTIČKY VZDUCHU TROX AIR PURIFIER

Bezpečné řešení proti virovým aerosolům.

V uzavřených místnostech, ve kterých dýchají a mluví lidé, se ve vzduchu hromadí aerosoly. Tyto aerosoly mohou přenášet viry. Podle Institutu Roberta Kocha se tak stávají hlavním přenašečem viru COVID-19. Pokud nelze zajistit přívod čerstvého vzduchu, pak se tyto virové částice vznášejí ve vzduchu, často po celé hodiny.



Obr. 1 Čistička vzduchu TROX AIR PURIFIER



Pomocí čističky vzduchu TROX AIR PURIFIER můžete minimalizovat riziko přenosu virů vzduchem v nedostatečně větraných místnostech bez nutnosti složité instalace. Jednoduše zařízení nastavíte a spustíte. Jednotka odfiltruje více než 99,95 % všech virových aerosolů i ve velkých místnostech. Je to proto, že čistička TROX AIR PURIFIER nabízí obzvláště vysokou rychlost výměny vzduchu. Navíc je tišší a energeticky úspornější než ostatní srovnatelná zařízení. Jednotka tak může dodávat vysoký větrací výkon, aniž by vznikal průvan. Toto také zabraňuje rozptýlu virů od infikované osoby přímo se vzduchem vypouštěným do místnosti.

Obr. 2 Ilustrace proudění vzduchu v TROX AIR PURIFIER

Dvoufázový vysoce výkonný filtrační systém TROX čistí vzduch a odfiltruje více než 99,95 % všech koronavirů. Vysoce výkonný filtr H13-HEPA se zde používá v podstatě stejným způsobem, jako se používá k čištění vzduchu například v operačních sálech. Následné tepelné nebo UV ošetření není nutné, protože se viry ve filtru rychle deaktivuje.

Čistička vzduchu TROX AIR PURIFIER je schopna přefiltrovat až 1 600 m³ za hodinu. Více nezvládne žádné jiné zařízení této kategorie! I při středním výkonu jednotka TROX AIR PURIFIER účinně a tiše odstraňuje viry ve velkých místnostech, např. v restauracích nebo konferenčních místnostech. Díky patentované zvukové izolaci je čistička vzduchu TROX AIR PURIFIER tišší než jakékoliv jiné srovnatelné zařízení. Za normálního provozu (objemový

průtok 1 000 m³/h) je zhruba stejně tichá jako ventilátor počítače, a je tak ideální pro provoz ve školách nebo v kancelářích.

Na rozdíl od běžných plochých filtračních panelů mají filtrační plochy v jednotce TROX AIR PURIFIER velké rozpětí. Zařízení má celkovou filtrační plochu 47 m². Díky velikosti a instalovanému předfiltru lze HEPA filtr používat podstatně delší dobu a nemusí se měnit několik let, ani když je používán nepřetržitě.

Čističku vzduchu TROX AIR PURIFIER lze bez obav provozovat nepřetržitě. Navzdory svému vysokému výkonu spotřebovává velmi málo energie. Díky úsporným motorům a velkým filtračním plochám zařízení průměrně spotřebuje méně než 100W žárovka.

OD ŠPIČKY NA TRHU VZDUCHOTECHNIKY

Čističky vzduchu nabízí mnoho výrobců. Pro tichý provoz ve velkých místnostech je však vhodných jen několik. Pracovníci společnosti TROX jsou odborníci na vzduchotechniku. Jako lídr na německém trhu máme desítky let zkušeností s rozváděním vzduchu v interiéru a použitím HEPA filtrů. Svými dovednostmi a schopnostmi přispíváme asociacím vědeckým orgánům. Přinášíme inovace v tomto odvětví a uplatňujeme nejnovější poznatky výzkumu viru COVID-19. Z tohoto důvodu přesně víme, jak je třeba navrhnout čističku vzduchu, aby poskytovala maximální bezpečnost a účinnost.

VÝSLEDKY

- Odfiltrují 99,95 % všech virů
- Ideální pro velké místnosti
- Velkoplošný rozvod vzduchu nad prostorem obsazeným lidmi
- Ultratichý chod
- Odolný filtr HEPA -13
- Mimořádně energeticky úsporné
- Kombinace filtru HEPA -14
- Stačí je nastavit a spustit

Dvoustupňový vysoce výkonný filtrační systém TROX odfiltruje více než 99,95 % všech virů obsažených ve vzduchu, a to tiše a úsporně.

ZÁVĚR

Koronavirus se stal součástí našich životů. Vývoj zařízení pro prostory s větší kumulací osob, kde se mohou aerosoly kontaminované virem šířit a setrávat ve vnitřním ovzduší několik hodin, se stal prioritou v našem oboru. Mobilní čističky vzduchu jsou ideální alternativou k ochraně proti aerosolům kontaminovaným virem uvnitř učeben, kanceláří, ambulancí a dalších prostorů.

S čističkou vzduchu TROX snižujete riziko přenosu v nedostatečně větraných místnostech na minimum, a to bez složitých instalací. Stačí jednoduše zařízení nastavit a spustit.

LITERATURA

[1] Čerpáno z TROX life magazine č. 17

Řízené větrání s rekuperací tepla Zehnder. Perfektní řešení každé stavební situace

Od novostavby pasivního domu po rekonstrukci, od jednopokojového bytu po velký objekt – rozsáhlé portfolio produktů pro komfortní větrání Zehnder nabízí perfektní řešení pro každou stavební situaci. Společně s Vámi sestavíme nejvhodnější systém – od dimenzování správného výkonu větrací jednotky po ideální rozvody vzduchu.



Centrální systém

Princip funkce komfortního větrání na příkladu rodinného domu

- ① Čerstvý vzduch se dostává do systému otvorem v obvodové stěně. Volitelně proudí zemním výměníkem tepla Zehnder ComfoFond-L Q, který využívá teplo země k předehřátí venkovního vzduchu.
- ② Větrací jednotka Zehnder ComfoAir Q získává z odváděného vzduchu až 95 % energie zpět a předává ji čerstvému vzduchu. Pomocí volitelných komponent lze vzduch zvlhčovat a odvlhčovat, ohřívat a temperovat.
- ③ Systém rozvodu vzduchu Zehnder ComfoFresh přivádí podle potřeby do jednotlivých místností optimálně temperovaný čerstvý vzduch. Odváděný vzduch se odvádí ven. Množství vzduchu lze nastavit individuálně pro každou místnost.

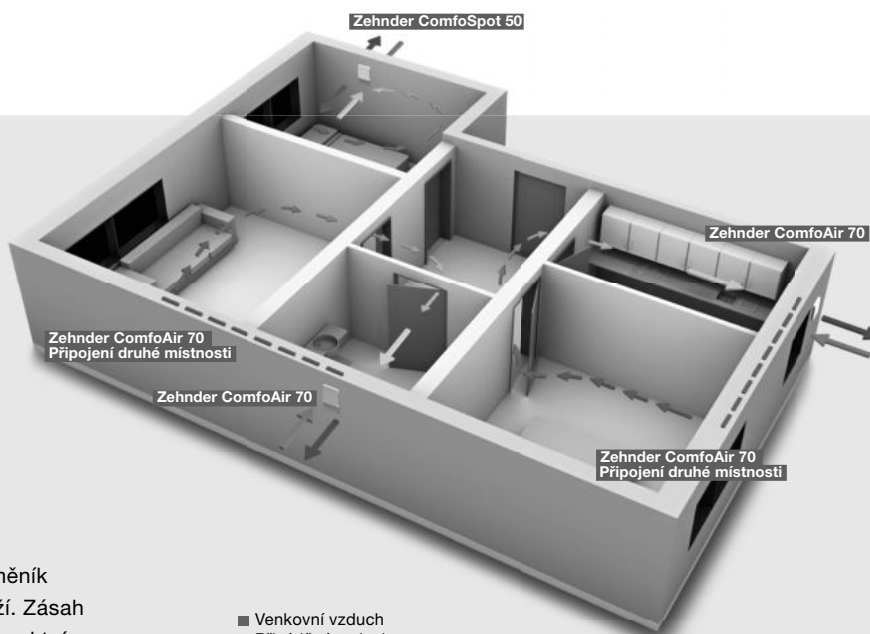
Decentrální systém

Příklad rekonstrukce

Zde se větrá jedna místnost (s možností připojení druhé) bez použití centrálního systému rozvodu vzduchu. Díky použití kompaktních větracích jednotek Zehnder ComfoSpot 50 nebo ComfoAir 70 se uplatní všechny výhody komfortního větrání (rekuperace tepla, rekuperace vlhkosti, optimální větrání) a maximální energetická účinnost.

Snadná montáž

Obě jednotky mají omyvatelný entalpický výměník a vyznačují se jednoduchou a rychlou montáží. Zásah do bytového prostoru je minimální – díky kompaktním rozměrům se jednotky ideálně integrují do místnosti. Vysoce kvalitní ventilátory a kvalitní izolace zajišťují velmi tichý provoz.



- Venkovní vzduch
- Přiváděný vzduch
- Odváděný vzduch
- Odvětrávaný vzduch

Zehnder ComfoAir Q. Komfortní splnění energetických standardů

Pro splnění legislativních požadavků potřebují projektanti nejnovější technologie s co nejvyšším potenciálem úspory energií. Svými vlastnostmi splňují modely větracích jednotek Zehnder ComfoAir Q ve třech oblastech: energetické účinnosti, účinnosti rekuperace tepla a ovládání nejen dnešní evropské energetické standardy – ale často je dokonce překonávají. Díky svým inovativním technologiím má Zehnder ComfoAir Q nejvyšší energetickou účinnost¹⁾ a nejnižší spotřebu energie ve své třídě. To vše Vám pomůže při plánování nejkomfortnějších a energeticky nejúčinnějších budov budoucnosti.



Nejlepší třída energetické účinnosti A+²⁾
u komfortních větracích jednotek Zehnder

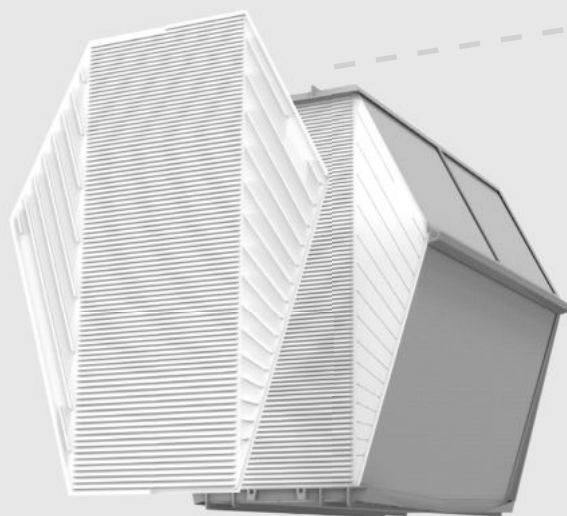
¹⁾ Podle metody měření PHI 90% rekuperace tepla s SFP 0,28 Watt/m³/h při 270 m³/hod.

²⁾ Podle zvolené ovládací jednotky/senzoriky.

Detailní informace na www.zehnder.cz

+ VÝHODA

Zehnder ComfoAir Q díky vysoké účinnosti zpětného získávání tepla snižuje náklady na vytápění o 38% ve srovnání s průměrnými konkurenčními výrobky.



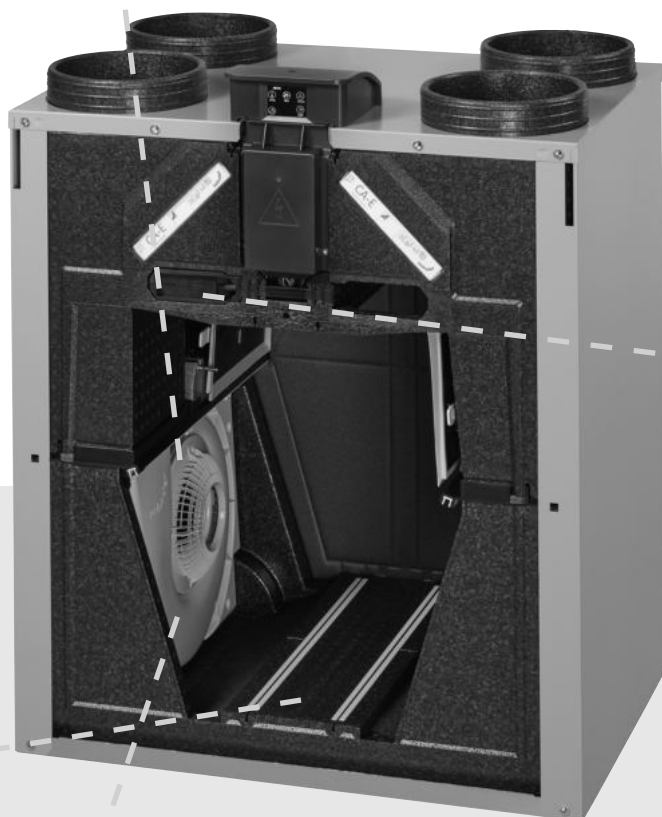
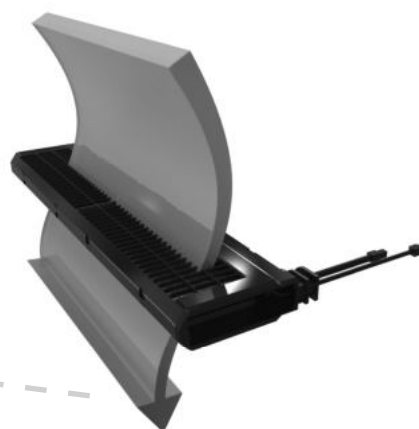
Unikátní, vysoce účinný výměník tepla – pro nejvyšší energetickou účinnost

Unikátní výměník tepla ve tvaru diamantu má mimořádně velkou předávací plochu a dosahuje tak vyšší účinnosti rekuperace tepla. Variabilní výšky kanálů zajišťují rovnoměrné proudění a nižší tlakové ztráty. Díky tomu je třeba na překonání odporu vzduchu méně energie.



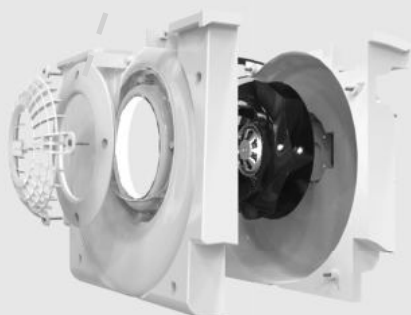
Inovativní zajištění konstantních průtoků vzduchu – pro maximální účinnost rekuperace tepla

Nové a patentované: Inovativní technologie čidel automaticky zajišťuje vyvážené množství přiváděného a odváděného vzduchu. Toto ovládání průtoku vzduchu Flow Control zaručuje maximální účinnost rekuperace tepla. Navíc ušetříte čas během uvádění do provozu, protože vyvážení vzduchových množství probíhá automaticky, otáčky nemusíte nastavovat manuálně.



Intelligentní předehřívání přiváděného venkovního vzduchu – pro optimální energetickou účinnost

Modulační registr předehřevu se perfektně přizpůsobí teplotě, objemovému průtoku a vlhkosti vzduchu a zajišťuje potřebnou teplotu přiváděného venkovního vzduchu pro energeticky účinný provoz za všech venkovních teplot. Díky velkému povrchu a tvaru „Delta“ je tlaková ztráta zanedbatelně nízká. To ještě více snižuje spotřebu elektrické energie.



Nejnovější technologie ventilátorů – pro tichý, energeticky úsporný provoz

Předsazené usměrňovací mřížky, spirálový plášť a rotor ebm-papst RadiCal zajišťují optimální proudění vzduchu. Tím je zaručen nejen velmi tichý provoz, ale také obzvlášť nízká spotřeba elektrické energie. Takové je naše vysoce kvalitní a inovativní řešení, které vychází z ověřených technologií.

Jak zabránit přehřívání interiéru. Nabízí se systém rovnotlakého větrání s účinnou rekuperací chladu

Přehřívání domů a bytů, k němuž dochází jako vedlejší efekt postupného zvyšování venkovních teplot vlivem změny globálního klimatu, se dnes stalo větším „strašákem“ než snaha o jejich vytápění. Využití větrání s rekuperací chladu o vysoké účinnosti podstatně snižuje riziko nadměrného zahřátí interiérů v letních dnech.



Větrací jednotka Zehnder ComfoAir Q s certifikací Passive House pro teplá podnebí. Díky vysoké účinnosti zpětného získávání chladu a efektivnímu modulačnímu bypassu pro ventilační chlazení poskytuje vysoký komfort větrání také za horkých letních dnů.

Přítom problém přehřívání dnes dokáže významně ovlivnit ekonomiku provozu domácností žijících jak v bytech, tak v rodinných domech. Patrný je zejména ve městech neboli v téměř jakémkoliv urbánním prostředí, kde dochází ke vzniku tepelných ostrovů.

Tepelné ostrovy

Chybějící zeleň, velké betonové či asfaltové plochy ulic a náměstí, stejně jako množství skleněných fasád způsobují, že ve městech nedochází k ochlazování prostřednictvím odpařování vlhkosti z půdy. Města tak sama ve dne absorbují teplo a vyzařují a podílejí se na výše zmíněném efektu přehřívání budov. V zalidněných oblastech se předpokládá, že efekt městských tepelných ostrovů způsobuje nárůst teploty až o 8 stupňů.

Nástroje proti přehřívání

Měření paradoxně ukazují, že tepelná izolace, jejíž účelem je primárně chránit budovy před úniky tepla z interiéru, jako ochrana proti přehřívání nemusí vždy fungovat. Svojí roli ale hraje i barva fasády či střešní krytiny. Vysoké exteriérové teploty mění její účinnost. Efektivnější jsou kupříkladu venkovní žaluzie nebo tradiční nástroj – klimatizace.

Jak (ne)funguje klimatizace

Klimatizace odstraňuje mnoho nevýhod spojených s otevřeným oknem, ale zároveň přináší také řadu nových nevýhod, a to jak pro jednotlivé uživatele, tak pro společnost jako celek. Jedná se o energeticky náročnou a nákladnou alternativu, která, vzhledem ke své vysoké spotřebě energie, má za následek dodatečné emise CO₂. Klimatizace také nevyměňuje vnitřní vzduch, protože ten cirkuluje stále dokola. Jeho výměna pomocí tradičního větrání otevřenými okny naopak způsobí, že se do interiéru dostává přehřátý venkovní vzduch. Navíc rostoucí poptávka po běžném

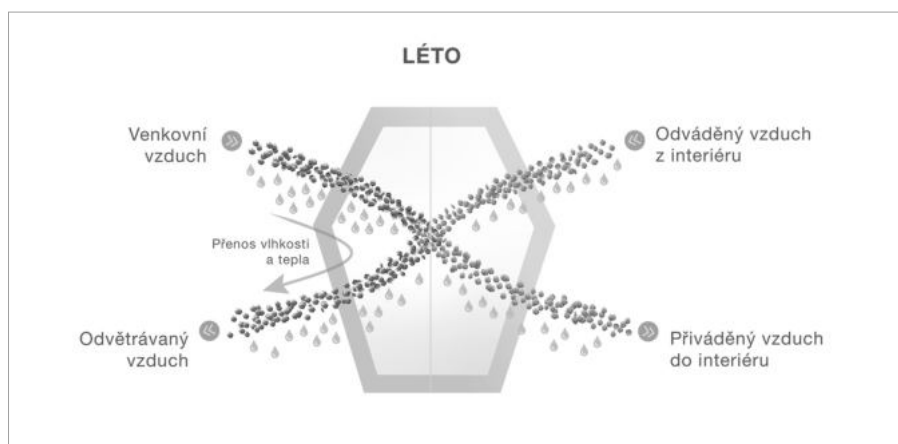
způsobu chlazení, a zejména klimatizaci, má za následek mnohem větší spotřebu elektřiny, což ještě více zesiluje skleníkový efekt a defacto posiluje nežádoucí trendy globálního oteplování zmíněné v úvodu.

Stop přehřívání

Ideálním přístupem je vzít v úvahu všechny dostupné metody již ve fázi návrhu a výstavby domu. To zahrnuje orientaci domu vůči slunci, výsadbu stromů, stavbu střešních přesahů a zahrnutí ochrany proti slunci (konstrukční, přírodní nebo formou žaluzií), méně skla na fasádě a větrání během letních nocí (konstrukční). Jako velmi účinné a efektivní řešení se jeví systém řízeného větrání s možností rekuperace chladu.

Rovnotlaké větrání s účinnou rekuperací chladu

Zehnder proto jako alternativu pro vypořádání se s těmito problémy nabízí zdravou, i energeticky úspornou metodu rovnotlakého větrání. Tento systém výměny vzduchu dodává čerstvý venkovní vzduch, filtruje jej a upravuje na komfortnější teplotu a vlhkost pro použití v domácnosti. Množství aktivně přiváděného čerstvého venkovního vzduchu a aktivně odváděného použitého vnitřního vzduchu je naprosto stejné, jinými slovy vyvážené.



V létě dochází k odvodu tepla (a vlhkosti u jednotek s entalpickým výměníkem) z venkovního vzduchu dříve, než je přiveden do interiéru.



*Modulační bypass – velká technologická výhoda řešení Zehnder
– nastavuje „inteligentním“ způsobem úroveň zpětného získávání tepla a chladu.*

Další produkty a příslušenství Zehnder

Pro ještě vyšší komfort bydlení nabízí Zehnder zařízení, umožňující ochlazování nebo ohřívání přiváděného čerstvého vzduchu – představujeme ve fotogalerii.

Téma ochlazování rodinného domu v létě pomocí řízeného větrání bylo také obsahem webináře.

Podívejte se na detaily řešení Zehnder a představení nejpodstatnějších výhod.



Více k tématu na: zehnder.cz/climate-switch

Větrací jednotka s certifikací pro teplá podnebí

Jako konkrétní řešení přináší Zehnder větrací jednotku ComfoAir Q, která získala jako první nový druh certifikace pro teplá podnebí od Passive House Institute, a to díky vysoké efektivitě zpětného získávání chladu až 87 % a účinnému bypassu pro ventilační chlazení.

Jednotka zajišťuje, samozřejmě vedle možnosti rekuperace tepla, právě i rekuperaci chladu díky velké ploše výměníku ve tvaru diamantu. Velkou konkurenční výhodou je

využití modulačního by-passu s možností jemného nastavení míry zpětného získávání tepla/chladu. Automatická regulace větrání obstará přívod vzduchu s teplotou, která komfortně optimalizuje tepelnou pohodu uvnitř objektu. Jinými slovy, pomůže tedy k ohřátí, případně ochlazení interiéru na základě informací z teplotních a vlhkostních čidel a paměťového bloku jednotky. Tato unikátní technologie adaptivního řízení komfortní teploty Climate Switch zajistí stabilní vnitřní klima vysoké kvality po celý rok. To vše samozřejmě za podpory topného a případně chladicího systému.



Snadno instalovatelným prvkem za větrací jednotku je výměník Zehnder ComfoPost pro dohřev, dochlazování a odvlhčování vzduchu.



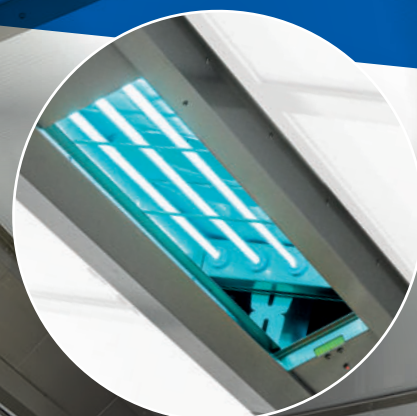
Solankový zemní výměník tepla Zehnder ComfoFond-L Q využívá obnovitelné energie ze země pro ochlazování přiváděného venkovního vzduchu v létě a jeho předehřev v zimním období.



Systém větrání při použití Zehnder ComfoAir Q bude možné od počátku roku 2022 rovněž volitelně rozšířit (i zpětně doplnit) o klimatickou jednotku Zehnder ComfoClima (jako nástupce Zehnder ComfoCool – na obrázku), energeticky efektivní díky invertorové technologii.

Atrea®

Dýchejte čerstvý vzduch
bez virů a bakterií.



UV-C

Větrání (velko)kuchyní

Nejmodernější
technologie
na trhu



LED
osvětlení



Účinná filtrace pomocí UV-C
a cyklonových odlučovačů



Uzavřený
systém



Lehce čistitelný
podhled



Nejmodernější
design



Systémy
pro RD a byty



Občanské
a průmyslové
stavby



Školy
a školky



Větrání
(velko)kuchyní



Centrální
systémy větrání

www.atrea.cz



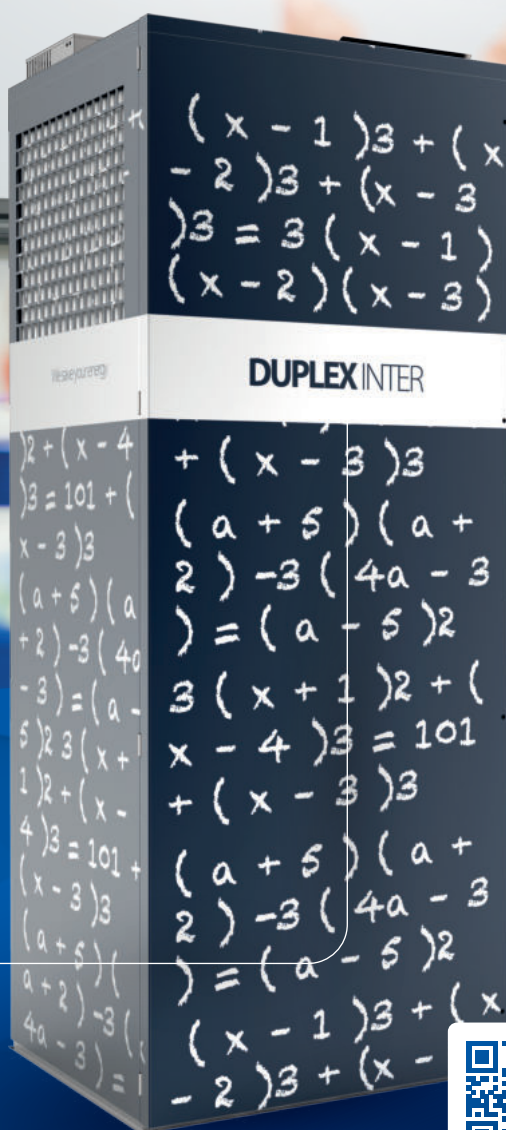


Atrea®

Dýchejte čerstvý vzduch
bez virů a bakterií.

Zaručuje
učitelům i studentům
komfortní a **zdravé prostředí**
ve třídách

www.atrea.cz



Systémy
pro RD a byty



Občanské
a průmyslové
stavby



Školy
a školky



Větrání
(velko)kuchyní



Centrální
systémy větrání



Systemy adiabatického chlazení pro průmyslové objekty



Objevte náš NOVÝ
Colt CoolStream S•T•A•R

Adiabatické chlazení a větrání Colt CoolStream

Řešení pro plynulou výrobu a optimální produktivitu práce díky vyváženému klimatu uvnitř budov.

- Stabilní prostředí pro lidi i výrobní procesy
- Kompatibilní se stávajícími systémy větrání
- Instalace za plného provozu
- Nízké investiční náklady
- Nízké provozní náklady
- Plně integrovatelný do řídicích systémů budov
- Ovládání on-line prostřednictvím aplikace
- Energeticky optimalizovaný a nákladově vyvážený

Kontaktujte nás pro konzultaci, návrh řešení nebo cenovou nabídku:
tel. 724 610 252, e-mail: dp@cz.coltgroup.com
info@cz.coltgroup.com

Více o řešení CoolStream S•T•A•R



www.colt.cz



www.coolstream.cz

COLT



ebmpapst

engineering a better life

Ať už ho otočíte jakkoli: *Je to benchmark.*

Nový RadiPac staví technologii ventilace na hlavu.

Více informací naleznete zde:
www.ebmpapst.com/radipac



ODPOROVÉ, ELEKTRODOVÉ A PLYNOVÉ PARNÍ ZVLHČOVAČE

CONDAIR DL

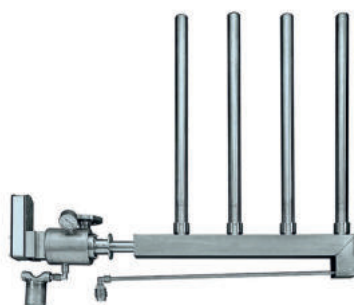


- ELEKTRICKÉ A PLYNOVÉ PARNÍ ZVLHČOVAČE
- ADIABATICKÉ ZVLHČOVAČE PRO KLIMAJEDNOTKY

CONDAIR EL



CONDAIR ESCO



- ZVLHČOVÁNÍ TLAKOVOU PAROU CONDAIR ESCO
- PROSTOROVÉ VLHČENÍ PRO PRŮMYSLOVÉ APLIKACE

CONDAIR GS





CO SE OPRAVDU POČÍTÁ

Pohodlná, komfortní klimatizace budov



ISYteq
ŘÍDÍCÍ SYSTÉM
FLÄKTGROUP

Řídicí systém ISYteq pro modulární a kompaktní vzduchotechnické jednotky řady CAIRplus a eQ od FläktGroup.

Energetický stav budovy má značný význam pro investory, stavební firmy, projektanty a architekty. Technická zařízení budov hrají hlavní roli. Budovy stojí za 40% světové spotřeby energie. Pro udržitelné a efektivní řešení je nezbytná technologie založená na potřebě energií v budově.

To zahrnuje zejména optimalizované a flexibilní centrální vzduchotechnické jednotky. V zimě i v létě, ať již v otevřeném prostoru s lidmi nebo jen v částečně využívané konferenční místnosti musí být klimatizace a technologie řízení individuálně přizpůsobena příslušnému prostředí. To je možné pouze díky inteligentnímu řídicímu systému **ISYteq**. Efektivní řídicí systém nejen zabraňuje zbytečným nákladům a energetickým ztrátám. Přesný hardware a software vedou k příjemnému a vždy vhodnému monitorování vnitřního klimatu.

» Další informace naleznete na www.flaktgroup.cz
nebo se obraťte na obchodní zastoupení.

CENTRÁLNÍ VĚTRACÍ JEDNOTKY



NOVINKA VENTBOX 150UP

- výška jednotky jen 195mm
- dispoziční tlak až 510Pa
- EC motory s konstantním průtokem
- integrovaný přehřev
- možnost entalpického výměníku
- webové řízení
- možnost připojení čidel na Radon, CO₂, HYG, SQA

DECENTRÁLNÍ VĚTRACÍ JEDNOTKY

KORASMART 1400 - rekuperační jednotka pro jednu místnost

- vzduchový výkon 25 až 60 m³/h
- nízký hluk jednotky a vysoký útlum hluku D_{n,e,w} = 52 dB
- příkon 10 až 32 W
- účinnost rekuperace až 73 %
- individuálně programovatelné nastavení max. vlhkosti a teploty
- komfortní dálkové ovládání a jednotka s podsvíceným LCD displejem
- indikace potřeby výměny filtru
- třída filtrace F7
- snadná montáž



Lindab VAV Kompakt + SimplyAir

Regulační systém
pro centrální vzduchotechniku rezidenční i komerční výstavby





VZDUCHOTECHNIKA
PRŮMYSLOVÉ CHLAZENÍ
KLIMATIZACE



JANKA Radotín, a.s.

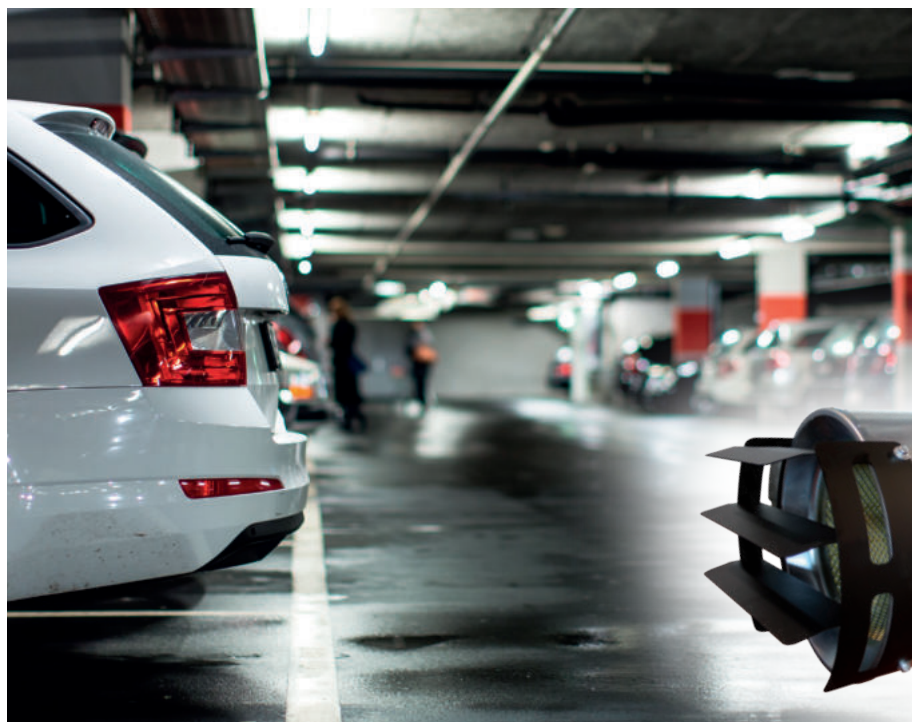
Vrážská 143, 153 00 Praha 5 – Radotín

janka@janka.cz | +420 602 479 477

JANKA.cz

od roku
1872

Větrání garáží za použití proudových ventilátorů JET FAN



CC-JD LP HT a CC-JD HT

Proudové axiální ventilátory

- vzduchový výkon 4600 až 9700 m³/h
- tah motoru 27 až 68 N
- rychlost proudění vzduchu 17 až 21 m/s



CC-JC HT

Proudové radiální ventilátory

- vzduchový výkon 5800 až 7800 m³/h
- tah motoru 50 až 75 N
- rychlost proudění vzduchu 26 až 29 m/s

JET FAN plní funkci provozního, havarijního i požárního větrání a v porovnání s běžnými potrubními systémy nabízí hned několik výhod:

- **Nižší prostorové nároky**, díky absenci potrubí a kompaktním rozměrům ventilátorů JET FAN lze získaný prostor využít pro další technická zařízení případně snížit konstrukční výšku garáže.
- **Úspora času při návrhu**, absence potrubních rozvodů.
- **Účinnost systému**, CFD analýzou proudění vzduchu je zajištěno správné rozmístění zásadních prvků a eliminace hluchých míst.
- **Snadná realizace**, nižší časová náročnost a jednodušší koordinace (ZTI, sprinklery, osvětlení, ...)
- **Snadná údržba**, dobrá čistitelnost a bezproblémový servis



Vzduchové potrubí šité na míru



Proč tkaninová potrubí a vyústky

- Výrazná úspora nákladů
- Rychlá montáž i demontáž
- Dokonale čistitelné
- Precizní distribuce vzduchu dle požadavků zákazníka
- Velké množství barevných a tvarových kombinací

**PŘÍHODA s.r.o.,
to jsou:**

Zkušenosti, technická podpora,
inovativnost, dlouhá záruka, rychlost
a nejnižší poměr cena/kvalita

www.prihoda.com

OČKOVACÍ CENTRUM



AQUAPARK



DIVADLO



PEKÁRNA





Komplexní portfolio pro HVAC instalace a řešení

[siemens.cz/hvac](https://www.siemens.cz/hvac)



SIEMENS

Haier

klimatizace

MRV5-H

DC INVERTER

Nepřetržité Vytápění Nepřetržitý Komfort



EVI kompresor zvyšuje
proudění chladiva o 15 %



Vyhřívání kondenzátní vany



2° předchlazení chladiva zvyšuje
výrazně výkon chlazení a vytápění



Vysoce účinný trubkový
výměník tepla

www.haier-klimatizace.cz



Decentrální větrací
a vytápěcí
jednotka se
zpětným
získáváním
tepla a vlhkosti

www.xvent.cz

2in1

XROOM

Beauty in simplicity

Proč Zehnder, v čem je lepší než konkurence?

ZEHNDER. TECHNOLOGICKÁ ŠPIČKA V OBORU ŘÍZENÉHO VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ TEPLA

zehnder

always the best climate



Kompletní systém

Zehnder je č. 1 v Evropě – největším výrobcem větracích jednotek s rekuperací tepla pro rodinné domy a byty od r. 1968. Vyvíjí, vyrábí a dodává nejen větrací jednotky, ale **ucelený systém s vysoce hygienickými rozvody vzduchu a designovými mřížkami** a ventily. Snadno kombinovatelné prvky umožňují jednoduchou, rychlou a kvalitní instalaci pro maximální spokojenost zákazníků.



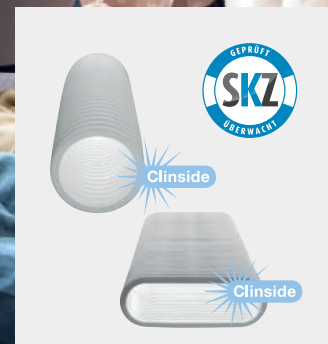
Prvotřídní větrací jednotky

Větrací jednotky Zehnder díky inovativní konstrukci, vysoké účinnosti rekuperace tepla až 95% a nízké spotřebě el. energie **splňují nej přísnější energetické standardy**. Jejich **provoz je tichý a bezstarostný**. S nejrůznějšími možnostmi ovládání přinášejí svým uživatelům **maximální komfort**. Nejnovější generace jednotek ComfoAir Q bez nadsázky patří k tomu nejlepšímu na trhu.



Entalpické výměníky

Entalpický výměník dokáže díky speciálním membránám z odváděného vzduchu předávat do příváděného vzduchu nejen teplo, ale až 70% vlhkosti. Tím **zamezuje vysoušení vzduchu** a sesychání dřevěných výrobků **v zimním období**. Zlepšuje odolnost větrací jednotky proti zamrznání výměníku. Umožňuje čištění propláchnutím vodou pro dlouhodobě vysokou účinnost.

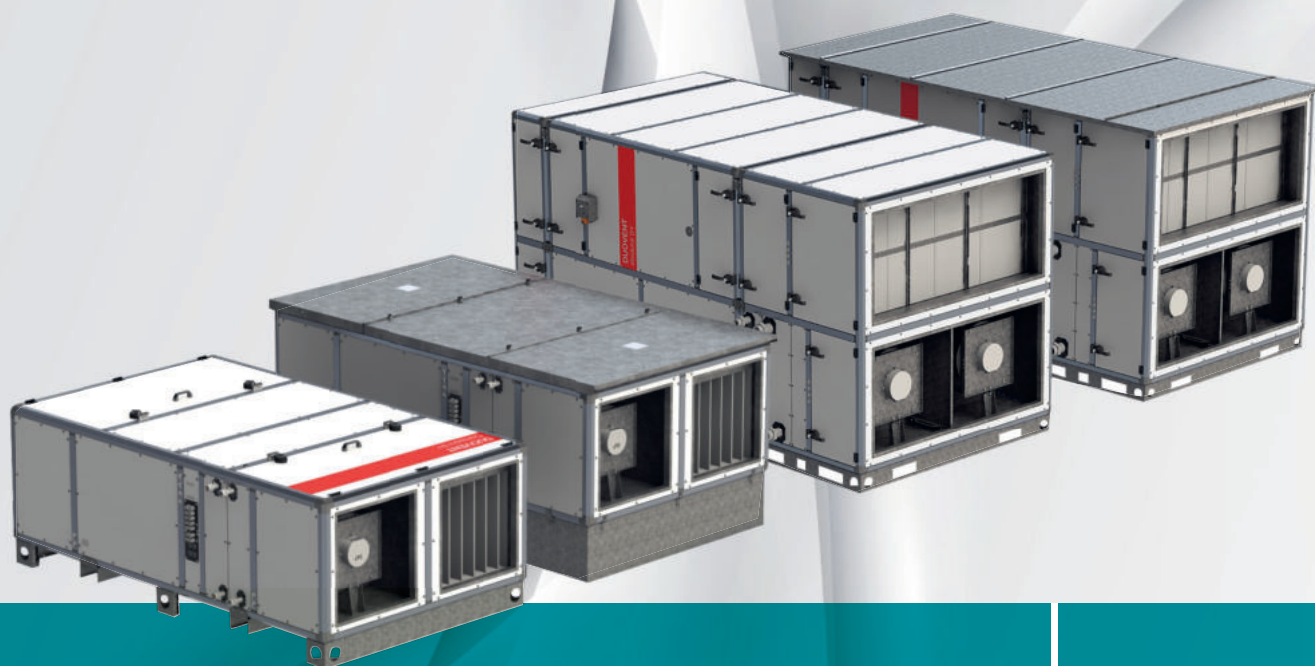


Vysoce hygienické rozvody vzduchu

Rozvody vzduchu se zabudovávají do samotné stavby, a proto je nutné jim věnovat pozornost! Díky několika patentům a výrobě z nezávadné umělé hmoty jsou rozvody vzduchu Zehnder **vysoce hygienické a extrémně snadno instalovatelné**. Hladký vnitřní povrch Clinside **výrazně omezuje usazování prachu**. 3 - 4x větší ohebnost trubek snižuje čas a cenu instalace.

Bezplatné zpracování návrhu systému & cenové nabídky

Zehnder Group Czech Republic s.r.o. · info@zehnder.cz · www.zehnder.cz · T +420 383 136 222



DUOVENT®

COMPACT DV, DV TOP, RV MODULAR DV, RV

Made by Elektrodesign

- Kompaktní rekuperační jednotky s řídicím systémem Digireg®
- Verze s regeneračním rotačním výměníkem s možností přenosu vlhkosti
- Verze protiproudý rekuperační výměník s účinností až 96 %
- Konstrukce jednotky s vlastním patentovaným systémem ISOSTREAM®
- Tloušťka stěny pláště jednotky 45 mm
- Průtoky vzduchu splňující směrnici Ecodesign EC/1253/2014:
DUOVENT® DV, DV TOP, RV – 200 m³/h až 7 300 m³/h
DUOVENT® MODULAR DV, RV – 7 000 m³/h až 14 500 m³/h
- Široká paleta příslušenství a provedení jednotek



Stará Boleslav, Boleslavská 1420, tel.: 326 90 90 10
Praha 4, Boleslavova 15, tel.: 241 00 10 10, 11
elektrodesign@elektrodesign.cz, www.elektrodesign.cz

DÝCHEJTE ZDRAVÝ VZDUCH



JSEM
CHYTRÝ
VĚTRACÍ
SYSTÉM

*Větrací systém
s rekuperací*



brilon

ORCON

Octopus

www.brilon.cz

**TRANE®****ONE WORLD : ONE MISSION : ONE COMPANY**
WE'RE ABOUT MORE THAN JUST MARKET-LEADING CHILLERS**ELEKTRIFIKACE
VYTÁPĚNÍ**

Tepelná čerpadla nabízejí
alternativní a zelené řešení pro
vytápění

**CHLADIVA HFO
S NÍZKÝM GWP**

Ekologicky šetrné chladivo
pro každou aplikaci

**ŘÍZENÍ &
KOMUNIKACE**

Optimalizace pro vaše HVAC
zařízení, pomoc s úsporami
energie a nákladů

**SERVIS
& PRONÁJEM**

Poskytování efektivních
služeb, řešení pro dočasné i
dlouhodobé chlazení,
vytápění a větrání

**NOVÁ ZAŘÍZENÍ****t: +420 296 337 246****e: obchod@trane.com****SERVIS****t: +420 296 337 242****e: servis@trane.com****PRONÁJEM JEDNOTEK****t: +420 702 212 196****e: rental@trane.com****NOVÁ ZAŘÍZENÍ | PRONÁJEM JEDNOTEK | ÚSPORY ENERGIE | SERVIS | ÚDRŽBA | NÁHRADNÍ DÍLY**

www.trox.cz



Bestfil clean room filter panels
Bestfil - filtrační panely pro čisté prostory



KS PAK kapsové filtry pro záchyt jemného prachu.
KS PAK pocket filters for the separation of fine dust

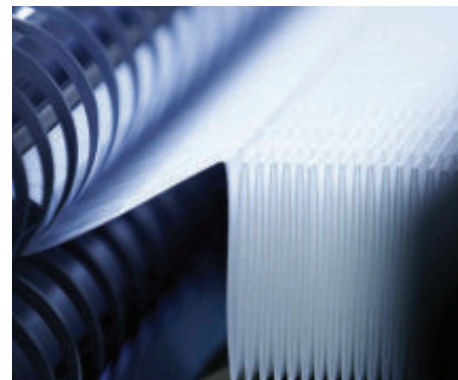


Minipleat filtry KS FP-V3 pro velké průtoky vzduchu.
KS FP-V3 mini pleat filters for large volume flow rates

Kompletní řada filtrů od A - Z.
The complete filter range from A-Z

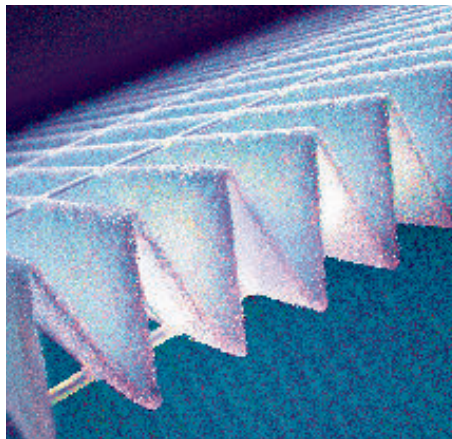
- Filtry s aktivním uhlím
- Filtrační vložky, díly, články
- Filtrační média, média v rolích, přířezy
- Skládané filtry
- Nano-Wave[®] filtry
- Filtrační panely pro čistý prostor
- Filtrační kazety
- Kapsové filtry z netkané textilie
- Rámečkové filtry Z-line

- Activated carbon filters
- Filter inserts, elements, cells
- Filter media, roll media, cut parts
- Mini Pleat filters
- Nano-Wave[®] filters
- Clean room filter panels
- Filter cartridges
- Pocket filters from non-woven fabric
- Z-line filters



Nová klasifikace filtrů podle ISO 16890
New filter classes in accordance with ISO 16890

- ISO ePM10 (≥ 50 %)
- ISO ePM2,5 (≥ 65 %)
- ISO ePM1 (≥ 50 %)
- ISO ePM1 (≥ 80 %)



Optimální čištění vzduchu s maximální energetickou účinností.

Optimum air purification with maximum energy efficiency.



Rámečkové filtry Z-line KS W pro vysoké koncentrace hrubého prachu
Z-line KS W





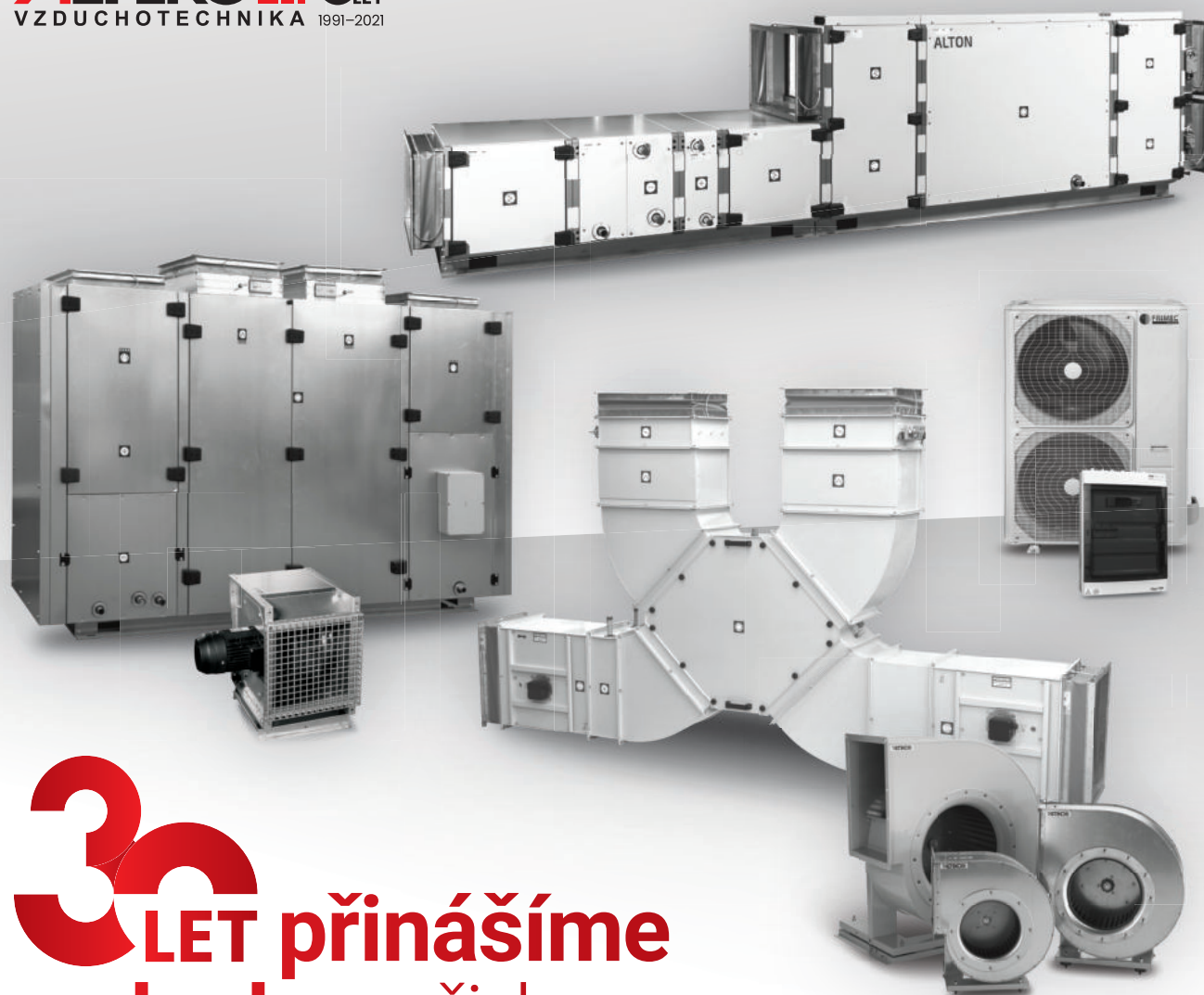
Wolf AirPurifier.

Jednička v boji proti virům a bakteriím.

Profesionální čistič vzduchu WOLF AirPurifier dokáže eliminovat až 99,995 % škodlivých částic ve větraném prostoru! Použitím hybridního filtru v kombinaci s vysoce účinným HEPA filtrem zajišťuje zachycení zápachů, jemného prachu, sporů, bakterií a virů ze vzduchu - tím zajišťuje kvalitní vnitřní prostředí. Ideální řešení pro oblasti: školství, zdravotnictví, gastronomie, administrativy a sportu.



www.czech.wolf.eu



3^{LET} přinášíme vzduch s přidanou hodnotou

Alton, Alton kompakt

Jednotky Alton

- do 30.000 m³/h
- AC/EC motory

Terno

Sestavný větrací systém

- do 8.000 m³/h,
- AC/EC motory

ALTEKO s.r.o.

Dobříšská 578
267 24 Hostomice
pod Brdy



Radiální ventilátory

RFC/RFE

- do 25.000 m³/h
- AC motory

RFU

- do 25.000 m³/h
- AC/EC motory

Regulace a příslušenství

Regulace CMX

Frekvenční měniče

Kondenzační jednotky Frimec

+420 311 584 102

+420 702 007 391

+420 774 624 603

prodej@alteko.cz

www.alteko.cz



7 základních principů zdravého vnitřního ovzduší

1. Nepřetržité a spolehlivé měření, zobrazování a monitorování kvality vzduchu v místnosti
2. Přesné množství vzduchu do zóny a řízený odtah znečištěného vzduchu
3. Dobré navržení směsi vzduchu a vzorce proudění vzduchu
4. Aktivní přetlakování obálky a prostor
5. Správné nastavení teploty a vlhkosti
6. Účinná filtrace
7. Správné množství venkovního vzduchu



www.belimo.cz



5 let záruka



Na celém světě



Kompletní sortiment



Osvědčená kvalita



Krátké dodací termíny



Rozsáhlá podpora

BELIMO CZ spol. s r. o.
info@belimo.cz, www.belimo.cz

BELIMO®





PROTRONIX®



Čidla kvality vzduchu

DO KAŽDÉHO PROJEKTU

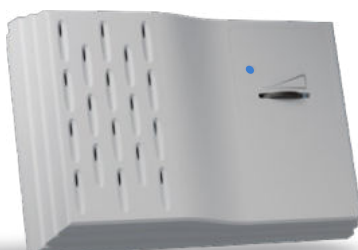


ŘADA NL, NLII

BOOST
tlačítko



Plná funkcí
pro rozmanité použití



ŘADA ADS

Napájení
24/230 V



Jednoduchý způsob
pro efektivní řešení



ŘADA CL



Do instalační krabičky
podle designu zákazníka



Výrobce:
Protronix s.r.o.
Pardubická 177
537 01 Chrudim
Česká Republika

obchod@cidla.cz
+ 420 469 625 190

WWW.CIDLA.CZ

Královská třída

by



Poznejte **budoucnost**

ZAbluefin — revoluce v oblasti bioniky ohledně tvarů, ve výkonu a materiálu

Unikátní, předlohou pro vývoj geometrie byly tvary těl velryb. Bionické ventilátory s účinností Premium, s oběžnými koly z kompozitního materiálu **ZAmid**[®]. Nová generace ventilátorů s motory ECblue – ideální proudění vzduchu, až o 5% vyšší účinnost systému a výrazně snížená hluchnost.

Toto je nová technologie ventilátorů v celé své kráse. www.ziehl-abegg.cz

TVAR

Odladěný bionický design
s optimalizovaným difuzorem

MATERIÁL

Mimořádný Hightech
kompozitní materiál **ZAmid**[®]

VÝKON

Nový motor ECblue s
vysokou účinností IE5
garantuje vysokou
účinnost celého systému



Královská třída ve vzduchotechnice, regulační technice a technice pohonů

Pohyb díky perfektnosti

ZIEHL-ABEGG

Společnost pro techniku prostředí děkuje za spolupráci a podporu při přípravě

24. KONFERENCE KLIMATIZACE A VĚTRÁNÍ 2021

mediálními partnerům konference:

časopis Vytápění, větrání, instalace

časopis Topenářství instalace

internetový portál www.tzb-info.cz

časopis Stavebnictví



**topenářství
instalace**



časopis
stavebnictví

Název publikace	24. konference Klimatizace a větrání 2021
Autor	kolektiv
Vydal	Společnost pro techniku prostředí, Novotného lávka 5, Praha 1 (ČSVTS)
Rok vydání	2021, 1. vydání, vazba brožovaná
ISBN	978-80-02-02943-4
