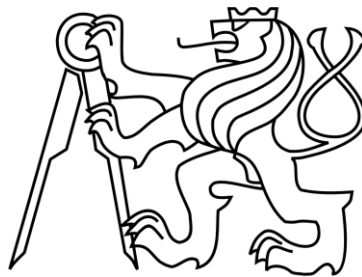


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Zpracování obecného postupu
provádění rozvodů VZT s ohledem na
nejčastější příčiny vad a reklamací**

Jakub Starosta

2017

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Linda Veselá, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

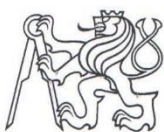
V Praze dne 27.5.2017

.....

Jakub Starosta

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Lindě Veselé, Ph.D. za odborné vedení a vstřícnost během konzultací při vypracování bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval rodině za podporu v průběhu celého studia.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Starosta Jméno: Jakub Osobní číslo: 410106

Zadávací katedra: Katedra technologie staveb

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Zpracování obecného postupu provádění rozvodů VZT s ohledem na nejčastější příčiny vad a reklamací

Název bakalářské práce anglicky: Technological process of HVAC with regard to the most frequent causes of defects and complaints

Pokyny pro vypracování:

VZT - analýza databáze reklamací z již proběhlých staveb. Stanovení problémových oblastí. Zpracování technologického předpisu, včetně požadavků na kontrolní a výstupní zkoušky.

Seznam doporučené literatury:
Technické normy, podklady výrobců

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Linda Veselá, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Zakrytý podpis

Zakrytý podpis

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

20.2.2017

Datum převzetí zadání

Zakrytý podpis

Podpis studenta(ky)

Zpracování obecného postupu provádění rozvodů VZT s ohledem na nejčastější příčiny vad a reklamací

V této bakalářské práci se autor zabývá vadami a riziky spojenými s realizací vzduchotechniky. Zaměřuje se na správné zvolení způsobu výměny vzduchu v prostorách. Dále zde popisuje jednotlivé komponenty vzduchotechniky, jejich funkčnost a správnost použití. Autor analyzuje konkrétní technologické postupy montáže a zaměřuje se na vady vzniklé během projektování, realizace a užívání vzduchotechniky. Četnost těchto vad je následně vyhodnocena. K nejčastějším vadám je přidán komentář, jak těmto problémům předejít. Závěr práce je zaměřen na správnost provedení kontrol a zkoušek vzduchotechniky.

Klíčová slova:

Vzduchotechnika, vady vzduchotechniky, vyhodnocení závad, kontroly vzduchotechniky

Technological process of HVAC with regard to the most frequent causes of defects and complaints

In this Bachelor thesis, the author deals with defects and risks connected with realisation of the ventilation system. He focuses on the correct choice of the way of air change in spaces. The author also describes individual components of the ventilation system, their functionality and correct usage. The author analyses particular technological procedures of installation and he focuses on defects originated during the process of designing, realisation and usage of the ventilation system. Frequency of these defects is then evaluated. The most frequent defects are supplemented with comments on how to prevent them. The conclusion of this thesis is focused on the correct performance of checking and tests of the ventilation system.

Keywords:

Ventilation system, defects of ventilation system, evaluation of defects, checking of ventilation system

Obsah

ÚVOD.....	9
1 TEORETICKÁ ČÁST	11
1.1 Historie.....	11
1.2 Vnitřní prostředí budov.....	12
1.2.1 Obecné požadavky	12
1.2.2 Hlediska na požadovaný stav ovzduší	13
1.2.3 Legislativní a normativní požadavky	14
1.2.4 Podstata větracích a klimatizačních systémů.....	14
1.2.5 Teplota vzduchu.....	15
1.2.6 Vlhkost vzduchu.....	16
1.2.7 Čistota vzduchu	17
1.2.8 Rychlost proudění vzduchu.....	17
1.3 Základní soustavy větrání budov	18
1.3.1 Přirozené větrání.....	18
1.3.2 Gravitační větrání.....	19
1.3.3 Větrání působením větru.....	19
1.4 Aplikace větrání	19
1.4.1 Infiltrace	19
1.4.2 Větrání okny.....	20
1.4.3 Šachtové větrání	20
1.4.4 Aerace.....	21
1.4.5 Nucené větrání.....	22
1.4.6 Rovnotlaké větrání	22
1.4.7 Přetlakové větrání	23
1.4.8 Podtlakové větrání	23

1.4.9	Klimatizace.....	23
1.5	Části vzduchotechniky	24
2	PRAKTICKÁ ČÁST.....	37
2.1	Vyhodnocení nejčastějších vad a reklamací	37
2.1.1	Mechanická závada	37
2.1.2	Chyba v projektové dokumentaci	38
2.1.3	Pravidelná údržba	38
2.1.4	Špatná instalace	38
2.2	Nejčastější závada.....	40
2.3	Vady v průběhu realizace.....	40
2.4	Technologický předpis	42
2.4.1	Technologický předpis pro montáž vzduchovodu	42
2.4.2	Ukotvení vzduchovodu.....	43
2.5	Kontrola vzduchotechniky po montáži.....	44
2.5.1	Vizuální prohlídka	45
2.6	Zkoušky vzduchotechniky pro kolaudaci stavby.....	45
2.6.1	Zkouška chodu celého systému.....	46
2.6.2	Zkouška zaregulování výkonových zařízení.....	46
2.6.3	Měření hluku ze vzduchotechnických zařízení.....	47
2.6.4	Prohlídka požárních klapek.....	48
2.6.5	Měření a kontrola mikroklimatických parametrů.....	48
ZÁVĚR	49
3	ZDROJE A POUŽITÁ LITERATURA	51
3.1	Použitá literatura	51
3.2	Seznam obrázků	52
3.3	Seznam tabulek	53

ÚVOD

Se současným rozvojem a neustále se zvyšujícími nároky na kvalitu prostředí je používání vzduchotechniky pro výměnu vzduchu v dnešní době nevyhnutelné. Už v historii se setkáváme s úpravou vzduchu na požadovanou teplotu pomocí jednoduchých otopných těles. Kvalita vzduchu není ovlivněna jen teplotou, ale i vlhkostí, čistotou a rychlostí proudění. Poskytnutí požadovaného přísunu kvalitního vzduchu do objektu bylo v historii zajištěno pomocí důmyslného využívání přírodních zákonů.

Se současným rozvojem ekologie a neustále se zvyšujícími tepelně technickými požadavky na budovy, dochází k utěsňování budov, a tím k zamezení přirozenému přívodu čerstvého vzduchu. Důmyslné zlepšování jednotlivých komponentů v oboru elektrotechniky a strojírenství nám poskytuje řadu možností, jak do objektu přivádět námi požadovaný a dostatečně kvalitní vzduch. Požadavky na kvalitu vzduchu si uživatel může zvolit podle účelu objektu.

V současné době je kladen velký důraz nejen na poskytovanou kvalitu vzduchu, ale i na energetickou náročnost celého objektu. Proto se ve vzduchotechnice setkáváme se sofistikovanými způsoby výměny energie.

Cílem této bakalářské práce je zjistit podle četnosti výskytu jednotlivých závad nejčastěji projevenou vadu. Vady jsou rozděleny do skupin podle původu vzniku a následně vyhodnoceny. Závady jsou specifikovány dle určitých kritérií, které jsou přesně popsány. U nejčastěji projevovaných závad jsou doporučena opatření, abychom těmto problémům během realizace vzduchotechniky mohli předejít. Ke konkrétním závadám je přiložena fotodokumentace s komentářem možného řešení.

V teoretické části jsou popsány základní přírodní principy výměny vzduchu v budovách. Dále jsou popsány jednotlivé komponenty vzduchotechniky, což napomáhá čtenáři k pochopení principu funkčnosti vzduchotechnického systému jako celku.

Závěr práce je zaměřen na správný technologický postup, na průběh kontrol během realizace a na zkoušky celého systému. Zkoušky jsou podrobně popsány podle platných norem.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Historie

S postupným rozvojem společnosti a zvyšujícími se nároky na prostředí, ve kterém člověk žije, byl kladen velký důraz na kvalitu a teplotu ovzduší už od pradávna. Počátkem využívání otevřeného ohně k úpravě jídla bylo objeveno zlepšení teplotních podmínek v daném objektu. Tyto zdroje tepla byly velmi primitivní a využívaly se pouze základní přírodní principy. K důležitému zdokonalení došlo až při objevení poměrně složitých technických zařízení, jako byl například parní či elektrický stroj. Výrazným milníkem využívání vzduchotechniky byl vývoj a aplikování ventilátorů a čerpadel.

Zpočátku bylo využíváno pouze přímého sálání ohňů. Velký pokrok se odehrál v Římě roku 90 př. n. l., kdy bylo postaveno takzvané spodní topení neboli hypocaustum. Tento druh vytápění je založen na principu vyhřívání části klenuté spodní stavby, od které se teplo šířilo dále do místnosti nad vytápěným prostorem. Tyto systémy byly nalezeny při vykopávkách v Číně, Španělsku, Francii, Anglii, Německu a Turecku. V evropských zemích se od 11. století používalo vytápění pomocí krbů až do 16. století, kdy otevřené krby nahradila pokojová kamna. Na některých evropských zámcích se dochovala kamna se zadním přikládáním paliv, aby uživatel nebyl rušen častým doplňováním otopu. Tato metoda byla nahrazena na přelomu 18. a 19. století ústředním vytápěním.

Začátkem 18. století horníci začínají používat pro výměnu vzduchu v dolech ventilátory poháněné větrem, vodou, nebo ručním pohonem. Zvyšováním požadavků na kvalitu prostředí, kterým se rozumí teplota, vlhkost a čistota vzduchu v objektech, se začíná rozšiřovat způsob větrání do budov, jako jsou například nemocnice, výrobní podniky a divadla. V Rakousko-Uhersku roku 1859 vychází živnostenský zákon, který nařizuje živnostníkům větrání na pracovišti. Koncem 19. století pokládá Max von Pettenkofer základy pro nutnost výměny čistého vzduchu pro osobu na 25 až 30 m³/h, aby nedocházelo k překročení mezních hodnot oxidu uhličitého. Z Pettenkoferovy metody se při návrhu vyměněného objemu vzduchu vychází dodnes.

Během horkého období lidstvo potřebovalo teplotu naopak snížit. Například v Indii docházelo k chlazení vzduchu pomocí vlhčených rohoží, které se umísťovaly na návětrnou stranu a ochlazený vzduch dále proudil do paláce, ve kterém bylo dosaženo snížení teploty až na 20°C. Podobného řešení využívala i budova Westminsterského paláce v 19. století, kdy byla do přiváděného vzduchu rozprašována voda. K ochlazení přiváděného vzduchu sloužily i dovážené přírodní bloky ledu. Ochlazený vzduch se šířil kanálky pomocí ventilátoru.

Klimatizační jednotky, jak je známe v dnešní době, bylo možné sestavit až s příchodem elektrifikace, vývojem elektrických motorů, čerpadel a kompresorů. První chladicí zařízení sestavil Dr. John Gorrie, aby zamezil šířící se malárii na Floridě. Tato klimatizace využívala expanzní nádobu se stlačeným vzduchem. V roce 1911 se klimatizace stává v USA samostatnou inženýrskou disciplínou a až v roce 1963 Evropa zakládá sdružení evropských společností zabývajících se větráním, vytápěním a klimatizací – REHVA (Representatives of European Heating and Ventilating Associations).

V dnešní době v důsledku ekologických požadavků na budovy, se vzduchotechnika stává velice podstatnou disciplínou ve stavebnictví. S ekologickými nároky dochází k utěšňování budov zateplovacími systémy či kvalitnějším provedením výplní stavebních otvorů. To je důvodem nezbytného návrhu vzduchotechniky v budovách. [1]

1.2 Vnitřní prostředí budov

1.2.1 Obecné požadavky

Úkolem vzduchotechniky a klimatizace je zlepšit co nejlépe uzavřené prostředí, ve kterém se vyskytuje člověk, zvíře nebo stroj. V dnešní době, kdy je kladen velký důraz na zdraví, se s úpravou vzduchu setkáváme nejen u budov, ale i v dopravních prostředcích, jako jsou například osobní automobily, autobusy a letadla. Snažíme se zlepšovat kvalitu vzduchu tím, že ovlivňujeme jeho teplotu, vlhkost a čistotu.

1.2.2 Hlediska na požadovaný stav ovzduší

Hygienické požadavky osob. Nároky na tepelné a vlhkostní podmínky, které neškodí lidskému organismu.

Technologické požadavky. U těchto požadavků se návrh zaměřuje na technologie v místnosti, kterými mohou být stroje, elektronika nebo uskladněný materiál. Nepředpokládá se trvalý pobyt osob.

Požadavky na ochranu stavebních konstrukcí. V tomto případě se jedná především o vznikající vlhkost, která může poškozovat konstrukci.

Bezpečnostní požadavky. V místnostech skladování hořlavých a výbušných látek nesmí dojít k překročení mezních hodnot přiváděného vzduchu, aby bylo co nejvíce zamezeno možnému vzniku požáru či výbuchu.

Požární požadavky. Během požáru musí vzduchotechnika napomáhat k bezpečnému úniku osob z budovy a omezit šíření požáru. Při požáru vzduchotechnika odvádí vzniklý kouř z budovy a tím zajišťuje bezpečnou evakuaci osob.

Požadavky na havarijní větrání. Při úniku toxické látky dochází podtlakem k odsání nebezpečného plynu z místnosti. U některých prostor může docházet ke kombinaci několika požadavků.

Hygienické požadavky osob na teplotu a vlhkost se nemusí lišit s požadavky na ochranu stavebních konstrukcí. Může vzniknout problém například při projektování skladů specifického materiálu, kdy daný materiál musí být skladován za určité teploty a vlhkosti. Tyto hodnoty ovšem už nemusí vyhovovat trvalému pobytu osob. Při návrhu ventilace a klimatizace rozhoduje podnebí v dané lokalitě a časové období využívání objektu. Tímto časovým obdobím se rozumí například osmihodinová pracovní směna v kanceláři, kdy mimo pracovní dobu nemusí být ventilační a klimatizační zařízení v chodu nebo její chod může být značně omezen, aby nedocházelo k finančním a energetickým ztrátám.

V prostorách, u kterých se nepředpokládá trvalý pobyt osob, jako jsou například garáže nebo kotelny, není nutno dodržovat požadavky pro návrh vzduchotechniky jako v prostorách pro pobyt trvalý. V případě, kdy není

možné dodržet požadovanou teplotu na pracovišti nařízení vlády k ochraně zdraví při práci nařizuje omezení této pracovní doby. Kvalita provedení vzduchotechniky a klimatizace má velký vliv na pozdější užívání.

Při návrhu by se mělo myslet na ekologii a ekonomické aspekty projektu, ale primárně by mělo být myšleno na kvalitu prostředí a s tím související lidské zdraví. Z tohoto důvodu jsou požadavky na kvalitu předmětem legislativních a normativních předpisů. [2]

1.2.3 Legislativní a normativní požadavky

Pro vzduchotechniku a klimatizaci vzniklo mnoho norem. Tyto ČSN a ČSN EN normy jsou doporučené a slouží jako návod pro správný návrh a realizaci systémů. Právně závazné jsou legislativní předpisy, jako jsou zákony, nařízení vlády a vyhlášky publikované ve Sbírce zákonů. Normy ČSN a ČSN EN se stávají závaznými, pokud se na ně odkazuje legislativní předpis, který je podle zákona závazný a musí se vždy dodržovat. Pokud se norma uvede ve smlouvě o zhotovení díla, je zhotovitel povinen během výstavby podle této normy postupovat.

V právních předpisech a technických normách se z hlediska požadavků na větrání a klimatizaci rozlišují prostory na:

- Obytné – bytové a rodinné domy
- Pobytové – školy, divadla, sportovní haly, nemocnice
- Pracovní nevýrobní – kanceláře
- Pracovní výrobní – továrny

1.2.4 Podstata větracích a klimatizačních systémů

Větrání a klimatizace jsou dva velmi spjaté obory, sloužící k výměně vzduchu a zajištění kvalitního prostředí. O volbě systému, který navrhne do objektu, rozhoduje mnoho faktorů. Nejdůležitějšími faktory jsou vlastnosti vzduchu, kterými se rozumí teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, čistota vzduchu a rychlost proudění vzduchu v místnosti.

1.2.5 Teplota vzduchu

Optimální teplotu vzduchu ovlivňuje účel místnosti, druh oděvu respondenta, vnitřní produkce tepla, věk a pohlaví člověka. Tepelný stav v místnosti se orientačně měří v úrovni výšky hlavy člověka a ve vzdálenosti jednoho metru od stěn a okna místnosti. Tepelný stav prostředí se hodnotí podle ukazatele PMV a PPD.

PMV (Predicted Mean Vote), neboli předpověď středního tepelného pocitu, vyjadřuje stupeň diskomfortu, který ukazuje tepelný pocit člověka. Je zobrazen na níže uvedené tabulce dle normy ČSN EN ISO 7730. [3]

Tab. 1: Hodnocení vnímaného prostředí [3]

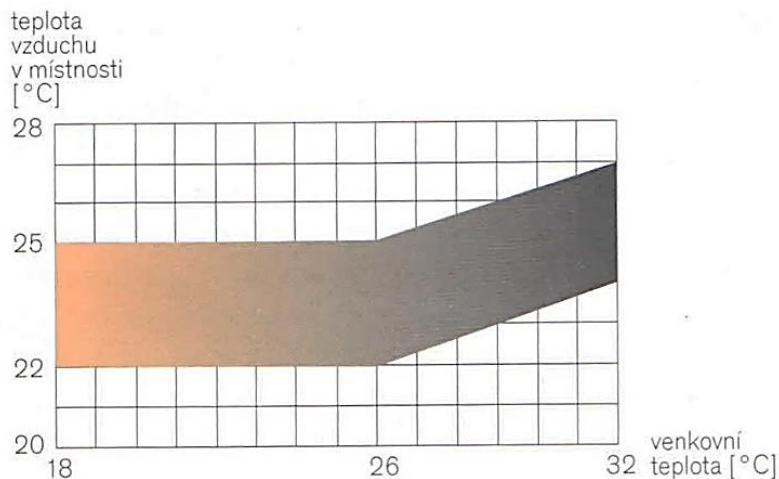
PMV (-)	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Tepelný pocit	Zima	Chladno	Mírně chladno	Neutrálně	Mírně teplo	Teplo	Horko

Díky statistickým šetřením pro zjištění tepelných pocitů osob, byl zjištěn i procentuální podíl nespokojených lidí PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), který je roven 5 %. Při návrhu by bylo vhodné, aby PPD nepřekročila hodnotu 15 %. [3]

Ve středoevropských podmínkách je za nejvhodnější teplotu pro přiměřeně oblečeného sedícího člověka, vykonávajícího fyzicky nenamáhavou práci v zimě, považována teplota od 18 do 22 °C. V létě jsou tyto hodnoty od 23 do 25 °C. Rozdíl hodnot tepelného komfortu v létě a v zimě je způsoben nošením různého druhu oblečení. Teplota vhodná pro člověka, který není oblečen je 28 °C.

Měnící se fyzikální vlastnosti vzduchu s měnící se teplotou, mají za následek rozdílné hodnoty teplot v určitých výškách místnosti. Tato teplota by se neměla lišit při výškovém rozdílu nohou a hlavy – ve stoje o 2,0 K a v sedě o 1,5 K. Ze zdravotního hlediska by nemělo docházet k náhlým

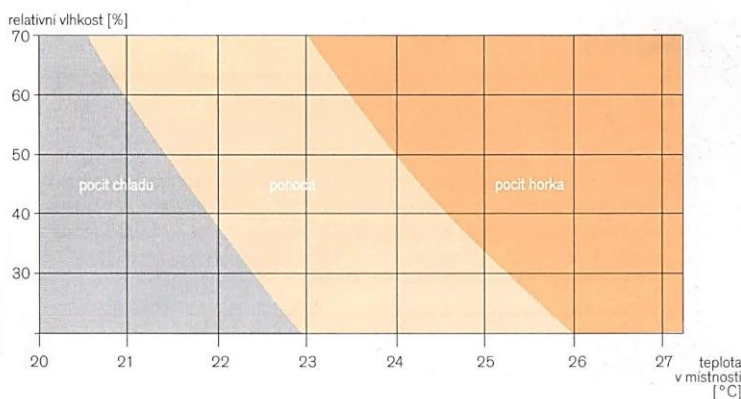
změnám teplot v čase a v prostoru, například při přechodu do jiné místnosti nebo do exteriéru. Tyto změny jsou pro člověka velice nepříjemné a mohou způsobovat nachlazení. [4]



Obr. 1: Doporučené teploty v interiéru [4]

1.2.6 Vlhkost vzduchu

Důležitým parametrem pro vyjádření tepelného komfortu je vlhkost vzduchu, tento parametr je důležitý převážně z hygienického hlediska. Při zjišťování tepelného stavu můžeme vlhkost zanedbat jen tehdy, když relativní vlhkost v místnosti nepřesahuje v létě hodnotu 60 %. Tepelnou pohodu člověka vysoká vlhkost narušuje znemožněním odpařování lidského potu do prostoru. Při snížení vlhkosti pod 30 % (převážně v zimním období) člověk pociťuje suchý vzduch jako pálení na sliznici dýchacích cest. Lidem vyhovují hodnoty vlhkosti mezi 35 a 70 % při teplotě 20 °C. Tepelnou pohodu a vliv vlhkosti a teploty vzduchu vyjadřuje níže uvedený graf. [4]



Obr. 2: Pásmo tepelně vlhkovní pohody [4]

1.2.7 Čistota vzduchu

Samotným užíváním budovy člověk znečišťuje vzduch v interiéru. Ke znečišťování dochází používáním strojů, ale i činností přírody. Člověk produkuje oxid uhličitý, který pokud není odvětráván, způsobuje únavu a ospalost. K významnému znehodnocení vzduchu dochází při tvorbě pachů člověkem nebo užitím nevhodných materiálů na samotné konstrukci. Pach je definovaný jako množství molekul přesně určených látek obsažených v objemové jednotce vzduchu a jeho jednotkou je olf. Další podíl na znehodnocení vzduchu vytváří tvorba prachových částic. Prach vzniká při všech výrobních procesech. Vyhnout se prachu v běžném životě je zcela nemožné, jelikož sám člověk produkuje prachové částice. Je to tuhá částice o velikosti 1–150 μm . Prachu se zbavujeme pomocí filtrů, které vkládáme do částí vzduchotechniky. Filtry pravidelně čistíme nebo vyměňujeme. [5]

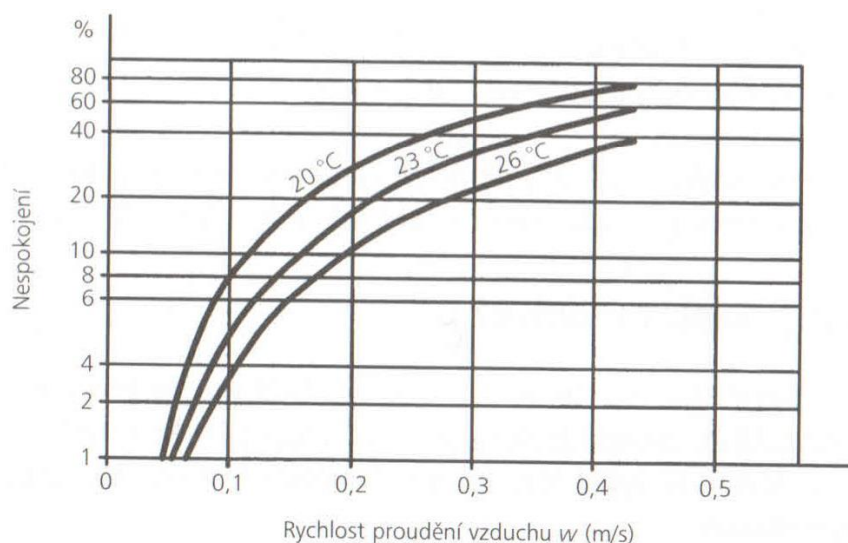
Tab. 2: Škodliviny produkované člověkem [5]

Teplota vzduchu (°C)	Teplo (W)	Vodní pára (g/h)	Oxid uhličitý (l/h)	Pach (olf)
19-20	95-120	35-40	12-15 (vsedě)	1 (vsedě)
21-22	90-115	40-55	15-18 (lehká práce)	2 (lehká práce)
23-24	85-110	55-60	18-20 (středně těžká práce)	3 (středně těžká práce)
25-26	80-105	60-65	20-23 (těžká práce)	25 (kuřák při kouření)

1.2.8 Rychlost proudění vzduchu

Člověk je v interiéru citlivý na průvan vznikající pohybem vzduchu v místnosti. K různému vnímání průvanu dochází při rozdílných teplotách a různých rychlostech. Například při teplotě 19 až 21 °C je tolerována rychlost

šířícího se vzduchu na hodnotách 0,1 až 0,15 m/s. Při teplotě kolem 26 °C by vzduch neměl překročit rychlost 0,4 m/s. [2]



Obr. 3: Grafické znázornění závislosti procenta nespokojených uživatelů na průměrné rychlosti proudění vzduchu [2]

1.3 Základní soustavy větrání budov

Podle předchozích parametrů se musí projektant rozhodnout, jaký systém zvolí pro požadovanou výměnu vzduchu. Pohyb vzduchu v budově může zajistit pomocí přírodních sil nebo použitím nuceného větrání ventilátory. V budovách s výrazným přebytkem teplot se vyplatí použít přirozené větrání, ale pokud musíme zajistit garantované parametry v prostředí, vyplatí se použít nucený oběh, kterým dokážeme upravit prostředí přesně podle požadavků.

1.3.1 Přirozené větrání

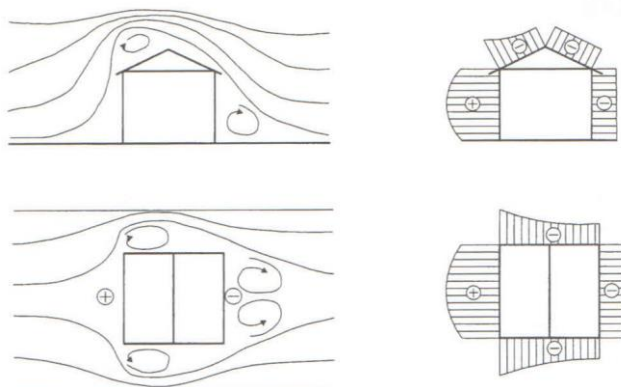
Hybnou silou, pohybující přirozeně s objemem vzduchu v budovách, je gravitační síla a kinetická energie větru. Za běžných provozních podmínek se v budovách projevují obě hybné síly. Působení venkovních klimatických podmínek zajišťuje přirozené větrání, které se obejde bez použití vedlejšího zdroje. Pokud vyloučíme elektrický pohon, soustava nevyžaduje finanční náklady v průběhu užívání a tento způsob je tedy velice ekonomický i ekologický. Vzduch z okolí se do objektu může dostat infiltrací, aerací, větráním okny nebo šachtovým větráním.

1.3.2 Gravitační větrání

Princip gravitačního větrání je založen na rozdílné hustotě vzduchu. Při různé teplotě má vzduch jinou hustotu. Teplý vzduch má menší hustotu než ten studený, a to má za následek pohyb teplého vzduchu vzhůru. U dvou otvorů na objektu v rozdílné výšce, vlivem tohoto fyzikálního jevu dochází k tlakovému rozdílu, a tedy k cirkulaci vzduchu. [2]

1.3.3 Větrání působením větru

Při působení větru na návětrných stranách objektu, mění vítr svou pohybovou energii na energii tlakovou, čímž se vytváří přetlak. Na opačné straně budovy se vlivem obtékaného vzduchu vytváří podtlak, vzhledem k atmosférickému tlaku. Rozdíl těchto tlaků je ovlivněn hned několika faktory. Záleží na velikosti objektu, tvaru objektu, směru větru, uspořádání okolního terénu a dále třeba i na překážkách před budovou. [5]



Obr. 4: Rozdělení tlaků na budovu vyvolaných větrem [2]

1.4 Aplikace větrání

1.4.1 Infiltrace

Druh přirozeného větrání je způsobený výměnou vzduchu, v důsledku tlakového rozdílu, vlivem působení větru a gravitační síly. Vzduch se šíří do objektu póry použitých stavebních materiálů nebo netěsnostmi v obvodovém plášti budovy. Výměnu vzduchu lze považovat za přirozené větrání. Bohužel výměna vzduchu je nestálá. Protože infiltraci nelze regulovat nedá se

tato metoda kvalifikovat jako plnohodnotný systém, sloužící ke kvalitní výměně vzduchu. [2]

1.4.2 Větrání okny

K nejrozšířenějšímu způsobu výměny vzduchu slouží větrání okny. V tomto případě se uplatňují oba principy přirozeného větrání. Při výměně vzduchu vlivem působení gravitační síly, dochází k cirkulaci jediným otvorem. Při působení větru na budovu s otevřenými okny se projeví na návětrné a závětrné straně tlakový rozdíl, který cirkuluje vzduch v budově. Tento druh výměny vzduchu nazýváme příčným větráním.

V městské zástavbě a zejména v blízkosti dopravní infrastruktury je větrání okny velmi nevhodné. Nelze omezit šíření hluku do objektu a vzduch může být výrazně znečištěn, proto větrání okny bývá často probíráno odbornou diskuzí. [2]

1.4.3 Šachtové větrání

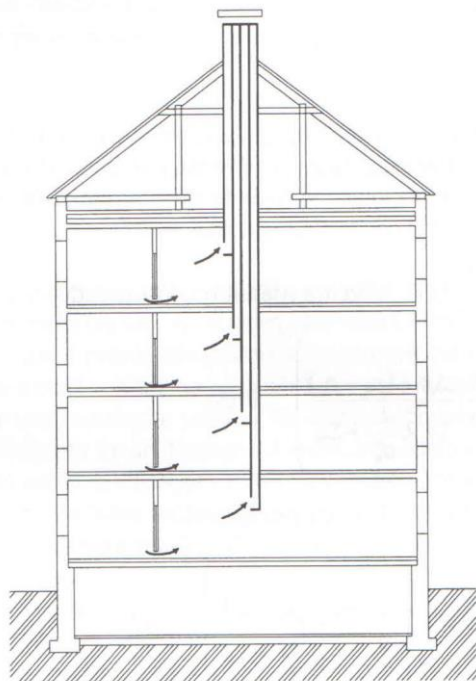
K odvodu znehodnoceného vzduchu v tomto případě slouží větrací otvor v místnosti, napojený na svisle vedenou šachtu vyústěnou nad střešní rovinu. K překonání hydraulického odporu je využito rozdílného tlaku, vzniklého převýšením větracího otvoru a vyústěné hlavice na střeše.

Pro zajištění správného fungování tohoto systému musí být zohledněn rozdíl mezi barometrickým a statickým tlakem v místnosti. Jak je patrné z gravitačního principu větrání, teplota v interiéru musí být větší než teplota v exteriéru. Během situace, kdy je teplota v interiéru menší, může být do prostoru vzduch šachtou naopak přiváděn. Tento jev se nazývá reverze.

Zlepšení tahu může být docíleno použitím výfukové hlavice, která přispívá svými aerodynamickými vlastnostmi a působením okolního větru k lepšímu odvádění vzduchu. Tento systém je v naší zemi velmi rozšířen především v bytové výstavbě a nejčastěji se s ním setkáme u větrání WC a koupelen.

Šachtové větrání může být řešeno několika způsoby. Množství odváděného vzduchu může být vyrovnáno množstvím vzduchu přivedeného netěsnostmi místností nebo přívodním průduchem. Samotné odváděcí potrubí

může být řešeno samostatným odvodem z každého patra nebo napojením odvodu z místnosti pomocným potrubím ve vyšším podlaží na sběrný průduch.[2]



Obr. 5: Šachtové větrání bez přívodu vzduchu [2]

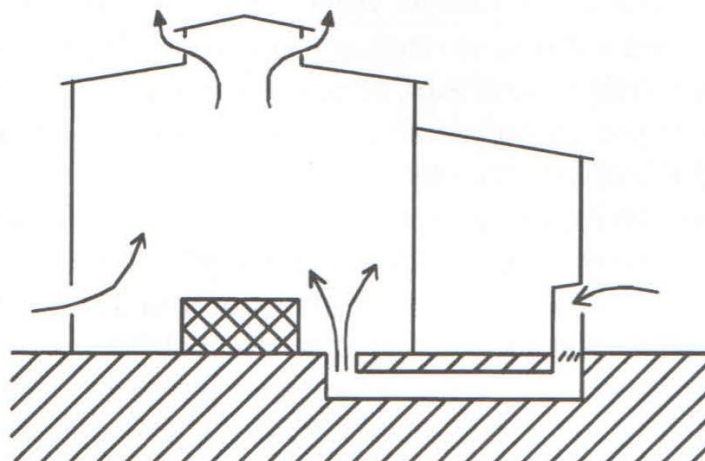
1.4.4 Aerace

Aerace je metoda přirozeného větrání navrhována v průmyslových halách převážně s teplým provozem. Přiváděný vzduch ve spodní části stavby se ohřeje zdrojem tepla v hale a dále je odváděn světlíky ve střední konstrukci. Dostatečné větrání je zajištěno správným navržením, velikostí přiváděných a odváděných otvorů. Dalším důležitým hlediskem je poloha přivodních otvorů.

U budov s velkým příčným rozponem může nastat situace, kdy přiváděný vzduch nebude provětrávat prostřední část místnosti. Tento problém se dá vyřešit přívodem vzduchu do střední části objektu kanálem vedeným pod podlahou.

Při návrhu se nepočítá s působením větru z důvodu jeho nestálosti. Občasné působení větru se zamezí osazením větrné zástěny ve vhodné vzdálenosti od střešních aeračních světlíků. Objem a teplotu větraného vzduchu lze regulovat používáním větracích průduchů, osazených v různých

úrovních objektu. Otevřením větracích průduchů v horní části objektu lze zejména v zimním období snížit objem větraného vzduchu a zajistit tak požadovanou teplotu ve výrobně. [2]



Obr. 6: Přívod a odvod vzduchu při aeraci [2]

1.4.5 Nucené větrání

Dopravu vzduchu u nuceného větrání zajišťuje ventilátor poháněný elektrickou energií. Ventilátor překonává hydraulický odpor potrubí, rozsáhlé rozvětvení, ale především můžeme do soustavy instalovat části pro vylepšení kvality vzduchu. Požadavky na kvalitu vzduchu můžeme splnit použitím výměníků, filtrů, zvlhčovačů a dalších zařízení pro úpravu vzduchu. Zásadní je, že systém nuceného větrání je s těmito prvky schopen plně fungovat. Podle úpravy vzduchu v soustavě hovoříme o soustavách bez úpravy vzduchu, částečnou úpravou vzduchu a úplnou úpravou vzduchu neboli klimatizaci.

Zásadní rozdělení vzduchotechniky podle přívodu a odvodu vzduchu se dělí podle tlaku vzduchu v místnosti.

1.4.6 Rovnotlaké větrání

V tomto případě hovoříme o přívodu a odvodu vzduchu na základě rovnosti objemu přiváděného a odváděného vzduchu. Oba tyto objemy jsou v rovnováze.

1.4.7 Přetlakové větrání

Vyznačuje se větším objemem přiváděného vzduchu než objemem odvedeného vzduchu. Toto řešení se používá, když je potřeba, abychom zabránili infiltraci neupraveného vzduchu z přilehlých prostor do místnosti, která má být větrána.

1.4.8 Podtlakové větrání

Tato varianta vznikne, pokud do místnosti přivedeme méně vzduchu než z místnosti odvedeme. V tomto prostoru vytvoříme podtlak, abychom zabránili znečištěnému vzduchu únik do okolních prostor. Jedná se například o místnosti, kde se pracuje s chemickými látkami.

1.4.9 Klimatizace

Velký podíl k úpravě vzduchu mají na trhu chladicí přístroje, využívající k distribuci po budově okruh s chladícím médiem. Hlavním úkolem klimatizačního zařízení je zajistit v místnosti kvalitní prostředí bezprůvanovým systémem. Klimatizační jednotka musí poskytnout i kvalitní prostředí s ohledem na teplotu, vlhkost a kvalitu vzduchu. K úpravě vzduchu v místnosti můžeme využít interiérové klimatizační jednotky nebo centrální klimatizační jednotky.

Princip fungování klimatizace je popsán v následujících odstavcích. „Proces začíná v kompresoru umístěném ve venkovní jednotce, kde se stlačují studené páry chladiva o nízkém tlaku. Z kompresoru vystupuje horké chladivo o vysokém tlaku. Je přiváděno do výměníku tepla, který je ochlazován venkovním vzduchem za pomoci ventilátoru a chladivu je tak odebírána teplota. Přitom dochází ke kondenzaci. Za kondenzátorem je chladivo již v kapalném stavu.

Potrubím se kapalné chladivo přivádí do vnitřní jednotky. Zde prochází expanzním ventilem, který snižuje tlak chladiva. Teplota chladiva prudce klesne pro teplotu chlazeného prostoru. Chladivo o nízké teplotě a nízkém tlaku dále postupuje do výměníku tepla – výparníku. Skrze stěny výparníku chladivo odebírá teplo z okolního vzduchu, který je tudíž hnán ventilátorem. Na stěnách výparníku se kapalné chladivo odpařuje. Z výparníku odchází chladivo

v plynném stavu o nízkém tlaku a nízké teplotě. Potrubím je dopraveno z vnitřní jednotky zpět do venkovní jednotky ke kompresoru a celý cyklus se opakuje.“ [6]

1.5 Části vzduchotechniky

V této kapitole si popíšeme konkrétní prvky zajišťující funkci a správný chod celé vzduchotechniky.

- Vzduchovody
- Distribuční elementy
- Ventilátory
- Filtry
- Tlumiče hluku
- Zvlhčovače vzduchu
- Požární klapky
- Ohřívače
- Chladiče

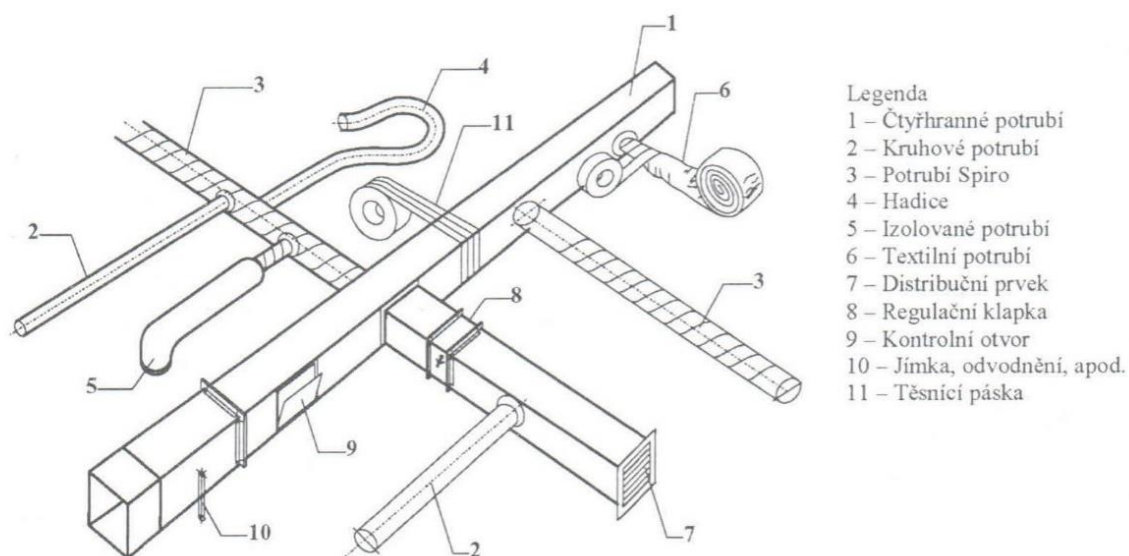
Vzduchovody

K přívodu čerstvého vzduchu do místnosti a odvodu znehodnoceného vzduchu slouží potrubí. Nejčastěji se setkáváme se vzduchovody, které mají čtyřhranný nebo kruhový průřez. Potrubí se nejčastěji vyrábí z pozinkovaného plechu tloušťky 0,5 – 3,0 mm. Délka hranatého potrubí je limitována velikostí plechu na 2000 mm. Navíjením plechu se vyrábí kruhové potrubí, které má velký podíl na trhu a nazývá se Spiro potrubí. Kruhové potrubí svým průřezem nabízí větší objem větraného vzduchu k poměru použitého materiálu na výrobu potrubí. Při vyšších rychlostech se kruhové potrubí projevuje jako výrazně aerodynamičtější a méně se zanáší prachem a nečistotami. Problém nastává s přizpůsobením potrubí do objektu, kde se naopak čtyřhranné potrubí jeví jako praktičtější. V běžných systémech se setkáváme s kombinací čtyřhranného i kruhového potrubí a v problematických úsecích si můžeme pomoci ohebnou kruhovou hadicí.

Pro členění a rozvody vzduchotechniky se používají jednotlivé segmenty různých tvarů. Při použití vzduchovodů k odvodu znečištěného vzduchu agresivními látkami, lze potrubí ošetřit ochrannými nátěry. Při návrhu musíme myslet na úseky s možným kondenzováním vody a tyto části musíme navrhnout s určitým spádem, abychom kondenzát mohli odvádět pryč.

Kondenzaci a tepelným ztrátám můžeme zabránit použitím tepelné izolace. Doba životnosti vzduchovodů z pozinkovaného plechu je 20 až 25 let. Pro správný chod potrubí musíme dbát na řádné napojování jednotlivých částí. Hranaté potrubí napojujeme pomocí příruby osazené na předem ohýbanou část potrubí. Navazující části potrubí jsou v tomto spoji sešroubovány.

Důležitým aspektem při návrhu potrubí je zohlednění místních odporů a ztráty třením. Ztráta třením se projeví při použití pozinkovaného plechu, který má ekvivalentní drsnost 0,15 mm, ocelové trubky 0,045 mm a například beton má drsnost 0,5 - 3 mm. Místní odpory se projeví při změně směru potrubí, změně průměru potrubí, instalací průduchů a filtrů. [7]



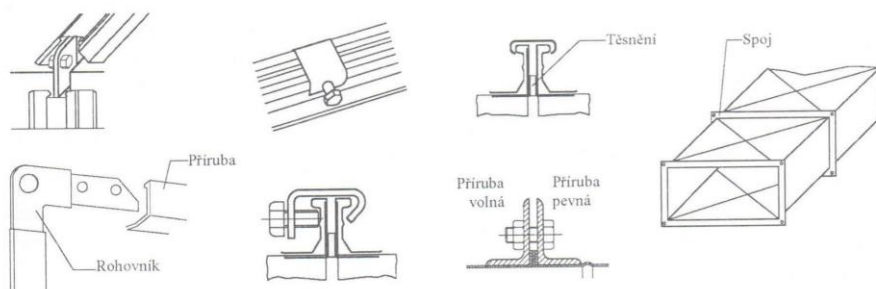
Obr. 7: Schéma typické části vzduchotechniky [7]



Obr. 8: Čtyřhranné potrubí z pozinkovaného plechu [Vytvořeno autorem]



Obr. 9: Spiro potrubí [Vytvořeno autorem]



Obr. 10: Spoje potrubí [7]

Distribuční elementy

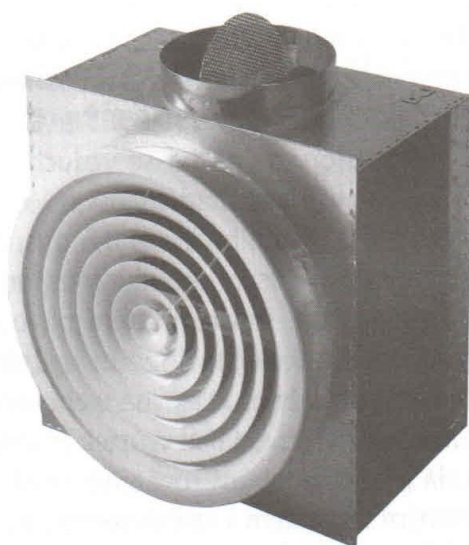
Důležitým prvkem pro zajištění pohody a správnou funkci vzduchotechniky v místnosti jsou distribuční prvky. Tyto zakončovací prvky zajišťují svým tvarem a vhodným umístěním požadované proudění v místnosti. Na obraz proudění v místnosti má vliv vzájemné umístění přívodního a odvodního elementu. Při návrhu musíme zohlednit geometrii a užívání místnosti. Rychlost proudu klesá vzdáleností od vyústku přibližně rychlostí 0,5 m/s. Rychlost vzduchu současně nesmí překročit mezní hodnoty, které jsou závazně dány účelem místnosti. Vyústky můžeme osadit do stěny, podhledu, pod parapet nebo volně do prostoru.

Vyústka se žaluziovou klapkou

Nejběžnějším použitím v průmyslových zařízeních jsou vyústky se žaluziovou klapkou. Tyto žaluzie dovolují uživateli nastavení průtoku a směru prouděného vzduchu. Dají se osadit přímo na potrubí, do podhledů a do stavebních příček.

Anemostaty

Nejrozšířenější jsou kruhové a čtvercové anemostaty, které se navrhují u komfortních větracích zařízení. Používají se do podhledů s výškou od 2,6 - 4 m, ale dají se umístit i volně pod strop. Tyto elementy svým tvarem zajišťují přívod vzduchu všemi směry. [2]



Obr. 11: Kruhový anemostat [2]

Vyústky s vířivým účinkem

Svým profilovaným tvarem zajišťují správné míchání přiváděného vzduchu se vzduchem v prostoru. Vyústka může mít pevné lamely, ale při přivádění teplého i chladného vzduchu je lepší zvolit model s přestavitelnými lamelami. Přestavitelné lamely zajistí lepší promíchávání přiváděného vzduchu podle jeho teploty. [2]



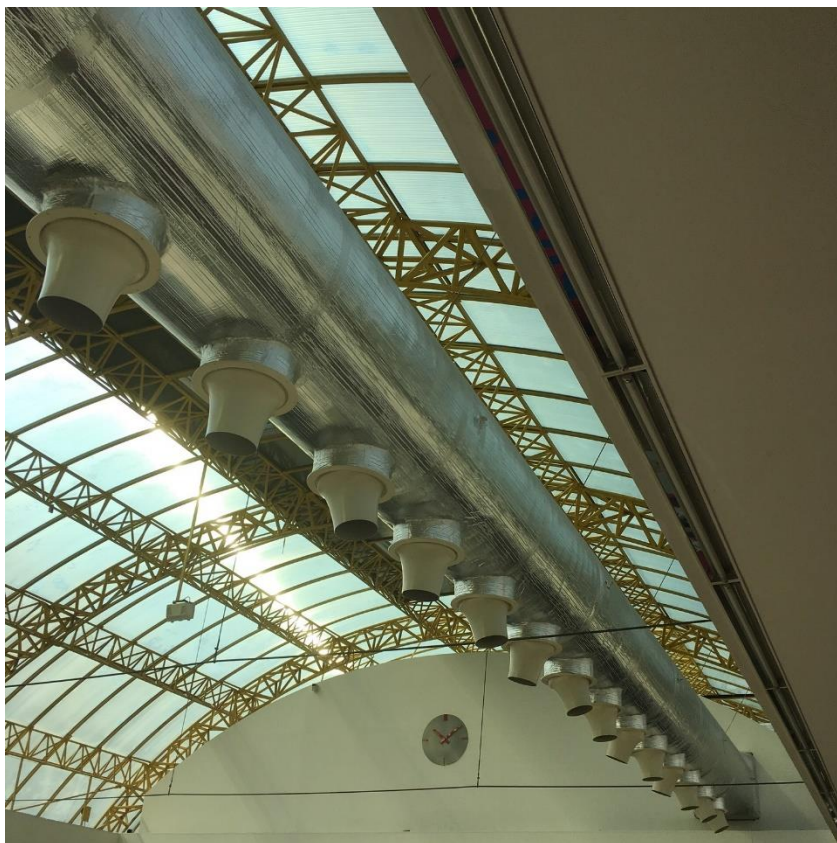
Obr. 12: Vířivá vyústka s horizontálním připojením a přestavitelnými lamelami [2]

Štěrbiny

Tyto vyústky jsou vhodné pro použití ke komfortnímu větrání v prostorách se střední výškou. Jsou vhodné pro vytápění i chlazení. Nejčastěji se využívají při požadované velké výměně vzduchu za malých rychlostí. Můžeme se s nimi tedy setkat v obchodních domech, kancelářích, výstavních sálech a konferenčních prostorách. [2]

Dýzy

Při distribuci vzduchu ve velkých prostorách jsou nejvhodnější dýzy. Narazíme na ně především v konferenčních sálech, krytých atriích nebo ve sportovních halách. Z dýzy se vzduch dostává velkou rychlostí, proto se musí počítat s dostatečnou vzdáleností od uživatele, aby nepociťoval průvan. Pro zajištění optimálního vzduchu pro chlazení a vytápění v místnosti, musíme zajistit změnu směru výstupu přiváděného vzduchu. Změnu můžeme zajistit manuálně nebo pomocí servopohonu. Dýzy se mohou vyskytovat samostatně nebo lze skládáním vytvořit velké soubory dýz. [7]



Obr. 13: Dýzy v atriu [Vytvořeno autorem]

Ventilátory

Jedná se o lopátkové stroje sloužící k přesunu objemu vzduchu předáním mechanické energie. Ventilátory se dělí do několika skupin, nejdůležitějším rozdělením pro realizaci vzduchotechniky je dělení podle směru průtoku vzduchu a podle přenosu energie.

Radiální ventilátory nasávají vzduch, který dále proudí kolmo na osu rotace ventilátoru. Na rozdíl od axiálního ventilátoru, který zajišťuje proudění vzduchu ve směru osy rotace. Pokud dochází k vychýlení proudícího vzduchu pod tupým úhlem vzhledem k ose, rotoru mluvíme, o diagonálním ventilátoru. Pokud potřebujeme nasávat vzduch v širokém podélném, rozměru využijeme, diametrální ventilátor. Jeho chod funguje na principu opačného točení Bankiho turbíny.

Energie přiváděná na listy ventilátoru může být buď na přímo, přes spojku nebo přes řemen. V dřívějších dobách, kdy nebylo možné vyrobit dostatečně nehluký elektrický motor, bylo nejvýhodnější používat propojení motoru s osou vrtule pomocí řemenu. S příchodem dostatečně kvalitních

elektrických motorů a přesných součástí vibrace vzniklé od motoru klesají na minimum. [2]

Filtry

Základním způsobem k zajištění požadované čistoty vnitřního ovzduší ve větrané místnosti je použití filtrů. Filtr zajišťuje zachycení nežádoucích látek. Tyto látky mohou být tuhého i kapalného skupenství. Filtrací vzduchu zajišťujeme nejen správné prostředí, které je užíváno lidmi, ale chráníme i samotné části vzduchotechniky. Některé chemické látky mohou mít špatný vliv na použité materiály vzduchotechniky a mohou snižovat životnost celého systému. Při vysokých nárocích na zajištění kvalitního, a hlavně zdravého prostředí zaměstnanců, je nejvhodnější do projektu navrhnout vícestupňové filtrace.

Zásadní parametr pro návrh filtrů je účinnost filtrace a tlaková ztráta. Účinnost filtru zjistíme z dostupných materiálů od výrobce. Výrobci poskytují specifikace účinnosti v různých jednotkách, proto je důležité si při návrhu dát na tyto veličiny pozor. Tlaková ztráta filtrů je způsobena velikostmi jednotlivých štěrbin. Tyto štěrbin se postupem času a užíváním vzduchotechniky zanáší, a místní tlaková ztráta se proto zvětšuje. Je nutnost zajistit pravidelnou výměnu filtrů. Třídění filtrů podle jejich použití a účinnosti je rozdělené v následujících tabulkách. [1]

Tab. 3: Hrubé filtry [1]

G 1 – G 2	Všeobecně	Typické příklady použití
	<ul style="list-style-type: none"> - účinné pro vláknitý prach - poměrně účinné pro částice větší než 10 µm - systémy s nejnižšími požadavky na filtraci - předfiltry pro vyšší koncentraci prachu 	<ul style="list-style-type: none"> - první stupeň filtrace u víceúrovňových zařízení - filtry pro klimatizaci a větrání v textilních provozech - jednoduché okenní a podokenní klimatizátory - ochrana výměníků, zvlhčovačů a větracích systémů - systémy větrání v těžkých provozech
G 3 – G 4	Všeobecně	Typické příklady použití
	<ul style="list-style-type: none"> - účinné proti pylu a zvířenému prachu 	<ul style="list-style-type: none"> - ochrana výměníků, zvlhčovačů a ventilačních systémů - vytápěcí a větrací systémy průmyslových podniků - filtrace v dopravních prostředcích - filtrace garáže, obchodních domů - vzduchové clony, sportovní haly - předfiltry pro klimatizační zařízení

Tab. 4: Střední filtry [1]

M 5 - M 6	Všeobecně	Typické příklady použití
<ul style="list-style-type: none"> - málo účinné proti sazím, olejové mlze a tabákovému kouři a kouři z technologických procesů - částečně účinné proti výtrusům a bakteriím 		<ul style="list-style-type: none"> - větrací a klimatizační systémy pro školy, shromažďovací místnosti, restaurace, sportovní haly, kancelářské budovy - v průmyslu pro větrání provozů s vyššími nároky na čistotu (chemický, papírenský průmysl, výroba syntetických hmot, méně náročné výroby přesné mechaniky a optiky)
F 7	Všeobecně	Typické příklady použití
<ul style="list-style-type: none"> - účinné proti bakteriím, výtrusům - částečně účinné proti sazím, olejové mlze, tabákovému kouři, kouři z technologických provozů 		<ul style="list-style-type: none"> - větrací a klimatizační zařízení pro laboratoře, nemocniční pokoje, kancelářské budovy, divadla, kuchyně, obchody s potravinami - v průmyslu pro telefonní ústředny, výrobu potravin, dílny přesné mechaniky, televizní studia, přívod vzduchu do stříkacích boxů
F 8 – F 9	Všeobecně	Typické příklady použití
<ul style="list-style-type: none"> - velmi účinné proti sazím, olejové mlze, tabákovému kouři, kouři z technologických procesů, bakteriím 		<ul style="list-style-type: none"> - operační sály, výzkumné zkušebny a laboratoře - provozy chemické a farmaceutické výroby - pomocné prostory sterilizačních pracovišť a operačních sálů - 2. stupeň filtrace pro vysoce účinnou filtraci

Tab. 5: Vysoce účinné filtry [1]

H 10	Všeobecně	Typické příklady použití
- Dobře účinné proti všem druhům prachů a aerosolů		<ul style="list-style-type: none"> - metrologické laboratoře pro kalibraci - laboratoře pro optiku, elektroniku a biologii - operační sály - dodávka vzduchu pro čisté prostory v jaderných elektrárnách
H 11	Všeobecně	Typické příklady použití
- velmi účinné pro všechny druhy prachů a aerosolů, včetně virů		- shodné jako pro použití filtrů H 10, pouze pro náročnější aplikace
H 12 – H 13	Všeobecně	Typické příklady použití
- vysoce účinné pro všechny druhy prachů a aerosolů, včetně virů		<ul style="list-style-type: none"> - základní filtr pro všechny čisté prostory třídy 100 až 100 000 a s tím související aplikace v různých oblastech průmyslu, zdravotnictví a výroby léků - odsávací systémy pracující s nebezpečnými aerosoly (jaderná energetika, zdravotnictví, biologické prostory)
H 14 a vyšší	Všeobecně	Typické příklady použití
- vysoce účinné pro všechny druhy prachů a aerosolů včetně virů		<ul style="list-style-type: none"> - filtrace čistých prostorů tříd 10 a lepších - dodávka vzduchu pro biotechnologie

Tlumiče hluku

Nutnou součástí vzduchotechniky je absorpční tlumič hluku. Při použití ventilátoru ve vzduchotechnice, nelze zabránit vznikajícím vibracím a následné tvorbě hluku. Vzniklý hluk by se potrubím šířil celou budovou až do místnosti, kde by obtěžoval uživatele.

Jedná se o přímé potrubí se stěnami pokrytými pohlcujícím materiálem. Často se používá potrubí s pohlcujícími kulisami nebo potrubí s lomeným kanálem. Aby byla zajištěna správná funkce tlumiče, je nutné zvětšit celý prvek, aby materiál pohlcující hluk nebránil svým objemem potřebnému průtoku vzduchu. Pro zajištění průchodu konstantního objemu vzduchu, musí být tato část ventilace rozšířena. Kdyby tomu tak nebylo, zvětšovala by se rychlost proudícího vzduchu a tlumič by mohl být dalším nežádoucím zdrojem hluku.

Zajištění tichého chodu vzduchotechniky je nejlépe provést u samotného zdroje vznikajících vibrací. Vzniku vibrací můžeme zamezit použitím kvalitních a geometricky dobře navržených ventilátorů. Dále šíření můžeme omezit použitím distančních pryžových vložek. [2]

Zvlhčovače vzduchu

V zimním období, kdy je relativní vlhkost vzduchu dokonce nižší než 20 %, je nutno vzduch zvlhčovat. Vysušený vzduch můžeme pocítovat podrážděním dýchacích cest a pálením očí. Princip funkce zvlhčovače je založen na odpařování vody do větraného vzduchu. Během odpařování musí být zamezen možný vznik kondenzátu na stěnách vzduchotechniky. Zajištění dostatečného množství vody je samozřejmostí. K doplňování vody může docházet manuálně nebo plně automaticky. [7]

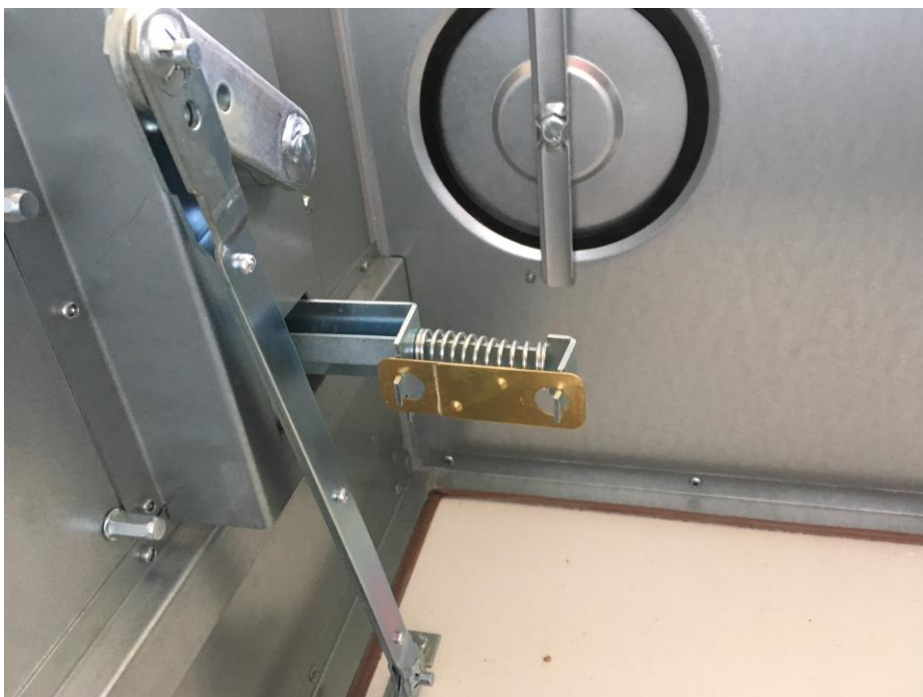
Požární klapky

Při průchodu vzduchotechniky požárně dělící konstrukcí musíme instalovat požární klapky. Požární klapky mohou být uzavíratelné elektronicky nebo mechanicky. Mechanické klapky fungují na principu aretované pružiny, která je opatřena pojistkou. Pojistka při zahřátí povolí a vzduchotechnika se

uzavře. Úplné utěsnění zajistí intumescentní páska. Pro kontrolu této bezpečnostní pojistky musí být zajištěný přístup pomocí dvířek.



Obr. 14: Požární klapky [Vytvořeno autorem]



Obr. 15: Pojistka detekující požár [Vytvořeno autorem]

Ohřivače

Pro zajištění tepelné pohody v českém klimatickém podnebí, musíme během větší části roku přiváděný vzduch ohřívát na požadovanou teplotu. Topná sezóna v České republice začíná 1. září a končí 31. května. Pro začátek topné sezóny je závazný pokles průměrné denní teploty dvou následně po sobě jdoucích dnů pod 13 °C a pro konec topné sezóny překročení průměrné denní teploty nad 13 °C během dvou dnů.

Dosažení požadované teploty se dosáhne předáváním tepelné energie větranému vzduchu, pomocí vodních či elektrických ohřivačů. Ohříváný vzduch je veden kolem žebrovaných otopných tyčí. [7]

Chladiče

Chladiče fungují na opačném principu jako ohřivače. Proudící vzduch předává tepelný přebytek na chladící tyče. Chladiče mají více řad než ohřivače, protože ke správné funkci potřebují větší teplosměnnou plochu. Chlazením vzniká kondenzát, který musí být odváděn. [7]

2 PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 Vyhodnocení nejčastějších vad a reklamací

V této části se zaměřuji na nejčastější vady, které se projeví po předání stavebního díla investorovi. Vyhodnocuji databázi vad a reklamací poskytnutou společností Metrostav. Tyto vady mohly vzniknout několika možnými způsoby. Celkem v databázi bylo 303 vad, které jsem si rozdělil do čtyř skupin podle jejich vzniku.

2.1.1 Mechanická závada

Jedná se o závadu, která vznikla mechanickým poškozením. Do této části jsem zařadil výrobky, které přestaly samovolně fungovat během krátkého užívání objektu. Tyto výrobky ze zákona podléhají záruční lhůtě, a proto je povinnost zhotovitele tyto vady odstranit na vlastní náklady. Do skupiny vad jsem zařadil i vady projevující se nefunkční elektroinstalací nebo špatně fungujícím softwarem.

Příklady závad:

- Selhání oběhového čerpadla
- Nefunkční ventilátor VZT
- Nefunkční rekuperace
- Nefunkční regulace klapky přívodního potrubí čerstvého vzduchu
- Nefunkční protipožární klapka
- Závada na čerpadle

2.1.2 Chyba v projektové dokumentaci

Při návrhu vzduchotechniky musí projektant respektovat požadavky na správný chod systému. Je závazné navrhovat systém podle požadavků stanovených zákonem. Projektant by měl zajistit co nejlepší podmínky pro budoucího uživatele a bezproblémový chod.

Příklady závad:

- Špatný přístup ke kontrole požárních klapek
- Nedostatečný výkon ventilátoru
- Špatné umístění distribučního elementu
- Opomenutí návrhu tlumiče nadměrného hluku

2.1.3 Pravidelná údržba

Do této skupiny patří vady vzniklé špatným užíváním vzduchotechniky. Ve vzduchotechnice jsou použity často strojové součásti, které se musí řádně udržovat. Systém by měl být udržován odborně proškoleným pracovníkem. Proškolený pracovník zajišťuje správný chod systému a pravidelně kontroluje namáhané části. Dále musí pravidelně vyměňovat filtry v systému vzduchotechniky, aby nedošlo k jejich zanešení. Za vady způsobené nepravidelnou údržbou nenese zhotovitel zodpovědnost.

Příklady závad:

- Špatná funkce chlazení, nedostatek chladiva
- Zanesení filtrů

2.1.4 Špatná instalace

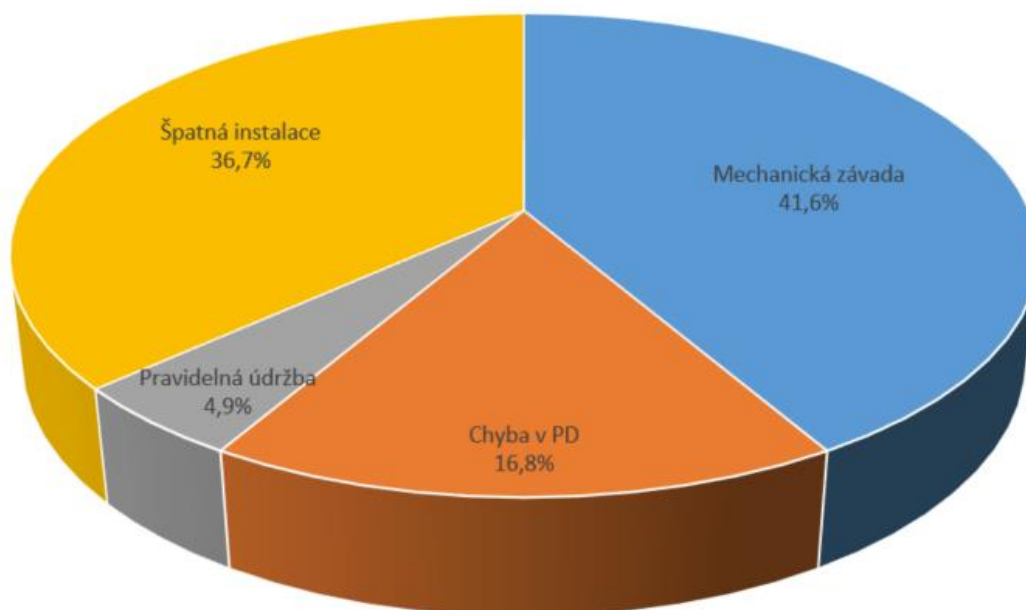
Pro správnou instalaci by měl dodavatel komponentů vzduchotechniky poskytnout podklady pro správnou realizaci. Technologický postup by měl specifikovat přesné kroky montáže, kterých by mělo být dodrženo během realizace. Projektant musí dodržovat zásady značení v projektové dokumentaci, aby nevznikaly vady při montáži spojené s nejasností při čtení výkresů. Po zhotovení musí proběhnou řádné zkontrolování funkčnosti celého systému.

Příklady závad:

- Hodnoty průtoků vzduchu neodpovídají projektové dokumentaci
- Chyba v provedení izolace vzduchotechniky
- Netěsnost potrubí
- Netěsnost na přívodním potrubí chladicí vody
- Chybí instalace tlumičů hluku

Tab. č. 6: Četnost vad vyskytnutých po dokončení [Vytvořeno autorem]

Vyhodnocení vad a reklamací		
Druh vady	Počet výskytu vady	Procentuální podíl
Mechanická závada	126	41,6 %
Chyba v PD	51	16,8 %
Pravidelná údržba	15	4,9 %
Špatná instalace	111	36,7 %



Obr. 16: Vyhodnocení vad a reklamací [Vytvořeno autorem]

2.2 Nejčastější závada

Jednou ze závad, projevených nejčastěji, je hluk. Vady způsobující hluk, mohou být způsobeny mechanickou závadou, špatným naprojektováním vzduchotechniky, nevhodnou realizací nebo nedostatečnou údržbou. Zamezit šíření hluku můžeme použitím tlumiče hluku, jehož funkce je popsána v kapitole tlumiče hluku.

2.3 Vady v průběhu realizace

V průběhu realizace se může vyskytnout hned několik vad. Nejčastější chyby jsou spojené se špatným čtením výkresů, nebo špatným zhotovením projektové dokumentace. U rekonstrukcí bývá problém se špatným zaměřením původního stavu objektu. Vzduchotechnické prvky po dokončení výstavby bývají často zakryty, a proto je jejich oprava technicky a finančně velmi náročná. V průběhu výstavby by měla být vzduchotechnika pečlivě kontrolována. Je vhodné vyzkoušet správný chod vzduchotechniky před kompletním zakrytím jednotlivých prvků.

Na obrázcích č. 17 a 18 jsou zdokumentovány příklady těchto vad. U prvního obrázku je špatně realizovaný přívod a odvod vzduchu z místnosti. Došlo ke špatnému čtení z projektové dokumentace a z místností je vzduch pouze odváděn, nebo jen přiváděn. Dochází k nedostatečné výměně vzduchu v místnosti, jen pomocí infiltrace. Oprava byla provedena novým napojením vzduchotechniky.

Následující obrázek č. 19 dokumentuje nemožné napojení hlavního vzduchovodu s distribučním elementem. Napojení se nachází v úrovni nosné konstrukce, skrz kterou nelze vést potrubí. Jedná se o rekonstrukci a vada vznikla důvodem špatného zaměření stávajícího stavu. Po dohodě s projektantem byl vyústek do místnosti posunut mimo nosnou část konstrukce s ohledem na distribuci čerstvého vzduchu po místnosti.



Obr. 17: Špatné napojení přiváděného a odváděného vzduchu [Vytvořeno autorem]



Obr. 18: Oprava špatného napojení [Vytvořeno autorem]



Obr. 19: změna napojení distribučního prvku na vzduchotechniku [Vytvořeno autorem]

2.4 Technologický předpis

Při realizaci stavebního díla by se mělo postupovat podle řádně vypracovaného technologického předpisu. Tento technologický předpis vyplývá z dlouholetých zkušeností a doporučení dodavatele jednotlivých komponentů. Pro jednotlivé části vzduchotechniky by měl být tvořen samostatný technologický předpis.

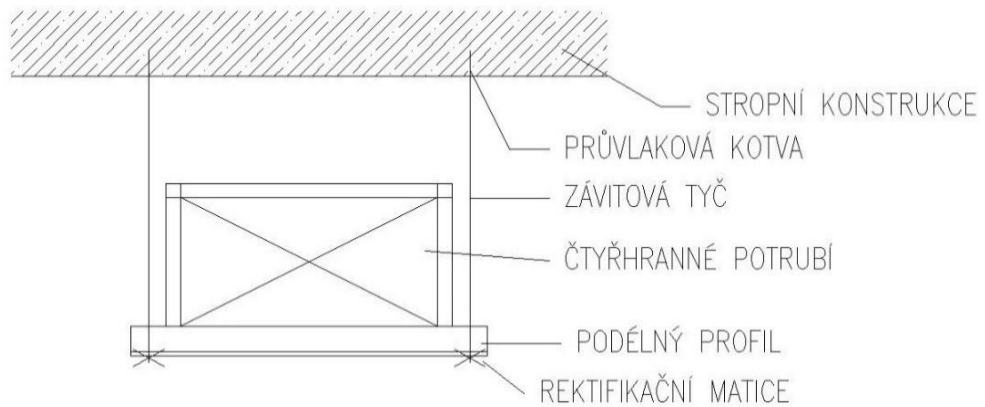
2.4.1 Technologický předpis pro montáž vzduchovodu

- Přípravenost objektu
- Přípravenost pracoviště
- Sklad materiálu (pro skladování musí být zvolený vhodný prostor, ve kterém bude zajištěno po celou dobu skladování suché prostředí)
- Příprava pracovního lešení
- Vytyčení kotevních bodů závěsného systému

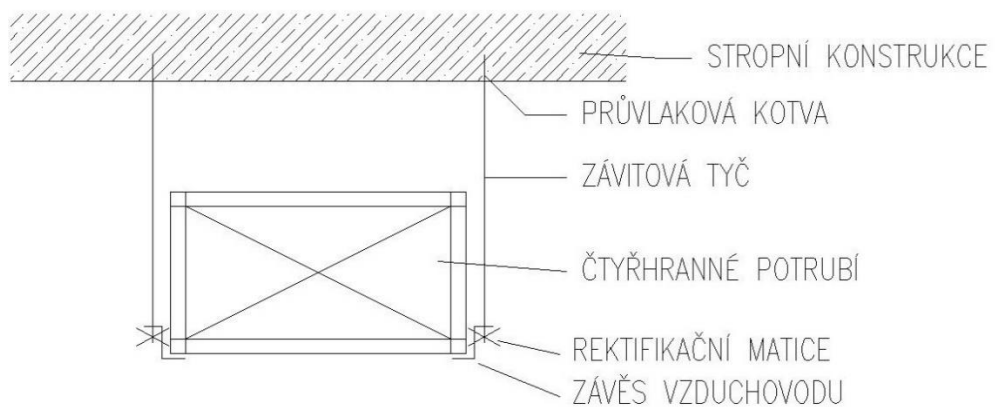
- Vyvrtání a vyčištění otvorů pro montáž závěsného systému
- Instalace závitové tyče pomocí průvlakové kotvy
- Našroubování podélných profilů k závitové tyči
- Vložení a ukotvení vzduchovodu na podélné profily
- Napojení dílců vzduchovodu pomocí přírub
- Nepojení na přívod a odvod vzduchotechniky
- Utěsnění spojů
- Kontrola provedení před montáží tepelné izolace
- Provedení tepelné izolace dle PD
- Zkouška uzavřeného podsystemu
- Zkouška celého systému
- Předání zhotoveného díla
- Vyklizení pracoviště a skladu

2.4.2 Ukotvení vzduchovodu

Jedním z nejdůležitějších kroků při realizaci vzduchotechniky je správné ukotvení vzduchovodu. V minulosti se preferovalo osazení vzduchovodu na vetknutých konzolích. V dnešní době se převážně potrubí ukládá na závěsy. Tyto závěsy jsou složeny z průvlakových kotev, závitové tyče, matic a nosného profilu. Závitová tyč usnadňuje přesnou rektifikaci výšky potrubí. Dále můžeme kotvit závitovou tyč přímo na přírubový spoj. Vzdálenosti podpor vzduchotechniky jsou určeny hmotností potrubí. Závisí na použitém materiálu a rozměrech potrubí. Kruhové potrubí lze upevnit pomocí trapézového závěsu. Závěs se přikotví k potrubí pomocí nýtů nebo samořezných šroubů. Do těchto částí je vhodné vložit tlumiče hluku. Svisle vedené potrubí se kotví v každém patře pomocí úhelníkových příložek.



Obr. 20: Uložení vzduchovodu na závěsech [Vytvořeno autorem]



Obr. 21: Ukotvení na závěs vzduchovodu [Vytvořeno autorem]

2.5 Kontrola vzduchotechniky po montáži

Pro zajištění správného chodu a dlouholeté životnosti vzduchotechniky, je třeba po dokončení montáže provést několik zkoušek a kontrol. Po zhotovení díla je nutné provést kontrolu jednotlivých částí v rozsahu celé vzduchotechniky. Tyto kontroly se provádí vizuální prohlídkou, zkouškou jednotlivých prvků, a nakonec se provede kompletní zkouška vzduchotechniky.

Kontroly jednotlivých komponentů je vhodné provádět během instalace. Provádění průběžných kontrol může značně ovlivnit celkovou dobu výstavby. Některé prvky vzduchotechniky jsou vyráběny s požadavkem na specifické rozměry a při zjištění jejich nefunkčnosti musí být prvek znovu vyroben.

Opětovná výroba specifického prvku může narušit časový harmonogram stavby.

2.5.1 Vizuální prohlídka

Jedná se o všeobecnou prohlídku, během které vizuálně kontrolujeme shodu realizované vzduchotechniky s projektovou dokumentací. Vady zjištěné během kontroly se rozdělí podle jejich závažnosti a poznamenají se do protokolu. Do protokolu se také uvádí výsledný stav prohlídky.

Kontroluje se především: přístupnost komponent pro údržbu, stav čistoty zařízení, úplnost značení a typového označení na evidenčním štítku, provedení protipožárních ochranných dle projektové dokumentace, umístění tepelných a parotěsných izolací dle projektové dokumentace, instalace antivibračních zařízení a, zda jsou instalována zabezpečovací zařízení. [8]

2.6 Zkoušky vzduchotechniky pro kolaudaci stavby

Zkoušky vzduchotechniky dělíme na zkoušky předepsané a dohodnuté. Dohodnuté zkoušky jsou požadované zkoušky od dodavatele a musí být smluvně specifikované. Předepsané zkoušky vyžaduje pro kolaudaci stavby stavební úřad. [9]

Předepsané zkoušky:

- Zkouška chodu celého systému
- Zkouška zaregulování výkonových zařízení
- Měření hluku ze vzduchotechnických zařízení
- Prohlídka požárních klapek

Dohodnuté zkoušky:

- Měření a kontrola mikroklimatických parametrů
- Zkouška obrazu proudění vzduchu
- Zkouška podtlaku nebo přetlaku
- Zkouška těsnosti vzduchovodů
- Měření koncentrací škodlivin

- Měření koncentrací nebezpečných hořlavých aerosolů, plynů, par a pachů
- Měření vibrací
- Měření přítomnosti mikroorganismů
- Měření elektroiontového mikroklimatu

2.6.1 Zkouška chodu celého systému

Touto zkouškou ověřujeme schopnost dlouhodobého chodu zařízení. Ověřuje se průchodnost a těsnost vzduchovodů, funkčnost spínacích zařízení, ovladatelnost distribučních a regulačních elementů. Klade se důraz na kontrolu správného nastavení proudové ochrany elektromotorů u ventilátorů. Z tohoto vyplývá, že značná část zkoušek vyžaduje znalosti z elektrotechniky a strojírenství.

Pro malá vzduchotechnická zařízení, zkouška bezporuchového a nepřetržitého chodu trvá dva dny. U velkých objektů tato zkouška může trvat v rozsahu dvou až pěti dnů.

2.6.2 Zkouška zaregulování výkonových zařízení

Touto zkouškou ověřujeme, jestli je dosaženo stejného průtoku vzduchu potrubím, které bylo navrženo projektantem. Ověřuje se průtok vzduchu v potrubí, ale nejdůležitější je průtok na distribučních elementech. Tato zkouška se provádí po finální regulaci soustavy.

Měření průtoku vzduchu potrubím a přístupné tolerance upravuje norma ČSN EN 12599. Tato norma uvádí nejistotu měření $\pm 10 \%$ pro změřené hodnoty. [8]

Samotná zkouška je prováděna pomocí anemometru, kterým je měřena rychlost proudícího vzduchu. Tato rychlost se měří v různých rovinách potrubí a v závěru se zprůměruje. Ze známé rychlosti a plochy profilu potrubí dopočítáme průtok vzduchu.



Obr. 22: Termický anemometr [10]

2.6.3 Měření hluku ze vzduchotechnických zařízení

Důvodem této zkoušky je požadavek na hygienické limity hluku. Tento požadavek slouží k ochraně zdraví lidí a je závazný. Vzduchotechnika produkuje vnikem vibrační hluk, který je dále šířen potrubím do užívaných prostor. Tento požadavek se týká i venkovních prostor v dosahu možného zdroje hluku.

Měření se provádí v denních i nočních hodinách pomocí hlukoměru, kolmo na zdroj hluku ve vzdálenostech 0,5, 1, 2, 4, 8 metru, podle velikosti místnosti. Nejprve se změří hladina akustického tlaku v pozadí, kdy je vzduchotechnika vypnuta. Výsledná měření se porovnají s požadavky Nařízení vlády č. 361/2007, v platném znění.

Tolerance měření hladiny akustického tlaku definuje norma ČSN 3746, která udává toleranci měření ± 3 dB.

2.6.4 Prohlídka požárních klapek

Jedná se o požárně bezpečnostní zařízení, na které je kladen požadavek podle normy ČSN 73 0872. Během kontroly se zjišťuje správná funkčnost a provedení protipožárního izolování od protipožární stěny. Kontrolu provádí odborně způsobilá osoba, která o kontrole vede záznam. Provozovatel je povinen vést dále provozní dokumentaci a provádět každý rok kontroly. Musí být zajištěn možný přístup k těmto požárním uzávěrům.

2.6.5 Měření a kontrola mikroklimatických parametrů

Mikroklimatické podmínky jsou určeny teplotou, relativní vlhkostí a rychlostí proudění vzduchu. Tyto veličiny jsou na sobě závislé a navzájem se ovlivňují.

Měření šíření rychlosti vzduchu probíhá měřicí sondou. Měří se ve výšce 1,7 m a počet měřících míst je závislý na velikosti místnosti. Maximální rychlost proudění vzduchu v obytných prostorách nesmí přesáhnout hodnotu 0,2 m/s. Z Nařízení vlády č. 361/2007, v aktuálním znění vyplývá, že tato hodnota je závazná. [8]

Teplota přiváděného vzduchu je měřena pomocí teplotního čidla, které je umístěno do místa předpokládaného pobytu osob. Teplota se měří v úrovni kotníků, břicha a hlavy podle účelu místnosti. Výšky měření se od sebe liší, jestli člověk bude v místnosti sedět, ležet, nebo stát. [8]

Vlhkost v místnosti se měří pomocí vlhkoměru, který se musí často kontrolovat, čistit a kalibrovat. Průběh zkoušky trvá 24 hodin a vyžaduje dlouhou dobu ustálení prostředí. Během zkoušky se zaznamenává relativní vlhkost a teplota. Po provedení zkoušek se následně výsledky vyhodnotí podle normy ČSN EN 12599. [8]

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit možné závady spojené s realizací a užíváním vzduchotechniky. V teoretické části jsou popsány principy výměny vzduchu v budovách a jednotlivé komponenty vzduchotechniky, což napomáhá k pochopení příčin vzniku závad.

Z poskytnuté databáze byly závady rozděleny do čtyř skupin na mechanické závady, chyby v projektové dokumentaci, závady vzniklé nepravidelnou údržbou a závady vzniklé špatnou instalací částí vzduchotechniky. Vyhodnocením databáze bylo zjištěno, že nejčastěji se vyskytující závady jsou mechanického původu s výskytem 41,6 %. Závady ze všech čtyř skupin se často projevují zvýšenou hlučností vzduchotechnické jednotky. Hlučnost byla zjištěna jako nejčastěji se vyskytující závada. Hygienické požadavky na hluk jsou závazné a jsou přesně stanoveny. Proto je v bakalářské práci popsáno, jak vznikající hluk co nejlépe eliminovat.

Značná část vzduchotechniky se skládá ze sofistikovaných komponentů, které jsou navrhovány strojními a elektrotechnickými inženýry. Proto je vhodné pro jednotlivé části během realizace postupovat podle přesného technologického předpisu. Technologický předpis se liší podle konkrétního prvku, a proto by měl být sestaven jednotlivě pro každou část vzduchotechniky. V bakalářské práci jsou popsány jednotlivé kroky montáže vzduchovodu. Při osazování požárních klapek je doporučeno postupovat podle projektové dokumentace, která by měla být vypracována na základě normy ČSN 73 0872 Požární bezpečnost staveb – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením. Dále je důležité zajistit přístup ke kontrole těchto bezpečnostních prvků.

V této práci jsou popsány i závady, které vznikly a byly odstraněny již během realizace. Jednalo se o závady způsobené špatným čtením z projektové dokumentace a špatným zaměřením stávajícího stavu u rekonstruovaného objektu.

Závěr této práce je zaměřen na provádění kontrol a zkoušek vzduchovodu. Pravidelné kontroly jednotlivých segmentů vzduchotechniky

jsou základem pro správné dodržení časového harmonogramu. Po zhotovení a zaregulování celého systému, je nutno provést několikadenní zkoušky chodu.

Tato práce přináší souhrnný přehled vzniklých vad během montáže vzduchotechniky, které je třeba eliminovat během projektování a realizace. Zároveň se práce zaměřuje na správné postupy během montáže a výsledné zkoušky pro zajištění správného chodu, čímž byly splněny všechny předem stanovené cíle bakalářské práce.

3 ZDROJE A POUŽITÁ LITERATURA

3.1 Použitá literatura

[1]. **Drkal, František, Lain , Miloš a Zmrhal, Vladimír.** *Klimatizace.* Praha : České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05652-3.

[2]. **Székyová, Marta, Ferstl, Karol a Nový, Richard.** *Větrání a klimatizace.* Bratislava : Jaga, 2006. ISBN 80-8076-037-3.

[3]. **Drkal, František a Zmrhal, Vladimír.** *Větrání.* Praha : České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05181-8.

[4]. **Tůma, Jan.** *Domácí klimatizace a čističky vzduchu.* Brno : ERA, 2007. ISBN 978-80-7366-081-9.

[5]. **Dufka, Jaroslav.** *Větrání a klimatizace domů a bytů.* Praha : Grada, 2005. ISBN 80-247-1144-3.

[6]. **Sinop.** [Online] [Citace: 2. květen 2017.] <http://sinop.cz/vyrobky-a-sluzby/funkce-klimatizace>.

[7]. **Hirš, Jiří a Gebauer, Günter.** *Vzduchotechnika v příkladech.* Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-7204-486-9.

[8]. **ČSN EN 12599.** *Větrání budov - Zkušební postupy a měřicí metody pro přejímky instalovaných větracích a klimatizačních zařízení.* 2013.

[9]. **Toman, Stanislav.** tzbinfo. [Online] [Citace: 5. květen 2017.] <http://vytapani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vytapani/696-kolaudace-profesi-vytapani-a-vzduchotechniky>.

[10]. **Anemometry.** *e-pristroje.* [Online] [Citace: 10. květen 2017.] <http://www.e-pristroje.cz/meteostanice-anemometry.html>.

3.2 Seznam obrázků

Obr. 1: Doporučené teploty v interiéru [4].....	16
Obr. 2: Pásmo tepelně vlhkostní pohody [4].....	16
Obr. 3: Grafické znázornění závislosti procenta nespokojených uživatelů na průměrné rychlosti proudění vzduchu [2]	18
Obr. 4: Rozdělení talků na budovu vyvolaných větrem [2].....	19
Obr. 5: Šachtové větrání bez přívodu vzduchu [2].....	21
Obr. 6: Přívod a odvod vzduchu při aeraci [2]	22
Obr. 7: Schéma typické části vzduchotechniky [7]	25
Obr. 8: Čtyřhranné potrubí z pozinkovaného plechu [Vytvořeno autorem]	26
Obr. 9: Spiro potrubí [Vytvořeno autorem].....	26
Obr. 10: Spoje potrubí [7]	26
Obr. 11: Kruhový anemostat [2].....	27
Obr. 12: Vířivá vyústka s horizontálním připojením a přestavitelnými lamelami [2].....	28
Obr. 13: Dýzy v atriu [Vytvořeno autorem].....	29
Obr. 14: Požární klapky [Vytvořeno autorem].....	35
Obr. 15: Pojistka detekující požár [Vytvořeno autorem]	35
Obr. 16: Vyhodnocení vad a reklamací [Vytvořeno autorem]	39
Obr. 17: Špatné napojení přiváděného a odváděného vzduchu [Vytvořeno autorem]	41
Obr. 18: Oprava špatného napojení [Vytvořeno autorem]	41
Obr. 19: změna napojení distribučního prvku na vzduchotechniku [Vytvořeno autorem]	42
Obr. 20: Uložení vzduchovodu na závěsech [Vytvořeno autorem]	44
Obr. 21: Ukotvení na závěs vzduchovodu [Vytvořeno autorem].....	44
Obr. 22: Termický anemometr [10].....	47

3.3 Seznam tabulek

Tab. 1: Hodnocení vnímaného prostředí [3]	15
Tab. 2: Škodliviny produkované člověkem [5]	17
Tab. 3: Hrubé filtry [1]	31
Tab. 4: Střední filtry [1]	32
Tab. 5: Vysoce účinné filtry [1]	33
Tab. č. 6: Četnost vad vyskytnutých po dokončení [Vytvořeno autorem]	39