

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

Návrh klimatizace administrativní budovy

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Michal Bajtalon

2 – BS – 2019

Souhrn

Tato práce pojednává o návrhu 4 různých možnostech odklimatizování typického kancelářského patra ve objektu SatoshiLabs, umístěného v Praze. Vzduch je zde předpřipraven v centrální vzduchotechnické jednotce, z které jsou vedeny vzduchovody až k distribučním prvkům, které se liší dle jednotlivých systémů. V této práci jsou porovnávány 4 varianty systémů klimatizace: Indukční jednotky, kombinované ventilátorové konvektory, jednokanálový vzduchový systém s pasivními chladicími trámci nebo chladicími stropy.

V teoretické části jsou tyto čtyři systémy rozebrány dopodrobna, kde jsou probírány zejména jejich výhody a nevýhody. V praktické části jsou pak tyto 4 varianty zpracovány formou projektu. Poslední část této práce se zabývá rozpočty a srovnáním finanční náročnosti jednotlivých variant.

Summary

This thesis works with the design of 4 different possibilities of air conditioning for a typical office floor in the SatoshiLabs building located in Prague. Air is modified here in central air handling units, from which air ducts are routed to distribution elements that vary by system. In this work, 4 variants of air conditioning systems are compared: Induction units, combined fan coils, single channel air system with passive cooling devices, or cooling ceilings.

In the theoretical part, the advantages and disadvantages of these four systems are analysed in-depth. In the practical part, these 4 variants are treated as actual projects. The last part of the thesis takes a look at the budget and compares costs between the 4 variants.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci s názvem „Provoz klimatizace administrativní budovy“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Miloše Laina Ph.D s použitím literatury, uvedené na konci této práce.

V Praze dne.....

Michal Bajtalon

.....

Poděkování

Touto cestou bych poděkovala panu Ing. Miloši Lainovi Ph.D za odborné vedení mé bakalářské práce a za jeho cenné rady, které mi velmi pomohly při jejím vypracování. Dále bych chtěl poděkovat firmě Techorg za poskytnutí podkladů a technickou výpomoc. Dále bych chtěl poděkovat firmě Sokra a FläktGroup za zodpovězení všech mých dotazů.

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Konvekce a sálání.....	11
2.1 Sálání.....	11
2.2 Konvekce.....	13
2.2.1 Z hlediska příčiny.....	13
2.2.2 Z hlediska prostoru.....	14
3. Klimatizace.....	15
3.1 Základní dělení klimatizace.....	15
4. Rozdělení chladicích systémů.....	18
4.1 Vzduchové systémy.....	18
4.1.1 Ústřední vzduchové systémy.....	18
4.1.2 Decentrální vzduchové systémy.....	19
4.1.3 Vzduchový systém jednozónový – jednokanálový systém s konstantním průtokem vzduchu.....	19
4.2 Vodní systémy.....	20
4.2.1 Chladící stropy.....	20
4.2.2 Ventilátorové konvektory.....	32
4.2.3 Pasivní chladící trámce.....	37
4.3 Kombinované systémy.....	38
4.3.1 Indukční jednotky.....	39
5. Úvod do projektu.....	44
6. Popis objektu.....	44
7. Výpočet zisků.....	47
7.1 Venkovní zisky.....	48
7.2 Vnitřní zisky.....	50
8. Řešení typického podlaží.....	51
8.1 Výpočet množství čerstvého vzduchu.....	52
8.2 Vzduchotechnické zařízení.....	53
8.3 Vzduchotechnické rozvody obecně.....	54
8.4 Tepelná izolace vzduchotechnických rozvodů.....	54

8.5	Zdroj chladu.....	55
8.6	Chladivové rozvody obecně.....	55
8.7	Izolace rozvodů chladu.....	55
9.	Systém 1.....	56
9.1	Návrh vzduchotechnických rozvodů pro Systém 1.....	56
9.2	Koncové prvky.....	56
9.3	Odvod znehodnoceného vzduchu z řešených prostor.....	59
9.4	Dimenzování vzduchovodu.....	60
9.5	Návrh chlazení Systém 1.....	60
9.6	Dimenzování rozvodu chladu.....	62
10.	Systém 2.....	62
10.1	Návrh vzduchotechnických rozvodů pro Systém 2.....	63
10.2	Koncové prvky.....	63
10.3	Dimenzování vzduchovodu.....	64
10.4	Návrh chlazení Systém 2.....	64
11.	Systém 3.....	65
11.1	Návrh vzduchotechnických rozvodů pro Systém 3.....	65
11.2	Koncové prvky.....	66
11.3	Dimenzování vzduchovodu.....	67
11.4	Návrh chlazení Systém 3.....	67
12.	Systém 4.....	68
12.1	Návrh chlazení Systém 4.....	68
13.	Finanční náročnost.....	69
13.1	Rozpočet vzduchotechniky.....	70
13.2	Rozpočet chlazení.....	71
13.3	Celková finanční náročnost.....	72
14.	Závěr.....	73
15.	Seznam použité literatury.....	76
16.	Seznam příloh.....	80

Seznam použitých veličin

A_{disp}	dispoziční plocha pro umístění chladicích stropů	$[\text{m}^2]$
A_r	archimédovo číslo	$[-]$
$A^{(S)}$	poměrná pohltivost	$[-]$
c	měrná tepelná kapacita vzduchu	$[\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}]$
c_o	korekce na čistotu atmosféry	$[-]$
d	tloušťka daného materiálu	$[\text{m}]$
D	dávka čerstvého vzduchu na osobu	$[\text{m}^3/\text{h na osobu}]$
$D^{(S)}$	poměrná propustnost	$[\tau]$
e_1, e_2	odstup svislé části okna od slunolamů	$[\text{m}]$
E_A	poměr pohlcené (absorbované) části zářivého toku	$[\text{W}/\text{m}^2]$
E_D	hustota zářivého toku prošlého tělesem	$[\text{W}/\text{m}^2]$
E_E	celkovou hustotu zářivého toku	$[\text{W}/\text{m}^2\text{s}]$
$E_{E,0}$	maximální hustotu zářivého toku při dané teplotě, který by vyzařovalo absolutně černé těleso	$[\text{W}/\text{m}^2]$
E_I	celková hustota dopadajícího zářivého toku	$[\text{W}/\text{m}^2]$
f	odstup vodorovné části okna od slunolamů	$[\text{m}]$
g	odstup svislé části okna od slunolamů	$[\text{m}]$
G_r	vztlkové sily	$[\text{Pa}]$
H	výška zasklené části okna	$[\text{m}]$
h	entalpie vzduchu	$[\text{kJ}/\text{kg}]$
I	intenzita záření	$[\text{W}/\text{m}^2]$
I_o	celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením	$[\text{W}/\text{m}^2]$
I_{od}	intenzita difúzní sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením	$[\text{W}/\text{m}^2]$
L	šířka zasklené části okna	$[\text{m}]$
\dot{m}	hmotnostní průtok	$[\text{kg}/\text{s}]$
m	součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou	$[-]$

M	hmnotnost obvodových stěn	[kg]
$M_{0\lambda}$	Planckovův zákon	[W/m ²]
n	počet zaměstnanců	[kus]
Q_c	celkový potřebný výkon na hrazení tepelných zisků	[W]
Q_{FCU}	chladicí výkon jednoho ventilátorového konvektoru	[W]
Q_{in}	výkon od vnitřních zisků	[W]
$Q_{ind.j}$	výkon jedné indukční jednotky	[W]
Q_{ok}	prostup tepla oknem	[W]
Q_{or}	prostup tepla oknem radiací	[W]
Q_s	prostup tepla středně těžkou stěnou	[W]
Q_{strop1}	výkon návrhu chladícího stropu řešení 1.	[W]
Q_{strop2}	výkon návrhu chladícího stropu řešení 2.	[W]
Q_{tram}	výkon jednoho chladícího trámu	[W]
Q_{vzt}	chladicí výkon vzduchotechnické jednotky	[W]
Q_z	zbylý chladicí výkon, který je potřeba hradit	[W]
$R^{(S)}$	poměrná odrazivost	[-]
s	stínící součinitel	[-]
S_o	plocha okna včetně rámu	[m ²]
S_{os}	osluněný povrch okna	[m ²]
S_{st}	plocha stěny	[m ²]
t_e	teplota venkovního vzduchu	[°C]
t_i	teplota vnitřního vzduchu	[°C]
t_p	teplota přiváděného vzduchu	[°C]
t_{rm}	průměrná rovníocenná sluneční teplota za 24 hodin	[°C]
t_{ψ}	rovníocenná sluneční teplota v době dřívější	[°C]
U	součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí	[W/m ² K]
\dot{V}	objemový průtok	[m ³ /h]
\dot{V}_o	objemový průtok odváděného čerstvého vzduchu	[m ³ /h]
\dot{V}_p	objemový průtok přiváděného čerstvého vzduchu	[m ³ /h]
$\dot{V}_{zased.}$	objemový průtok přiváděného čerstvého vzduchu do zasedací místnosti	[m ³ /h]

x	poloviční osová vzdálenost mezi distribučními element	[m]
y	vzdálenost mezi distribučním elementem a pobytem osob	[m]
ΔQ	snížení maximální hodnoty tepelných zisků od oslunění oken	[W]
Δt	rozdíl teplot mezi přiváděným vzduchem a vzduchem v místnosti	[°C]
Δt_i	maximální přípustné překročení požadované teploty v klimatizovaném prostoru	[K]
Δt_k	maximální rozdíl teplot přiváděného vzduchu prostřednictvím anemostatu	[°C]
ε	emisivita povrchu	[-]
λ	vlnová délka	[m]
λ_n	součinitel tepelné vodivosti n-té stavební konstrukce	[W/mK]
σ	hustota vzduchu	[kg/m ³]
φ	relativní vlhkost vzduchu	[%]
ψ	fázové posunutí teplotních kmitů	[h]

1. Úvod

V rámci této práce budou navrženy 4 způsoby klimatizace administrativní haly Satoshi Labs v Praze. Objekt má 4 nadzemní podlaží, ale tato práce se bude zabývat pouze jedním typickým patrem. V úvodní části budou jednotlivé systémy rozebrány z hlediska rozdílů způsobů chlazení, principů a výhod a nevýhod. Budou zde použity pro chlazení ventilátorové konvektory, indukční jednotky, chladicí stropy a pasivní chladicí trámce. Přívod čerstvého vzduchu a odvod znehodnoceného vzduchu z klimatizované místnosti bude proveden pomocí vzduchového jednobokového systému. Z těchto způsobů chlazení budou vytvořeny jednotlivé systémy.

Systém 1 je složen ze vzduchového jednobokového systému zakončeného vířivými anemostaty s pasivními chladicími trámy.

Systém 2 bude obsahovat vzduchový jednobokový systém napojený na indukční jednotky.

Systém 3 bude také složen ze vzduchového jednobokového systému, ale zakončení bude pomocí ventilátorových konvektorů.

Systém 4 bude obsahovat stejné vzduchotechnické rozvody jako systém 1, ale chlazení bude provedeno pomocí chladicích stropů.

Jednotlivé systémy budou navrženy na tepelné zisky vnější a vnitřní. Uvnitř typického patra bude 77 osob. Každá osoba bude mít svůj počítač a obrazovku. Vnější zisky budou zejména prostupy okny. Tepelné zisky budou vypočteny pomocí výpočtového programu Protech.

Po vypočtení potřebných návrhových hodnot bude každý systém zpracován pomocí projektové dokumentace.

Závěrem práce bude vyhodnocení nákladů na montáž dle projektové dokumentace a následné porovnání vhodnosti použití jednotlivého systému.

2. Konvekce a sálání

V rámci mé práce se budu také zabývat rozdílným šířením tepla v závislosti na použité technologii, proto je nutné probrat šíření tepla sáláním a konvekcí. Některé z použitých systému využívá převážně jeden typ šíření tepla, avšak některé technologie využívají kombinaci obou.

2.1 Sálání

Šíření tepla radiací (sáláním) probíhá díky elektromagnetickému vlnění. Toto vlnění vyzařuje jakékoliv těleso, které má vyšší teplotu než 0 K a šíří se rychlostí světla. Elektromagnetické vlny se šíří ve všech vlnových délkách, ale nejdůležitější vlnové délky jsou $\lambda = 1-1000 \mu\text{m}$ (což odpovídá infračervenému záření a viditelnému spektru). Veličiny popisující tyto hodnoty můžeme popsat jako: „Celková energie záření dopadající na jednotku plochy tělesa za jednotku času, kterou značíme E_I a nazýváme ji celkovou hustotou dopadajícího zářivého toku. Část hustoty zářivého toku E_I , která se po dopadu na povrch tělesa odrazila označíme jako E_R , poměr E_R / E_I nazýváme poměrné odrazivost $R^{(S)}$. Poměr pohlcené (absorbované) části E_A k celkové hustotě toku E_I nazýváme poměrná pohltivost $A^{(S)}$. Konečně poměrnou propustnost $D^{(S)}$ definujeme jako poměr hustoty zářivého toku prošlého tělesem E_D , k celkové dopadající hustotě zářivého toku E_I . Celková energie záření se tedy po dopadu na povrch tělesa rozdělí do výše uvedených položek, takže můžeme psát

$$E_I = E_R + E_A + E_D \quad (1)$$

resp. po dělení celé rovnice E_I

$$R^{(S)} + A^{(S)} + D^{(S)} = 1 \quad [21] \quad (2)$$

Teplota prostředí, kterým prochází vlny, neovlivní E_I . Jde mi hlavně o teplotu povrchu. V praxi mluvíme o tzv. „Vzájemném sálání“, a to když porovnáváme teplotu povrchu sálajícího tělesa a tělesa osálaného. Každé těleso vyzařuje, pohlcuje, nebo odráží tyto vlny od ostatních těles.

V rámci mé bakalářské práce se setkám s neprůteplivým tělesem.

Neprůteplivá tělesa nepropouštějí záření. Nejčastěji se jedná o tuhá tělesa. Pro neprůteplivá tělesa platí, že poměrná propustnost $D^{(S)}$ je nulová. [21]

Další tělesa se speciální vlastností jsou absolutně černá tělesa. Tato tělesa dokonale pohlcují veškerou energii, která na těleso dopadá. Nedochozí k žádnému odrazu záření. Což znamená, že mají nulovou odrazivost, a tím pádem jejich poměrná pohltivost $A^{(S)} = 1$. Kromě toho, že dokonale pohlcují energii, tak jí taky dokonale vyzařují. Poměr intenzity vyzařování ϵ (emisivity) k absorptanci (pohltivosti) $A^{(S)}$ [8]

Záření závisí pouze na absolutní teplotě tělesa. Tuto závislost popisuje Kirchhoffův zákon. V přírodě za dokonalý zářič považujeme Slunce. Spektrální rozložení intenzity vyzařování černého tělesa je dáno Planckovým zákonem, který je definován vztahem:

$$M_{0\lambda} = \frac{2\pi c^2}{\lambda^2} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} d\omega \quad [8] \quad (3)$$

Následná veličina, kterou je nutno zmínit, je emisivita ϵ . Ta je ve skriptech popsána takto:

„Celkovou hustotu zářivého toku vyzářenou jednotku plochy povrchu tělesa za jednotku času označíme jako E_E . Maximální hustotu zářivého toku při dané teplotě, který by vyzařovalo absolutně černé těleso, označíme $E_{E;0}$. Poměr hustoty zářivého toku E_E vyzářeného daným tělesem k hustotě zářivého toku, který by vyzářilo absolutně černé těleso $E_{E;0}$ nazýváme poměrná zářivost, nebo též emisivita ϵ “ [21]

$$\epsilon = \frac{E_E}{E_{E;0}} \quad (4)$$

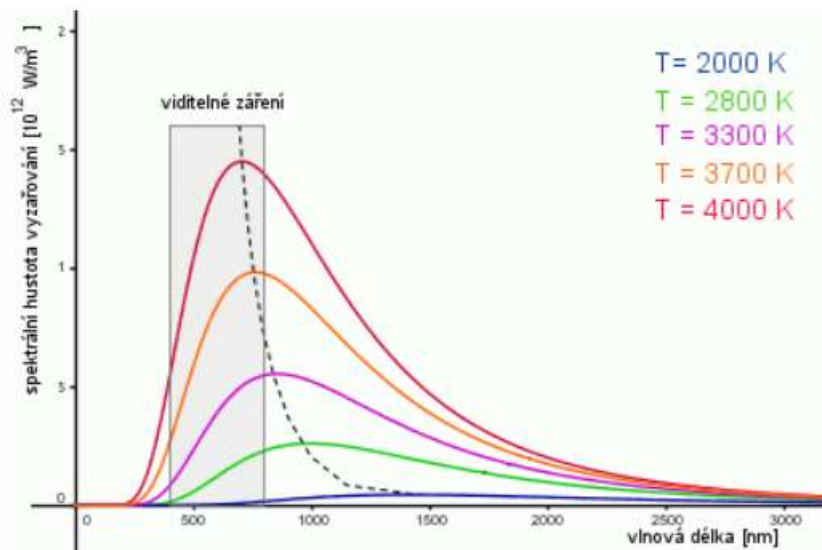
Emisivita by se dala popsat jako optická vlastnost každého materiálu, která závisí na hloubce propustnosti, vlnové délce a směru vyzařování. Lze tedy říci, že může být z objemu či povrchu tělesa. Vyzařování probíhá do všech směrů polokoule nad povrchem.

V praxi se využívá často výpočet pro intenzitu záření $I = T^4 \sigma$ (5)

Reálně se můžeme setkat s emisivitou pohybující se od 0,1 až 0,9 a více.

Nejnižší emisivitu mají obecně leštěné kovy. Čím je kov méně zoxidovaný, hladší a lesklejší, tím je emisivita nižší a pohybuje se okolo hodnot 0,1. Emisivitu materiálu lze dodatečně upravit pomocí barevných nátěrů, při čemž výsledná emisivita závisí na emisivitě nátěru a způsobu nánosu. Běžné stavební materiály mají emisivitu okolo 0,85.

Výhodou sálavého přenosu tepla je ten, že sálající těleso nejdříve sálá na předměty v místnosti a teprve tyto předměty ohřívají (popřípadě chladí) vzduchu uvnitř místnosti. Díky tomu, nemusíme udržovat vysoké/nízké teploty vzduchu na udržení tepelné pohody uvnitř místnosti. [7]



Obrázek 1.2 Graf závislosti spektrální hustoty M_o [W/m^3] vyzařování na vlnové délce λ [nm] [7]

2.2 Konvekce

Konvekce je mechanismus přenosu tepla, který lze brát v potaz pouze v případě kapalin, nikoliv pevných látek. Díky teplotnímu gradientu dochází k makroskopickému pohybu částic (proudění), což v pevné látce nelze. Jedná se vždy o neizotermické proudění tekutiny. Přenos tepla prouděním

můžeme charakterizovat pomocí různých podmínek.

2.2.1 Z hlediska příčiny

Z hlediska příčiny rozlišujeme nucenou konvekci a přirozenou konvekci.

Vztlkové síly, které jsou vyvolané důsledkem nerovnoměrnosti teplotního pole, vyvolají proudění, které označujeme jako přirozenou konvekci. Tento jev můžeme uvést na příkladu, kdy chladnější kapalina bude obklopotovat teplejší stěnu. Kapalina se bude o stěnu ohřívat (zpočátku vedením tepla). Díky zvýšení teploty kapaliny klesne její hustota. Na částice s menší hustotou začnou působit vztlkové síly, které uvedou tyto částice do pohybu. „Kapalina začne „samovolně“ proudit v důsledku přestupu tepla ze stěny do kapaliny“

Pokud za zdrojem proudění stojí čerpadlo či ventilátor, nelze již mluvit o přirozené konvekci, ale musíme zavést termín nucená konvekce. Stejně jako při přirozené konvekci, kdy chladnější kapalina odvádí teplo z teplejší stěny, ale její proudění již není důsledkem přestupu tepla, nýbrž vnějším zdrojem. Vztlkové síly přesto působí na kapalinu, a to ve směru a nebo protisměru nuceného proudění. Přirozená konvekce je tedy nedílnou součástí nucené konvekce, avšak někdy může být její účinek zcela zanedbatelný ve srovnání s vlivem nuceného proudění. [20]

Můžeme se setkat i s případy, kdy na první pohled nebude hned jasné, jaký typ konvekce převažuje. Pro tyto případy zavádíme tzv. Archimédovo číslo, které zohledňuje poměr vztlkových a setrvačných sil. [20]

Archimédovo číslo můžeme definovat jako:

$$A_r = G_r / Re^2 \quad (6)$$

Pro toto číslo mohou nastat 3 situace:

$G_r / Re^2 \ll 1$ nucená konvekce (převládají setrvačné síly)

$G_r / Re^2 \gg 1$ přirozená konvekce (převládají vztlkové síly)

$G_r/Re^2 \approx 1$ smíšená konvekce (setrvačné a vztlakové síly mají stejný význam)

2.2.2 Z hlediska prostoru

Z rozdělení z hlediska prostoru můžeme získat 2 hlavní pojmy.

1. Konvekce není omezena žádnou hranicí, např. stěnou, a není ovlivněna jiným prouděním, tehdy mluvíme o volné konvekci.

2. Druhý pojem je konvekce stíněná.

Tato konvekce má přesně definovaný prostor, kde může probíhat, např. prostor mezi skly v okně.

3. V poslední řadě přestup tepla mezi stěnou a tekutinou ovlivní režim proudění, podle kterého rozlišujeme laminární a turbulentní konvekci.

„Režim proudění posuzujeme u nucené konvekce podle Reynoldsova čísla Re , u přirozené konvekce podle Rayleighova čísla [20]

$$Ra = GrPr. \quad (7)$$

Pro oba případy je důležitý charakteristický rozměr. Ten ovlivní geometrický tvar obtékané části, zda jde o obdélníkový či kruhový průřez. Díky geometrickému tvaru průřezu se změní kritické oblasti pro jednotlivé proudění. [20]

3. Klimatizace

„Je to proces úpravy tepelného a vlhkostního stavu ovzduší (při použití chladicích ploch obecněji tepelného stavu prostředí), čistoty a proudění vzduchu pro obytné, společenské a průmyslové budovy, dopravní prostředky, technologické procesy.

Proměnnost okrajových podmínek (venkovního klimatu, vnitřních tepelných i vlhkostních zátěží) vyžaduje převážně automatické řízení procesů úpravy vzduchu v závislosti na změnách venkovních i vnitřních podmínek. Klimatizace komfortní (pro dodržení hygienických podmínek – pro osoby) je vždy spojena s přívodem

čerstvého venkovního vzduchu – větráním.“ [16]

3.1 Základní dělení klimatizace

- Klimatizace komfortní – Tento typ klimatizace se zabývá úpravou ovzduší (prostředí) pro pobyt člověka z hlediska hygienických podmínek pro pobyt lidí v jednotlivých prostorech. Sem patří obytné a pobytové prostory, jako například byty a shromažďovací prostory (divadla, kina a hotely). Také lze zařadit do této kategorie pracovní prostory a nevýrobní administrativní budovy.
- Klimatizace technologická – Tato klimatizace se naopak zabývá prostory, kde je nutné zajistit nějaký technologický proces. Proces pro správnou funkci strojů, výroby, či biologických nebo mikrobiologických procesů.
Lze se setkat i s kombinací technologické a komfortní klimatizace. Takováto klimatizace se pak označuje jako „technologicko prostorová“. S tímto speciálním typem se lze setkat v prostorech pro elektroniku, farmacii nebo přesnou strojírenskou výrobu. [16], [15]

Další dělení klimatizace by mohlo být dle rozsahu úpravy vzduchu dodávaného do požadované místnosti a to na:

- Úplnou klimatizaci – Celoročně zahrnuje veškeré úpravy dodávaného vzduchu včetně vlhčení a čištění.
- Dílčí klimatizaci – Celoročně zahrnuje pouze některé úpravy vzduchu, nebo v některém období částečné úpravy. [16], [15]

Rozdělení klimatizace dle tekutiny přenášející chlad a teplo po budově:

- Vzduchové – Teplonosná látka je vzduch. Díky malé měrné tepelné kapacitě C ($\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$) a hustotě ρ (kg/m^3) je nutno dodávat velké množství vzduchu ve srovnání např. s vodními rozvody. Kvůli tomu je nutné mít větší průměry vzduchovodu. Vzduch je však snadno dostupný a není finančně nákladný.
- Vodní – Teplonosná látka je voda. Voda má větší měrnou tepelnou kapacitu C ($\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$) i hustotu ρ (kg/m^3) a díky tomu má mnohem menší průměry potrubí než vzduchové rozvody.

- Chladivové – Díky chladivům, které mají obrovskou tepelnou kapacitu, dosahujeme nejmenších rozměrů a zároveň vysokých účinností.
- Kombinované – K přenosu chladu se využívají 2 teplotně nosné látky, a to jak voda, tak i vzduch. [16], [15]
- Každý z těchto systémů je zakončen koncovými prvky k předání tepelné energie do upravované místnosti. Pro vzduchovou klimatizaci to jsou vyústky a anemostaty. Vodní systémy jsou pak zakončeny chladicími panely nebo ventilátorovými konvektory, které jsou připojeny na zdroj chladicí/otopné vody. Chladivové systémy mají uvnitř místností „vnitřní jednotky“ ventilátorových konvektorů, kterými protéká chladivo. Kombinované systémy pak využívají jako koncové prvky indukční jednotky, do kterých je potřeba přivádět, jak upravený vzduch, tak i chladicí vodu. [16], [15]

Rozdělení klimatizace dle počtu zón – oblastí(místností), kde provádí úpravu vzduchu:

- Jednozónové – Upravuje stav prostředí pouze pro jednu místnost, anebo pro více místností se stejnými charakterem provozu a tepelné zátěže. Tato jedna místnost, nebo místnosti jsou napojeny na jednu centrální jednotku. Centrální jednotka má v místnosti/místnostech čidla, která měří stav prostředí, a na základě těchto informací je centrální jednotka regulována (shromažďovací prostory – kina, divadla, sportovní haly).
- Vícezónové – Pokud je potřeba upravovat více místností nebo budov na různé vnitřní podmínky, používá se vícezónová klimatizace, která dokáže díky speciálním koncovým prvkům upravovat tepelné podmínky uvnitř místností dle požadavků uživatele v místnosti (administrativní budovy, hotely). Tyto koncové prvky jsou napojeny pomocí vodních nebo chladivových rozvodů na ústřední zdroje chladu, tepla a také na ústřední jednotku. [16], [15]

Základní typy kombinací klimatizačních systémů:

- Vzduchové systémy jednozónové – jednokanálový systém s konstantním průtokem vzduchu
- Vzduchové systémy vícezónové – jednokanálový systém s proměnným průtokem vzduchu nebo dvoukanálový systém s konstantním průtokem vzduchu
- Vodní systémy vícezónové – systém s ventilátorovými konvektory
- systém s chladicími nebo otopnými jednotkami / chladicími trácemi
- Kombinovaný indukční systém vzduch – voda, vícezónový s indukčními jednotkami / chladicími trácemi
- Chladivové systémy jedno i vícezónové – jednozónový systém (split)
- vícezónový systém (multisplit) [16], [15]

4. Rozdělení chladicích systémů

4.1 Vzduchové systémy

Základní rozdělení vzduchových klimatizačních systémů je dle rychlosti protékajícího vzduchu ve vzduchotechnických rozvodech a dělí se na nízkotlaké a vysokotlaké. Obě tyto rozdělení mají další podskupiny, které jsou vidět na (Obrázku 2-4). Nízkotlaká klimatizace má maximální rychlost proudění vzduchu do 10 m/s. Ve vysokotlaké klimatizaci se pohybuje rychlost proudění vzduchu od 12 – 25 m/s. Nízkotlaké rozvody mají větší průměry vzduchotechnických rozvodů, takže zabírají více místa, ale jsou mnohem tišší než vysokotlaké rozvody. [20]



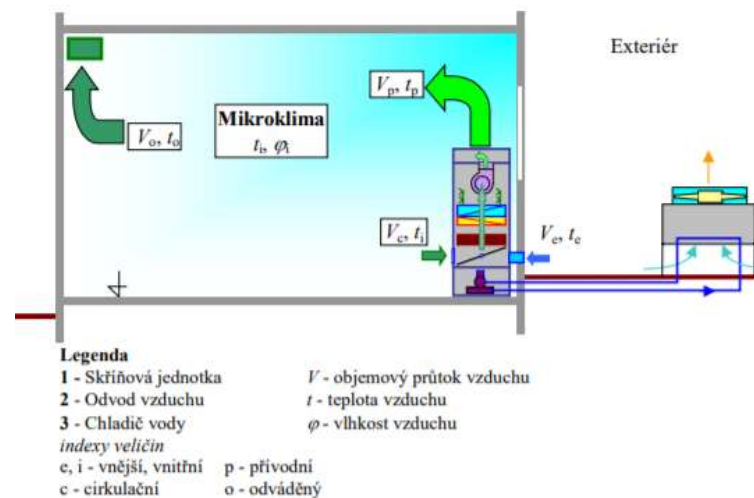
Obrázek 2.4 Rozdělení vzduchové klimatizace [15]

4.1.1 Ústřední vzduchové systémy

V objektu je vždy strojovna, která je složena z klimatizačních jednotek, které upravují přiváděný vzduch pro všechny klimatizované místnosti se stejnou úrovní mikroklimatu.

4.1.2 Decentrální vzduchové systémy

Toto systémové provedení neobsahuje žádnou strojovnu ani centrální jednotku, kde by se upravoval přiváděný vzduch do místností, ale úprava vzduchu probíhá přímo v klimatizovaném prostoru. Jednotky jsou schopny veškeré úpravy vzduchu v prostoru udělat samostatně. „Typickým prvkem těchto systémů jsou klimatizační jednotky s přímým nebo nepřímým chlazením, ohřevem s vlhčením výstupního přiváděného vzduchu k formování mikroklimatu.“ Běžná provedení jsou Fan-Coilové jednotky. [15]



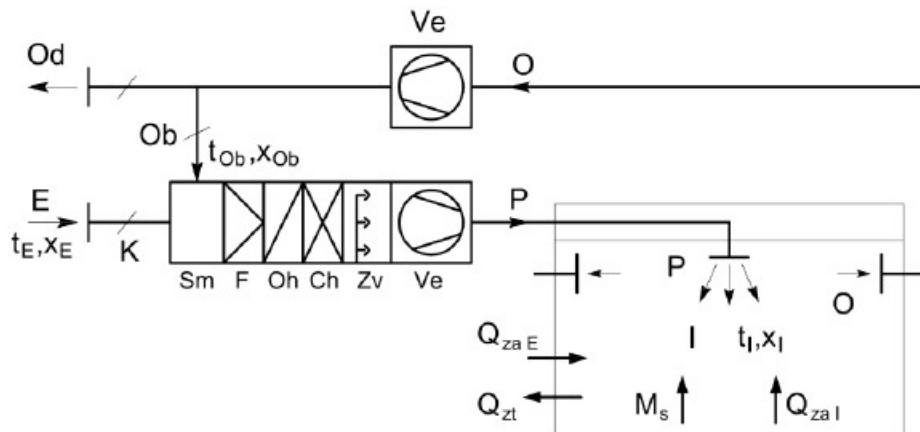
Obrázek 3.4 Schéma zapojení decentrálního vzduchového systému [15]

4.1.3 Vzduchový systém jednozónový – jednokanálový systém

s konstantním průtokem vzduchu

Pro toto provedení se dopravuje upravený vzduch pouze jedním vzduchovodem maximálně do 2 místností. Tepelný výkon se reguluje změnou teploty přiváděného vzduchu. Hlavním prvkem tohoto návrhu je vzduchotechnická jednotka složená ze směšovací komory, filtru, ohříváče, chladiče, zvlhčovače, ventilátoru.

Dále obsahuje vzduchotechnické rozvody na přívod a odvod vzduchu. Vzduchovody na odvod vzduchu budou opatřeny ventilátorem, při čemž budou zakončeny stejně jako přívodní vzduchovody výústkami pro přívod a odvod vzduchu. Toto provedení se využívá do prostor, kde je hodně lidí na jednom místě a v prostoru nejsou žádné další velké zisky tepla. Pokud je nutnost hodně větrat a minimálně chladit, je toto provedení ideální. [16], [15]



Obrázek 4.4 Schéma jednozónového jednokanálového systému [16]

4.2 Vodní systémy

Do vodních systémů lze zařadit ventilátorové konvektory (Fancoily) a chladicí stropy, avšak ventilátorové konvektory by mohly být v kategorii kombinovaných systémů. Jak již bylo zmíněno, vodní systémy využívají jako teponosnou látku vodu a od toho se odvíjejí výhody a nevýhody. Vodní systémy mají menší rozměry než vzduchové systémy, ale je nutno mít rozvody vody, které budou odolné proti korozi. [15]

4.2.1 Chladicí stropy

Pokud je nutno upravit stav prostředí a zajistit vysoký tepelný komfort uvnitř klimatizované místnosti jde-li o administrativní budovy či společenské prostory, tak je vhodné použít chladicí stropy. Chladicí stropy účinně vytváří dobrou kvalitu prostředí. Oproti ostatním systémům pracují s vysokou teplotou chladicí vody. Při montáži chladicích stropů je nutné myslet na dodávku čerstvého vzduchu a odvod znehodnoceného, protože chladicí stropy pouze odvádí tepelnou citelnou zátěž. [17], [19]

Historie

První patent, který byl zapsán, patřil největším průkopníkům z Anglie, a to Richardu Godfreyovi Crittalovi a Josephu Lesliemu Musgravovi. Tito dva pánové se zasloužili o velký rozvoj technologie v oblasti vytápění a chlazení.

První patent si podali dokonce v roce 1923, kdy nešlo o chladicí stropy, jak je známe, ale šlo o natažené vodovodní potrubí do betonových sloupů. Jejich zásluhy byly natolik velké, že po panu Crittalovi pojmenovali systém sálavého vytápění/chlazení. Tento název se udržel až do dnešních dnů.

V roce 1928 byl vydán patent pánům Musgravevovi a Heringovi, kteří dali základ sálavým chladicím systém, tak jak je známe dnes. V těchto letech byly rozvody provedeny z oceli, což sebou neslo značné potíže, co se týče kondenzace vodních par, případných oprav apod. Nejvíce rozšířený systém v České Republice je „Crittall“.

Tento systém byl populární v 50.-60. letech minulého století. Jde o potrubní systém meandrovitě vložený do masivní stropní konstrukce. Tento systém byl použit převážně na vytápění.

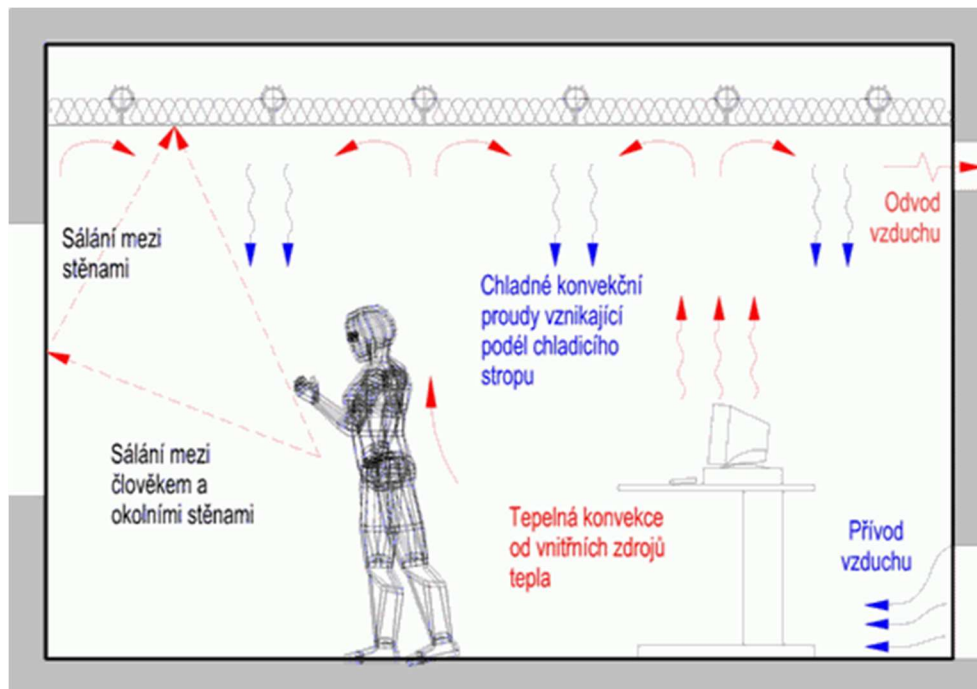
V dnešní době lze najít nejen toto provedení, ale také zavěšené pod stropem, nebo součástí podhledu, kdy je potrubí vedeno v plastu. [4], [17]

Princip

Často se lze setkat s názvem „sálavé chladicí stropy“. Tento název je velice rozšířený, ač v prostoru s chladicím stropem dochází k přenosu chladu konvekcí (až 60 %), tak i sáláním (zhruba 40 %). Slovo „sálavé“ tedy neznamená, že by většinu své energie předávali prostřednictvím sálání, ale oproti všem ostatním typům chlazení sálají dost podstatnou částí, kterou nelze zanedbat. Sdílení tepla sáláním je komplikovaný děj, který se ve skutečnosti může lišit od teoretických výpočtů, jelikož ho ovlivní rozložení teplot jednotlivých povrchů, členitost objektů a různorodost sálavosti jednotlivých materiálů.

Konvektivní část již není tak komplikovaná. Vzduch v místnosti je ohřátý pomocí

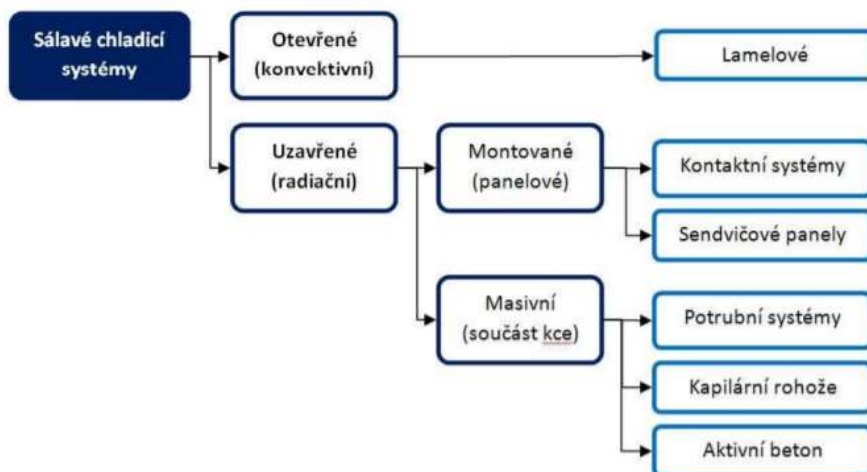
vnitřních zdrojů tepelných zisků (lidé, počítače atd.) a následně stoupá vzhůru ke stropu, kde chladicí strop tento vzduch ochladí, a začne opět klesat zpět do pásma pobytu osob viz Obrázek 8. Pokud proudy vzduchu v místnosti nejsou narušeny jiným odvodem či přívodem vzduchu, zmíněný mechanismus zajišťuje přirozenou cirkulaci vzduchu v místnosti. [14], [17]



Obrázek 5.4 Schéma funkce chladicího stropu [17]

Rozdělení

Nejzákladnější rozdělení chladicích stropů dle provedení je na otevřené a uzavřené.



Obrázek 6.4 Rozdělení chladicích stropů [15]

Výhody:

kvalita tepelného komfortu

nízká spotřeba energie o 15-30 % - nižší než u konvektivních systémů

přívod minimálního množství čerstvého vzduchu

menší nároky na rozvody vzduchu

hlukové parametry

odpadá nebezpečí vzniku průvanu

"samoregulovatelnost" systému

Nevýhody:

investiční náklady

nebezpečí orosování

nelze jimi odvádět teplo vázané ve vodní páře

omezení výkonu

Spotřeba energie

Velká výhoda je to, že sálavé chladicí systémy pracují s vysokou teplotou chladicí vody (minimálně 16^o) díky tomu je možné využít zdroje chladu s nižším potenciálem chlazení. Mezi takové patří zdroje ze zemského polomasivu, zemní výměníky, podzemní voda nebo vodní toky apod. Jelikož povrchová teplota okolních ploch

ovlivňuje tepelnou pohodu člověka, ovlivní se tím i spotřeba energie. „V prostoru se sálavým chlazením lze totiž udržovat poněkud vyšší teplotu vzduchu, než je tomu u klimatizačních systémů s konvekčním přenosem tepla. Teplota vzduchu bude ve vnitřním prostoru vyšší, podle dostupných údajů až o 2 K, což povede k úsporám energie“. [16]

Díky této skutečnosti je úspora 15-30 % oproti konvektivním systémům. Dalším důkazem úspory sálavého chlazení je, že je snaha prosazovat je v tzv. „zelených budovách“. [17]

Samoregulovatelnost

Pro všechny sálavé systémy, ať se jedná o vytápění či chlazení, platí, že čím větší teplosměnnou plochu mají, tím se zmenšuje rozdíl mezi teplotou vnitřního vzduchu a povrchovou teplotou. Když tepelné zisky rostou, roste i teplota vnitřního vzduchu. Čím větší je tato teplota, tím je větší rozdíl mezi ní a povrchovou teplotou vzduchu, díky čemuž vzroste množství odebíraného tepla. [17]

„V případě, že dojde k poklesu tepelné zátěže, dojde ke snížení teploty vzduchu v prostoru. Teplota chladicí vody se tak bude méně ohřívat, to znamená, že teplotní spád na straně vody se změní z původních 2 K na 1 K, čímž se „samoregulačně“ sníží chladicí výkon stropu. Povrchová teplota chladicí stropu sice poklesla z důvodů nižší střeň teploty vody, ale chladicí výkon stropu je nyní nižší vlivem menšího rozdílu teplot.“ Tato schopnost však nenahrazuje řízenou regulaci. [17]

Riziko kondenzace a omezený výkon

Jedním z největších problémů, na které je třeba dbát u všech provedení sálavých chladicích systémů, je riziko kondenzace. Nikdy nesmí dojít k orosování povrchu, čehož docílíme volbou teploty přívodní vody tak, že bude o 1-2 K větší, než je teplota rosného bodu pro danou místnost. Tento stav se poté hlídá na místě pomocí regulace. U lehkých stropů, kde je minimální akumulční schopnost, a díky tomu malá odezva, není problém hlídat, aby povrchová teplota neklesla pod teplotu rosného bodu. Bohužel pro masivní chladicí stropy díky velké akumulční schopnosti, setrvačnosti a zpoždění toto není možné, takže se doporučuje dát raději vyšší teplotu přívodní vody.

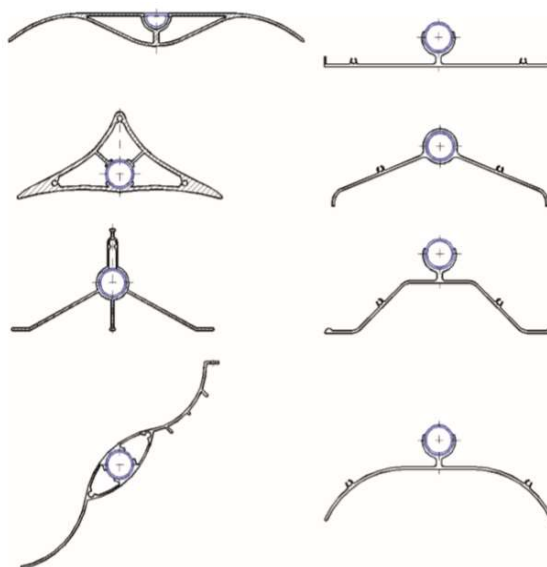
V našich podmínkách (v místnostech bez dalších zdrojů vlhkosti) se teplota přívodní vody t_{w1} volí $\geq 16\text{ }^{\circ}\text{C}$, maximálně $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplotní rozdíl odváděné a přiváděné chladicí vody bývá v rozmezí $2 \leq \Delta T \leq 4\text{ K}$. [17]

Chladicím stropem je možné odvádět pouze citelnou tepelnou zátěž, takže nedokážeme odvádět teplo vázané ve vodní páře. Na odvod vázaného tepla je potřeba použít nucené větrání, které v místech s chladicími stropy bude muset být tak jako tak, kvůli přívodu minimálního množství čerstvého vzduchu na osobu. Podle konstrukce dosahují chladicí stropy maximálních výkonů kolem 80 W/m^2 , ve výjimečných případech až 100 W/m^2 (vztaženo na m^2 plochy chladicího stropu). [23]

Otevřené

Otevřené chladicí stropy jsou někdy známy jako „konvektivní“. Tento název si vysloužily díky tomu, že přenos tepla u otevřených chladicích stropů je 60 % konvekcí mezi povrchem stropu a okolním vzduchem. Přestože převládá konvektivní složka sdílení tepla, toto řešení stále patří pod sálavé chladicí systémy.

V praxi se lze s otevřenými konstrukcemi setkat výhradně v podobě chladicích stropů. [10]



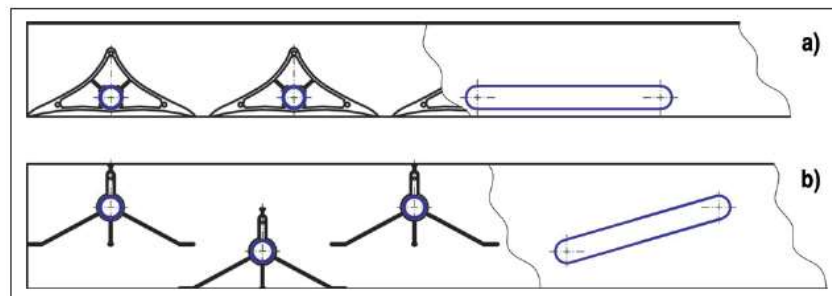
Obrázek 7.4 Druhy lamel pro otevřený chladicí strop [10]

Konstrukce

Chladicí stropy umožňují proudění vzduchu až ke stavební konstrukci. Toto proudění je možné díky speciálním otvorům a lamelám, které mohou být velice různorodé. Lamely bývají vyrobeny z hliníkových profilů, které jsou vyrobeny tak, aby přispívaly k většímu vzniku přirozeného proudu vzduchu, a to na zadní straně chladicího stropu.

Lamely jsou umístěny v rámu, aby tvořily celek.

Podle celkové konstrukce můžeme otevřené chladicí stropy rozdělit na jednořadé nebo dvouřadé. Jednořadé stropy si drží jednu řadu lamel, do které jsou zarovnané.



Obrázek 8.4 V části a) Jednořadé provedení lamel, b) dvouřadé provedení lamel [10]

Ve dvouřadých jsou pak lamely kladeny střídavě, a tak vytvářejí dvě řady nad sebou.

Rozdíl mezi oběma typy je patrný z (Obrázek 11) [10]

Otevřené chladicí stropy mohou být zavěšené pod stropem pomocí závitových tyčí, anebo mohou být součástí podhledu.



Obrázek 9.4 Integrace otevřeného chladícího stropu do sádrokartonového podhledu [10]

Výhody

Výhody a nevýhody jsou brány pouze mezi jednotlivými chladícími stropy. Stále se jedná o typ chladícího stropu, takže primární nevýhody a výhody zůstávají stejné, jako obecně pro chladící stropy.

Jejich největší výhodou je, že díky zvýšenému přenosu tepla konvekci mají mnohem vyšší výkon než uzavřené chladící stropy. Jejich výkon také navyšuje větší teplosměnná plocha a intenzivní proudění okolo lamel, a to maximálně až na 150 % výkonu uzavřených chladících stropů. Díky většímu výkonu stačí pro pokrytí tepelných zisků poloviční plocha. [10]

Nevýhody

Největší nevýhodou je cena. V České republice není žádný výrobce, čímž se ještě zvýší již tak vysoká cena díky složité výrobě.

Využívají se hlavně v prostorách, kde jsou velké tepelné zisky, jako jsou velkoplošné kanceláře a televizní studia. [10]

Uzavřené

První typ uzavřených chladicích stropů jsou masivní.

Masivní chladicí stropy jsou tvořeny tak, že potrubní smyčka je zakomponovaná do určité části stavební konstrukce.

Chladicí plocha je pak tvořena podlahou, stěnou, nebo stropem. Nejrozšířenější druh jsou chladicí stropy. Masivní systémy by měly být z hlediska směru toku tepla na horní straně izolovány tak, aby nedocházelo ke ztrátě chladicího výkonu.

Potrubní systémy

Při potrubním chlazení se jedná o stejné technologické provedení jako při podlahovém vytápění. Jedná se potrubního „hada“, který je vytvořen do některé ze stěn ohraničující prostor. Lze se tedy setkat s podlahovým, stropním a stěnovým provedením.

Podlahové provedení není moc rozšířené z důvodu omezeného výkonu díky omezené teplotě povrchu. Mohlo by se zdát logické využít podlahovou plochu jak pro zimu, kdy jí využívá podlahové vytápění, tak i pro léto. abychom však získali maximální chladicí výkon z chladicí plochy, museli bychom mít menší rozteče s menším potrubím, aby šlo potrubí dobře motat do meandru. Toto je jediný způsob, jak lze zvýšit chladicí výkon pro podlahové chlazení. Nelze klesat s teplotou přívodní chladicí vody pod 16 °C z důvodu kondenzace. Pokud by se stejné rozteče a stejné potrubí používalo jak pro vytápění, tak i pro chlazení, získali bychom minimální chladicí výkon. Toto provedení se hodí pro místnosti, které se trvale neobývají, jako čekárny, odbavovací haly a galerie.

Používanější provedení je stropní.

Stropní provedení má uložené potrubí v dvojitém meandru ve stropě pomocí mokré pokládky. Pro toto provedení lze použít nižší povrchové teploty než u podlahového chlazení, ale i tak musíme dbát na riziko kondenzace.



Při

Obrázek 10.4 Rozvody trubkového chladícího stropu [11]

stropním provedení získáme lepší tepelný komfort v místnosti. Je nutné vybavit konstrukci tepelnou izolací, abychom zabránili šíření chladu nežádoucím směrem. Toto provedení je vhodné pro rodinné domy.

Pro stěnové provedení platí stejné zásady jako pro podlahové provedení. [13], [17]

Kapilární rohože

Kapilární rohože jsou složeny ze sítí tenkých trubiček o vnějším poloměru 3,5 mm vyrobených z polypropylenu. V těchto trubičkách je vedena chladící nebo otopná voda. Díky takto malému rozměru trubiček a nízké konstrukční výšce lze velice rychle reagovat na změny uvnitř místnosti. Kapilární rohože mají kvalitní rozložení teplot hlavně díky malým vzdálenostem mezi kapilárami a malým teplotním spádem. Díky své malé konstrukční výšce (min. 10 mm omítky) se dají kapilární rohože umístit na libovolnou stěnu v místnosti. Časté umístění je na sádrokarton pod omítku, do stropu, nebo přímo na stěnu. Při umístění na stěnu či na sádrokarton je důležité znát dopředu dispozici místnosti, aby tato stěna nebyla následně zastavěna nábytkem. V stropním provedení se lze setkat s osazením přímo na stropní desku, na sádrokarton, nebo stropní kazety do podhledových konstrukcí.

Na strop můžeme rohože přichytit pomocí spon, lepicí pásky či talířových terčů. Přívodní zpětné potrubí je umístěno v předem připravených drážkách ve stěně. Pokud jsou kapilární rohože umístěny na sádkartonu, tak se rozváděcí a sběrné potrubí vede nad ním. Následně se do sádkartonu musí udělat drážky pro vedení kapilár. Kapilární rohože je vhodné použít do nízkoenergetických domů, ale také bytových domů nebo obecních staveb. Kapilární rohože nemají téměř žádné omezení, co se týče rozměrů. Proto do konkrétního objektu pro konkrétní místnost bývají vyráběny na zakázku. Rohože se pak mezi sebou spojují polyfúzním svařováním.



Obrázek 11.4 Uložení kapilárních rohoží pro chladící strop [25]

Mezi hlavní výhody kapilárních rohoží patří:

obrovská životnost (až 50 let), hygienická nezávadnost, snadná montáž a nízké tlakové ztráty třením.

Mezi největší nevýhody bych zařadil:

nebezpečí pronikání difusního kyslíku do teplotnosné látky, malá odolnost vůči mechanickému poškození a malá odolnost vůči vyšším teplotám. [17], [25], [12]

Aktivace betonu

Masivní chladící stropy mají velkou akumulaci schopnost, které se někdy ještě více využívá a pak se zavádí pojem „aktivace betonu“.

Při tomto provedení se akumulční vrstva umístí mezi chladicí vrstvu a vnitřní povrch stavební konstrukce. Díky vysoké akumulaci jsme schopni „nabít“ akumulční hmotu a poté vytvořit časový posun zisků a vyrovnání tepelných zátěží během dne. Druhý způsob využití akumulční hmoty lze provést tak, že přes noc, kdy je levnější tarif elektřiny, si nachladíme akumulční hmotu, kterou přes den následně „vybízíme“.

Chladicí plocha pro „aktivaci betonu“ může být tvořena pomocí rozvodu chladicí vody, kanálů chladícího vzduchu nebo kombinací obou. [17]



Obrázek 12.4 Uložení potrubí pro aktivaci betonu [13]

Chladicí panely

Pokud zjednoduším konstrukci chladicích panelů, tak by se daly popsat, jako prosté desky, na které je připojeno potrubí, kterým protéká chladicí voda. Bývají zavěšeny pod stropem na závitových tyčích, nebo bývají součástí podhledu, takže s obvodovou konstrukcí místnosti nemají nic společného. [14]

Chladicí panely mají největší využití v místech, kde je osazen podhled nebo rastr.

Tento styl osazení rozhodne i o typu chladicích panelů

Dělí se na:

- kontaktní systémy
- sendvičové konstrukce

S kontaktním systémem se můžeme setkat v rastru podhledu a vyrábějí se v rozměrové řadě modulů 600x600, 300x1200, 1200x1200. „U kontaktního systému je chladicí element položen na roznášecí desce (hliníkový nebo pozinkovaný plech) a přenos tepla z chladicí vody do prostoru je uskutečňován díky kontaktu obou těchto ploch.“ [16] Panely se přímo na stavbě pouze osadí do rastru a následně se připojí chladicí voda. Zadní stranu panelu je nutno opatřit tepelnou izolací, aby nedocházelo ke ztrátám chladicího výkonu. Namísto izolace lze použít vzduchovou mezeru. Jejich velká výhoda je, že jejich součástí mohou být i ostatní technologické prvky jako světla, reproduktory atd., a to díky modulačnímu systému. [17], [14]



Obrázek 13.4 Umístění chladicího panelu – kontaktní systém

Při montáži sendvičových konstrukcí lze postupovat obdobně jako při montáži sádkartonového podhledu. Rozdíl je pouze v hmotnosti konstrukce. Většinou se připevňují na hliníkový rastr pomocí samořezných šroubů. Poté by se měly dohladit spáry síťovanou páskou a sádkou pro sádkarton tak, aby se vytvořil pohledovou desku. Sendvičové konstrukce chladicích panelů jsou složeny z chladicího elementu, pohledové desky a izolační vrstvy.

Chladicí elementy se umísťujú na desku, poté jsou potaženy hliníkovou folií a nakonec jsou zality polyuretanovou pěnou, které slouží jako tepelná a akustická izolace. Díky tomuto složení nedochází ke kondenzaci na potrubí. Sendvičovou konstrukci může rovněž tvořit panel se zalitými kapilárními rohožemi. Na rozdíl od kontaktních systémů lze sendvičové konstrukce využít i pro stěnové aplikace.

Nejčastěji se chladicí panely používají v administrativních budovách. Ideálně se jeví použití v kancelářích, ale i v obchodech, nemocnicích, výstavních sálech, konferenčních sálech, hotelech či bankách. [17], [25]

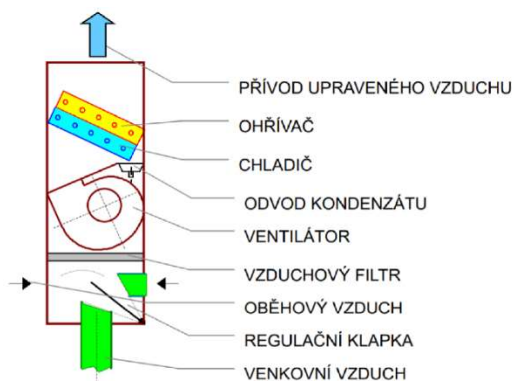
Hlavní výhody pro oba typy chladicích panelů jsou:

Snadná montáž, estetičnost, možnost zakomponování ostatních technologických prvků, rychlý náběh, žádná setrvačnost.

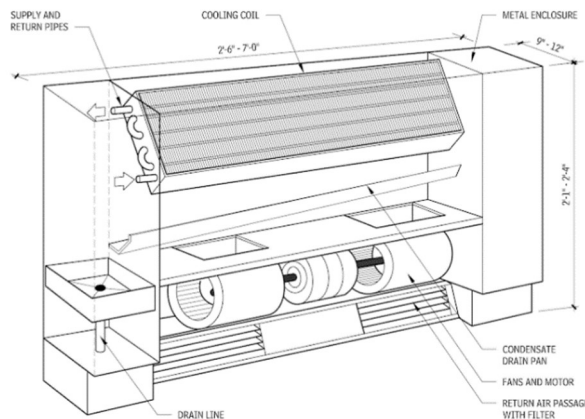
Mezi nevýhody patří: Menší výkony, nulová akumulace

4.2.2 Ventilátorové konvektory

Ventilátorový konvektor se skládá z chladíče a ohříváče vzduchu, ventilátoru, kondenzační vany, směšovací komory, kde se mísí oběhový a venkovní vzduch, filtru oběhového vzduchu a výměníku tepla. Na výměník tepla se připojuje topná/chladicí voda. Výměník může být dvouřadý, třířadý nebo víceřadý. Počet řad ovlivní jeho celkový výkon, protože více řad ve výměníku znamená, že bude mít větší teplosměnnou plochu. Do výměníku tepla je přivedena chladicí voda a vzduch, který bude přivádět do klimatizačního prostoru. Chladicí voda přes teplosměnnou plochu výměníku ochlazuje přiváděný vzduch, který následně ventilátor „vyfoukne“ do klimatizovaného prostoru. Ventilátor bývá většinou v radiálním provedení. [15], [16]



Obrázek 14.4 Složená ventilátorového konvektoru [15]



Obrázek 15.4 Schéma umístění komponentů v FCU jednotce [29]

Jedná se o vodní vícezónový systém, někdy taky označovaný jako „Fan-coil“ se používá pro klimatizace prostorů, kde máme odlišné, či proměnné požadavky během dne a taky během roku. Systém je vhodný do kancelářských prostor nebo hotelů. Umísťuje se také do prostor, kde je potřeba hodně chladit, ale ne tolik větrat. Přímo do klimatizovaného prostoru se umístí Fan-coilová jednotka, kterou připojíme na chladicí vodu, která bude vyrobena ve zdroji chladu umístěného v technické místnosti. Pomocí Fan-coilové jednotky lze tedy chladit, topit a také vlhčit. [15], [16]

Systém pracuje s chladicí vodou o spádu 6/12, takže celý systém funguje jako kondenzační a je tedy nutno v průběhu, kdy je zapnut neustále odvádět kondenzát. Lze také přivádět chladicí vodu o jiném tepelném spádu, ale poté je nutno přepočítat výkon ventilátorového konvektoru. Teplá voda se přivádí ve spádu 60/70

„Regulace tepelného výkonu ventilátorových konvektorů se provádí kvantitativně u každého konvektoru řízením průtoku otopné nebo chlazené vody podle termostatu v místnosti – u rozsáhlejších sítí trojcestným rozdělovacím ventilem (obtokem výměníku), u malých zařízení škrbcím.“ [16] Ventilátorové konvektory mají dané otáčkové řady, mezi kterými lze libovolně přepínat. Přepínáním mezi otáčkami dosáhneme další změnou výkonu pomocí úpravy průtoku vzduchu. [15], [16]

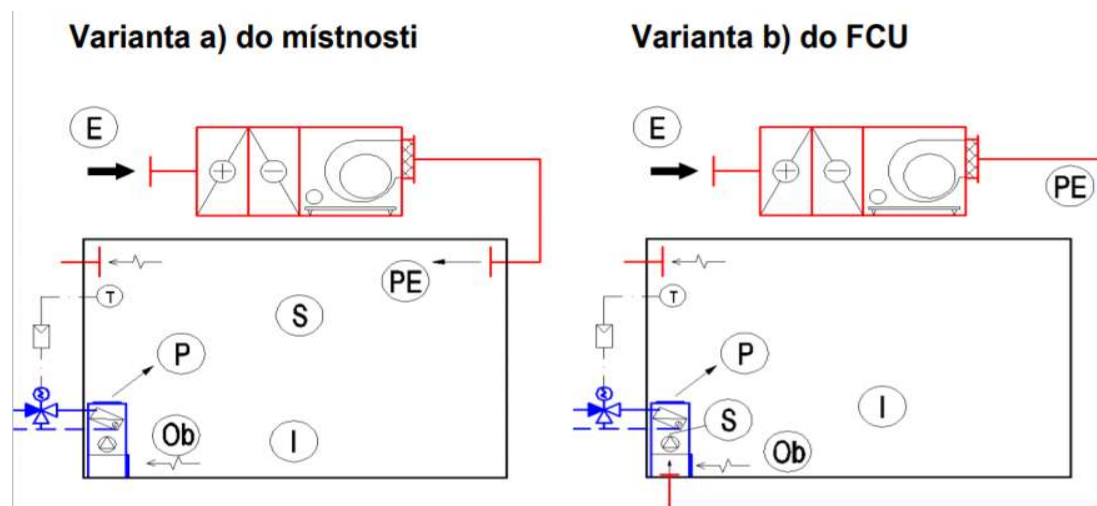
Rozdělení

Jednotky lze připojit ve dvojném provedení, a to dvoutrubkové nebo čtyřtrubkové.

Dvoutrubkové provedení slouží pouze ke chlazení, takže do jednotky napojíme pouze chladicí vodu. Pro čtyřtrubkové provedení zapojíme ještě otopnou vodu, díky které bude jednotka schopna i topit.

S ventilátorovými konvektory se lze setkat ve vodním provedení, kdy do něj přivádíme pouze chladicí vodu/otopnou vodu, ale také v kombinovaném provedení, kdy je jednotka napojena na předpřipravený vzduch z centrální vzduchotechnické jednotky.

Pro vodní se poté přívod čerstvého vzduchu a odvod znehodnoceného provádí pomocí jednokanálového klimatizačního rozvodu, který bude přivádět minimální množství čerstvého vzduchu do klimatizovaných prostor. Potřebu dochládit nebo dohřát místnost zajišťuje ventilátorový konvektor. Pro kombinované provedení se předpřipraví vzduch v ústřední klimatizační jednotce, který se většinou přivádí o teplotě, jaká je v klimatizované místnosti. Tento předpřipravený vzduch se napojí na vnitřní fan-coilovou jednotku, kde se ve směšovací komoře smísí s oběhovým vzduchem. [15], [16], [26]



Obrázek 16.4 Varianta a) Zobrazení vodního provedení, kdy je přívod vzduchu řešen individuálně
b) Zobrazení kombinovaného provedení, kdy je vzduch přiváděn do FCU jednotky z centrální jednotky [26]

Jednotky se vyrábí v těchto provedeních:

Mezistropní: Mezistropní jednotky hlavně díky svému umístění a největším rozměrům disponuje největším výkonem.



Obrázek 17.4 Mezi stropní provedení [27]

Nástěnné: Nástěnné jednotky jsou ideální při rekonstrukcích, či dodatečnému doplnění chlazení. Má velice snadnou montáž a údržbu a lze ji umístit na libovolné místo na stěně.



Obrázek 18.4 Nástěnná FCU jednotka [27]

Kazetové: Kazetové provedení by šlo zařadit do mezistropního provedení, protože se umísťuje do podhledu. Díky tomu je jednotka esteticky upravená. Velká výhodou tohoto provedení je, že schopnost distribuovat vzduch do všech směrů s možností uzavření přívodu vzduchu do nežádoucího směru v libovolném množství. Také lze natáčet lamely na výfuku vzduchu, což umožňuje upravit jednotlivé směry proudění a nezabírá část prostoru.

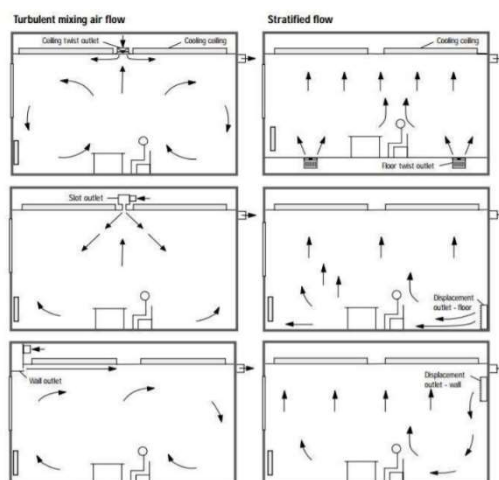


Obrázek 19.4 Kazetová FCU Jednotka [27]

Parapetní: Parapetní provedení jsou výhodné v tom, že eliminují vnější zisky, které přichází skrz okna přímo v místě vzniku. Lze ji adaptovat do interiéru tak, že jsou vidět akorát mřížky pro sání a výdech vzduchu. Nevýhodné je, že zabírá kus prostoru z místnosti. [15], [26], [27]



Obrázek 20.4 Podparpetní provedení FCU jednotky [27]



Obrázek 21.4 Umístění ventilátorových konvektorů a naznačení proudění vzduchu v místnosti [4]

Výhody

Pružná reakce na vnitřní změny

Nízká cena

Velký chladicí výkon

Lze použít pro léto i zimu

Menší nároky na prostor

Nevýhody

Menší životnost

Zdroj hluku

Nutný zdroj chladicí vody

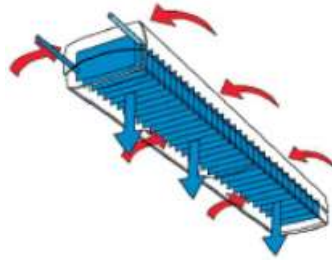
4.2.3 Pasivní chladicí trámy

Pasivní chladicí trám slouží pro chlazení pouze volným prouděním vzduchu, kdy teplý vzduch v místnosti stoupá pod strop, kde jej ochlazuje výměník chladicího trámu a ochlazený vzduch volně klesá k podlaze.

Tyto typy trámů jsou používány primárně pro chlazení (některé typy jsou určeny i pro vytápění), přičemž ochlazování zóny pobytu zajišťuje přirozená konvekce. Pro chladicí trámy je přívod větracího vzduchu zajištěn jiným, nezávislým způsobem, např. pomocí velkoplošných vyústí zapuštěných do stěn nebo do podhledu.

Pasivní trámy je výhodné použít v případech, kde je požadováno pouze chlazení nebo vysoký chladicí výkon, případně kde jsou požadavky na individuální regulaci.

Také je lze instalovat do velkoprostorových objektů s výškami nad 4 m, kde jsou požadavky na relativně velké průtoky větracího vzduchu, zajišťované jiným systémem. Ve vnitřním prostředí kancelářských budov, kde se systémy s trámy nejvíce používají, je při běžných instalacích jejich nejvyšší chladicí výkon max. 150 W/m délky při max. doporučené největší šířce jednotek 300 mm z důvodu vyvarování se vysokým rychlostem vzduchu v zóně pobytu (cca 500 W/m² plochy jednotky). Pokud jsou však tyto jednotky instalovány nad perforovaným podhledem, může být použitý chladicí výkon mnohem vyšší, bez problémů s průvanem do cca 400 W/m. Velký vliv na funkci statických trámů má také umístění distribučních elementů vzduchotechnického systému. [2], [5]



Obrázek 22.4 Pasivní chladící trám [2]

4.3 Kombinované systémy

Při použití kombinovaných systémů se na odvodu tepelné zátěže z místnosti podílí dva nositelé, a to voda i vzduch. Primární vzduch se předpřipravuje v centrální klimatizační jednotce, kde se většinou předchladí a následné dochlazení nastává až ve vnitřní jednotce.

Vnitřní jednotka může být:

Indukční jednotka

Ventilátorový konvektor

Vzduch se do vnitřních jednotek přivádí v množství na pokrytí hygienického minima. Sekundární vzduch si vnitřní jednotky přisávají z klimatizované místnosti a následně se mísí s primárním vzduchem. Přívod primárního vzduchu lze vést jako vysokotlaký (10-20 m/s). Primární vzduch lze přivádět až o teplotě 12–15 °C.

Kombinované systémy většinou lze využít jak na topení, tak i na chlazení. Proto se můžeme setkat s dvoutrubkovým provedením, třítrubkovým nebo čtyřtrubkovým.

Při dvoutrubkovém provedení je napojen buď zdroj tepla, nebo zdroj chladu.

Popřípadě je možné přepínat mezi jednotlivými okruhy. U třítrubkového provedení do vnitřní jednotky napojím jak přívod teplé, tak i studené vody, ale odvodní potrubí mají společné. Při čtyřtrubkovém provedení je vnitřní jednotka napojena jak na zdroj chladu, tak i na zdroj tepla, takže si lze zvolit, zda chci v daný okamžik topit, či chladit. Chladicí/otopná voda se předpřipravuje ve zdroji chladu a následně je napojena na výměník tepla uvnitř vnitřních jednotek. Průtokem chladicí vody lze regulovat chladicí výkon vnitřních jednotek. V případě ventilátorových konvektorů ještě otáčkami ventilátoru.

Díky tomu, že vnitřní jednotky jsou napojeny na rozvody chladu/tepla tak lze minimalizovat rozměry přívodního vzduchotechnického potrubí.

Obě dvě provedení nejsou schopna odvádět znehodnocený vzduch v místnosti, proto se musí řešit individuálně. [15], [16]

4.3.1 Indukční jednotky

Vznik

Ačkoli indukční jednotky mohou působit, jako „novinka“, tak opak je pravdou. K registraci prvního patentu indukční technologie došlo v roce 1915 vynálezcem Dr. Albertem Kleinem. Od roku 1924 byly indukční jednotky průběžně vyvíjeny a zdokonalovány. K největší oblibě se těšily v 60. a 70. létech a to zejména pro výškové stavby, kde se daly snadno uložit do podlahy či stropu. Tím, že si indukční jednotka bere část vzduchu z místnosti, tak to umožnilo zmenšit rozměry vzduchových šachet. Poté přišel jejich velký úpadek. Hlavně z důvodů velké tlakové ztráty a hluku. Tento stav se držel asi do roku 2007, kdy se některým firmám povedlo zlepšit technické provedení a tyto jednotky byly opět ve „hře“. [1], [4]

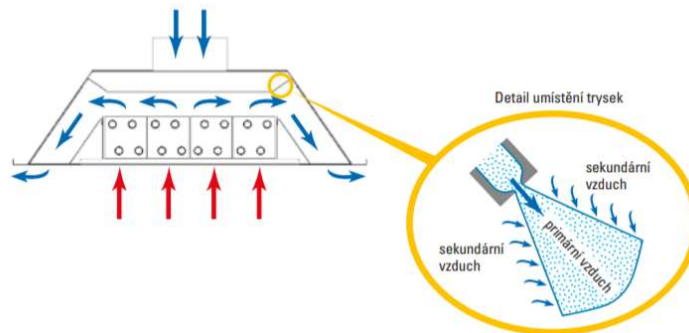
Aktivní x Pasivní chladící trámy

Rozdělení indukčních jednotek je na aktivní a pasivní. Základní poznávací znamení mezi aktivním a pasivním chladícím trámem je ten, že pro pasivní provedení není připojen žádný přívod vzduchu.

Princip funkce indukční jednotky

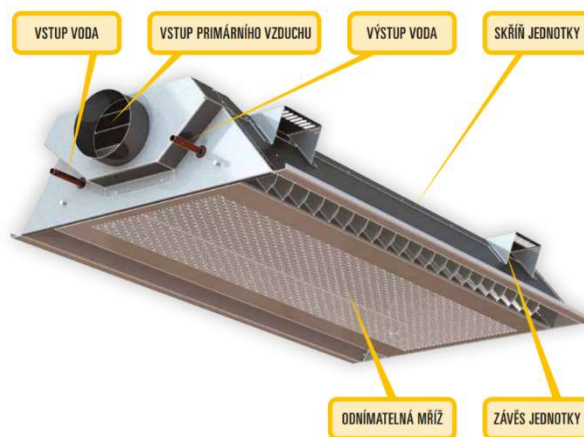
Indukční jednotky jsou kombinovaný systém na bázi voda vzduch. To znamená, že pro správnou funkci toho zařízení je nutný stálý přívod vody i vzduchu z externího zařízení.

Indukční jednotky, jsou napojeny na většinou na vzduchotechnickou jednotku, které zajišťují upravený, primární vzduch. Primární vzduch je pod tlakem protlačen tryskami, za kterými je ejekčním účinkem strháván a nasáván sekundární vzduch z místnosti.



Obrázek 23.4 Funkce indukční jednotky [30]

Toto nasávání sekundárního vzduchu z místnosti probíhá přes tepelný výměník, kde je vzduch ochlazován nebo ohříván. Uvnitř jednotky dojde ke smíšení primárního a sekundárního vzduchu, který je následně distribuován do místnosti. Tato „indukce“ probíhá uvnitř indukční jednotky. Dále do jednotky je přiváděna chladící voda, která ochlazuje výměník, kterým protéká vzduch a je tak chlazen na požadovanou teplotu. Vzduch si lze předchládit již pomocí primárního vzduchu pomocí chladiče v jednotce. Takže primární přenos tepla pro tento způsob klimatizace je pomocí konvekce. [4], [5]



Obrázek 24.4 Provedení indukční jednotky [30]

Provozní podmínky

S indukčními jednotkami se můžeme setkat pod parapetem, v podlaze, ale nejvíc pod stropem. Pod stropem je umístění nejvýhodnější, protože díky přirozené konvekci, kdy teplý vzduch od zdrojů zisků stoupá vzhůru, tak se hned ochladí a začne klesat zase zpět a tím napomáhá přirozenému proudění vzduchu v místnosti.

Teplotní spád u systémů s trámy pohybuje většinou 14/17 °C, avšak vždy se pohybují nad teplotou rosného bodu, takže celý systém pracuje jako bezkondenzační. Indukční poměr je u indukčních jednotek (primárního vzduchu vůči sekundárnímu) nejčastěji 1:3, 1:4 či 1:5. Pro poměr 1:4 to znamená že při průtoku 25 m³/h čerstvého vzduchu do sebe trám indukuje 100 m³/h cirkulačního vzduchu z místnosti proudícího přes výměník. Výkon je ovlivněn teplotou primárního vzduchu, tepelným spádem chladicí vody a samozřejmě velikostí výměníku. Lepší klima můžeme docílit nejen volbou správných návrhových parametrů, ale i volbou správného typu trámu, správných rozměrů, počtu a rozmístění. Díky ejekčnímu účinku indukční jednotky lze celý systém mít napojen vzduchovod ve „vysokotlakém“ provedení (6-20 m/s) nebo i v „nízkotlakém provedení“ (6-8 m/s), ale se stále vyššími rychlostmi, než s jakými se lze setkat u jednozonového, jednokálového vzduchového rozvodu. [28], [4]

Výhody

Neobsahuje ventilátor

Tiché

Vysoká spolehlivost

Životnost

Nízké energetické nároky

Možnost chladit i topit

Není nutno odvádět kondenzát

Možnost využít vysokotlaké napojení vzduchu

Menší rozměry přívodního vzduchového potrubí

Velká variabilita napojení a velikostí

Díky tomu, že indukční jednotka neobsahuje ventilátor, tak je extrémně tichá. Navíc neobsahuje žádné rotační části, takže její životnost je obrovská a není nutná žádná údržba.

Primární rozvod vzduchu může být vysokorychlostní, což nám umožňuje umístit indukční jednotky daleko od jednotky, kde je tvořen vzduch primární a díky menším objemům vzduchu lze mít menší rozměry primárního potrubí. [1], [16]

Nevýhody

Nutné řešení individuální odvodu vzduchu

Velká tlaková ztráta

Riziko kondenzace

Menší výkony

Pro vyhnutí riziku kondenzace vodních par i při náhodných výkyvech vlhkosti, tak je nutné primární vzduch, co nejvíc vysušit. Většího vysušení dosáhneme tak, že do vzduchotechnické jednotky, kde se upravuje primární vzduch, tak umístíme nejdříve chladič a poté ohřívač vzduchu. Díky této „záměně“ dosáhneme nižších hodnot relativní vlhkosti ϕ . Snížení vlhkosti na minimum je velice důležité, protože v průběhu roku si nemůžeme v žádný okamžik dovolit riziko kondenzace.

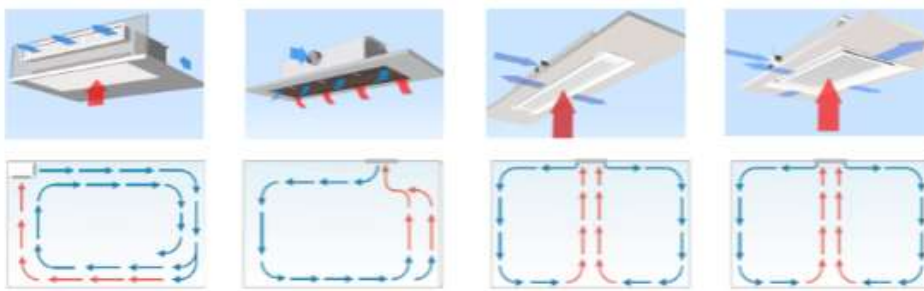
Nejvhodnější využití indukčních jednotek je v aplikacích, kde je požadavek na individuální úpravu vzduchu pro jednotlivé místnosti.

Typickými aplikacemi jsou kanceláře, hotely, nemocnice, obchody, školy, školky a technologie. [3], [2]

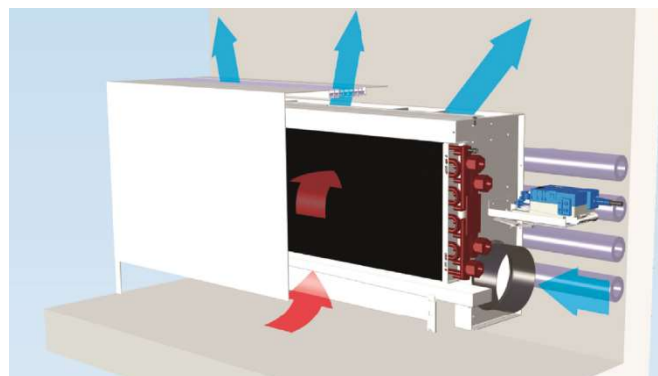
Rozdělení dle pozice

Jak jsem již zmínil, tak s indukční jednotkou se můžeme setkat ve 3 provedeních:

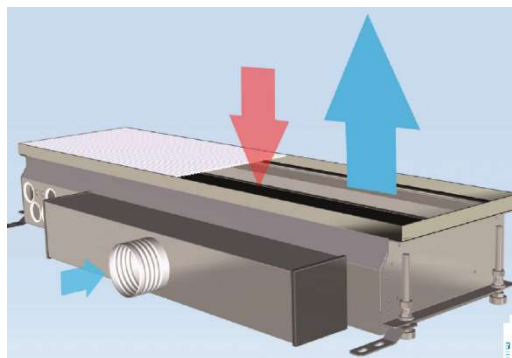
- podstropní, parapetní a podlahové



Obrázek 25.4 Podstropní provedení indukční jednotky ve 4 typech a rozdílné obrazy proudění v místnosti pro jednotlivé typy. [5]



Obrázek 26.4 Parapetní provedení indukční jednotky [1]



Obrázek 27.4 Podlahové provedení indukční jednotky [1]

Mezi jednotlivými typy není žádný principiální rozdíl. Tyto 3 provedení se lehce liší výkonem, kterého jsou schopni dosáhnout, ale to vyplývá z jejich dispozice a následnému tvaru proudění vzduchu v místnosti. Je důležité si předem rozmyslet dispozici každé. V dnešní době se staví objekty s vysokým procentem zasklení není vhodné používat parapetní provedení z důvodů estetiky.

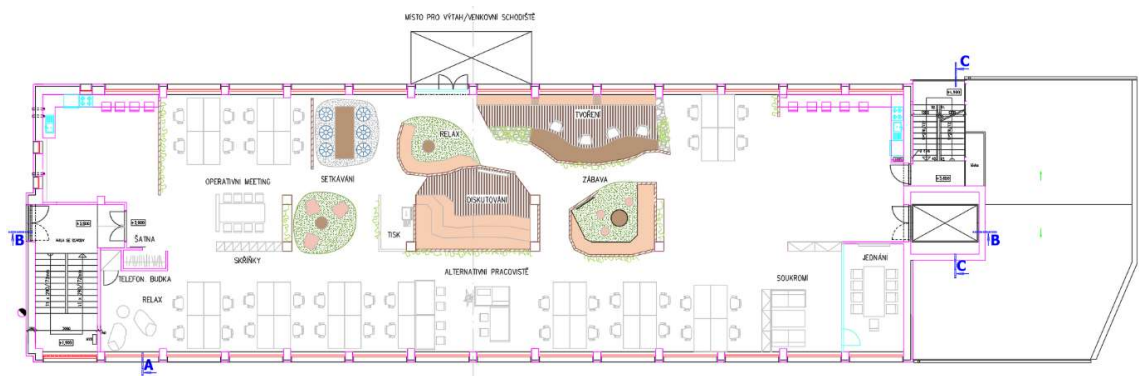
Na druhou stranu podlahové provedení má zase omezenou výšku uložení, takže nejčastěji se můžeme setkat s podstropním provedením, které jsem také navrhl v mé projektové části. [1]

5. Úvod do projektu

V rámci praktické části vám představím administrativní objekt SatoshiLab, kde se budu zabývat typickým patrem, jak navrhnout klimatizaci celého prostoru pro letní období. Na tyto požadované hodnoty budu navrhnovat 4 možná technická řešení, která budou zaznamenány ve výkresech a vypočteny jejich finanční náročnosti.

6. Popis objektu

Řešeným objektem je stávající objekt SatoshiLabs s.r.o., který se nachází na adrese Kunderatka 17, 180 00 Praha 8. Objekt má 4 nadzemní a jedno podzemní podlaží. V rámci mé praktické části jsem z toho objektu využil pouze typické patro, které je stejné pro 1, 2 a 3 NP. Poslední patro má pronajaté jiný nájemník, a proto to není předmětem této práce. Toto patro se bude teprve dostavovat. Objekt má obdelníkový půdorys s rozměry 54x13,7x14,7m a je k němu dopojen menší objekt 10,8x13,5x5,2, který končí v úrovni podlahy 2.NP. Typické patro je složeno pouze ze 3 místností, a to kancelářské haly 458,56 m², jednací místnosti 15 m² a halou se schody 23,9 m². Jedno typické patro má rozměry 54x13,7x3,3. V celé ploše stropu je zavěšen sádkartonový podhled. Kancelářská hala je rozdělena na několik účelových prostorů jako kuchyňka, zábava, relax, alternativní pracoviště atd. Tato rozdělení nejsou pro moje řešení důležitá, protože moje práce se zabývá odklimatizováním prostoru jako celku. Tento objekt býval montážní halou, ale prošel kompletní rekonstrukcí včetně zateplení, výměny oken a osazení stínících prvků. Nyní slouží jako výpočtové centrum pro návrh softwaru. Na střeše vedlejšího objektu je umístěna vzduchotechnická jednotka a do těchto míst se bude také napojovat na zdroj chladicí vody. Objekt je otočen tak, že delší stěny s okny jsou otočeny na východ a západ. Okna v obvodové konstrukci jsou vybaveny vnější stínící žaluzií a mají dvouvrstvé sklo.



Obrázek 28.6 Typické patro



Obrázek 29.6 Reálná fotka objektu před finální rekonstrukcí – Pohled Jiho-Východ



Obrázek 30.6 Reálná fotka objektu pohled- Sever

Parametry venkovního a vnitřního vzduchu

Stav venkovního vzduchu v létě je popsán těmito parametry:

$$t_e = 27 \text{ °C}$$

$$h = 58 \text{ kJ/kg}$$

Stav vnitřního vzduchu

$$t_i = 26 \text{ °C}$$

$$\varphi = 0,4 - 0,5\%$$

Výpočtové místo se nachází v Praze. Venkovní výpočtová teplota pro léto je tak nízká, protože výpočtový program Protech stanovil měsíc s největším úhrnem vnějších zisků Květen s nejvyšší teplotou 27 °C.

7. Výpočet zisků

Výpočet zisků je nezbytný pro následující návrh klimatizačního zařízení, protože je potřeba znát, jaké množství tepla je potřeba z místnosti odvádět.

Výpočet vnitřních zisků jsem udělal dle normy ČSN 73 0548 [30], respektive jsem zadal následující parametry do výpočtového programu Protech, který mi vypočítal maximální úhrn zisků pro dané měsíce a maximální tepelný zisk v průběhu dne.

Hodnoty jsou získány pro měsíc březen až říjen a pro časový úsek od 8:00 do 17:00 jako dle normy.

Ač norma nerozlišuje pojmy „tepelná zátěž klimatizovaného prostoru“ a „tepelná zátěž klimatizačního zařízení“, já jsem se řídil při svém výpočtu „tepelnou zátěží klimatizovaného prostoru“.

„Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru je citelný tepelný tok, který z klimatizovaného prostoru odvádí klimatizační systém. Zahrnuje pouze vnitřní citelné tepelné zisky a venkovní tepelné zisky. Tato zátěž podmiňuje změny stavu vzduchu, které probíhají v klimatizovaném prostoru.

Do tepelné zátěže klimatizovaného prostoru se nezahrnují citelné zisky tepla, které do klimatizačního zařízení pronikají mimo klimatizovaný prostor (externí toky), např. teplo prostupem stěnami vzduchovodů, teplo produkované ventilátory, teplo obsažené ve venkovním vzduchu (přiváděném do klimatizační jednotky) i teplo, které se uvolňuje při kondenzaci vodních par na chladičích klimatizačních jednotek.“ [18]

Výpočet zisků z venkovního prostředí zahrnuje tepelné zisky prostupem okny, akumulace do stěn a tepelné zisky stěnami. Do vnitřních pak zisky od lidí, svítidel, strojů a elektronického vybavení. [18]

V následujícím výpočtu předvedu, jak výpočtový program Protech vypočítal veškeré tepelné zisky na jedné obvodové stěně SO1 a okny OJD7.

Vlastnosti stěny a okna potřebné k výpočtu

$$SO1 - U = 0,256 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}; d = 0,45, S_{st} = 65,5 \text{ m}^2$$

$$OJD7 - U = 1,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}, 2,65 \times 2,3 \text{ m}; g = 0,57, S_o = 6,095 \text{ m}^2; S_{os} = 4,876 \text{ m}^2; s = 0,3 \\ d = 0,2; c = 0,1$$

7.1 Venkovní zisky

Výpočet venkovních zisků jsem provedl pro měsíc květen, v 15:00 pro stěnu a okna orientované na západ.

Nejdříve se vypočítá prostup oknem

$$Q_{ok} = U_o \cdot S_o \cdot (t_e - t_i) = 1,5 \cdot 6,095 \cdot (27 - 26) = 9,2 \text{ W} \quad (6)$$

Poté prostup tepla oknem radiací

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{od}] \cdot s \\ = [4,876 \cdot 608 \cdot 1 + (6,095 - 4,876) \cdot 95] \cdot 0,3 = 926,8 \text{ W} \quad (7)$$

Tyto hodnoty ve výpočtu má v sobě výpočtový program Protech zadané buď z normy nebo ze statistických měření pro danou oblast a hodinu:

I_o = Celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením 608 W/m^2

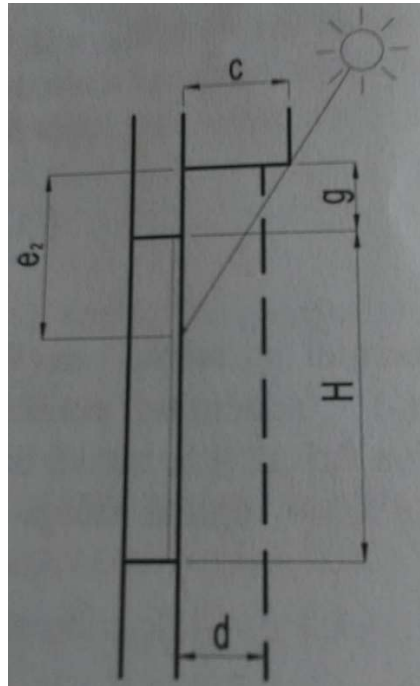
c_o = Korekce na čistotu atmosféry – Oblast normální = 1

I_{od} = Intenzita difúzní sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením 95 W/m^2

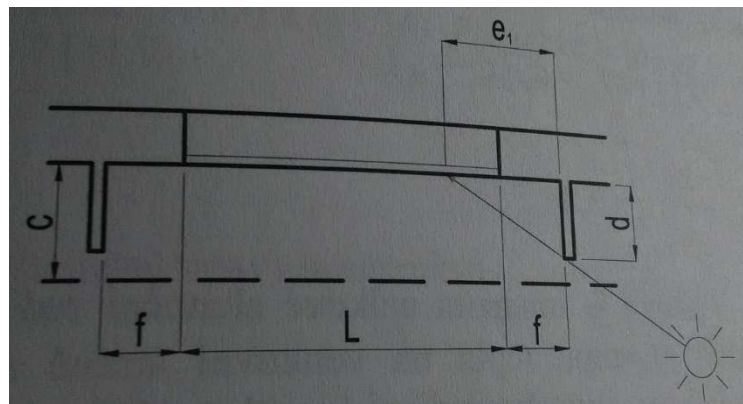
S_{os} = Osluněný povrch okna m^2 je stanoveno v normě [22] jako

$$S_{os} = [L - (e_1 - f)] \cdot [H - (e_2 - g)] \quad (8)$$

Avšak já jsem osluněný povrch okna zvolil zjednodušenou metodou, že je to 80% z celkové plochy. Zakotované části pro výpočet osluněného povrchu lze vidět na Obrázku 31.7 a 32.7



Obrázek 31.7 Půdorysný pohled na okno, kde jsou vidět stínící prvky konstrukce [18]



Obrázek 32.7 Bokorysný pohled na stínící prvky okna [18]

Dále norma zohledňuje snížení tepelných zisků od oslunění, akumulaci do stěn dle vzorce:

$$\Delta Q = 0,05 \cdot M \cdot \Delta t_i \quad (9)$$

Jelikož je v celém prostoru sádkartonový podhled a jediná příčka je k výtahu, možná akumuláční plocha je pouze podlaha krátká příčka.

Už jen z této úvahy je zřejmé, že akumulční schopnost tohoto objektu je minimální, proto ji ve svém projektu neuvažuji.

Poslední částí venkovních zisků je prostup tepla stěnou. Rozlišuje se, zda jde o lehkou, středně těžkou nebo těžkou konstrukci. Rozdělení do těchto skupin závisí na tloušťce obvodové konstrukce. V mé práci by se jednalo o středně těžkou stěnu, pro kterou platí vzorec

$$Q_s = U_{st} * S_{st} [(t_{rm} - t_i) + m(t_{r\psi} - t_{rm})] \quad (9)$$

$$m = \frac{1 + 7,6d}{2500^d} = \frac{1 + 7,6 * 0,45}{2500^{0,45}} = 0,13 (-) \quad (10)$$

$$\psi = 32d - 0,5 = 32 * 0,45 - 0,5 = 13,9 (h) \quad (11)$$

t_{rm}

= průměrná rovnícná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin je odečtena z Protechu = 26,81 °C

$t_{\psi} = 18,3$

$$Q_s = U_{st} * S_{st} [(t_{rm} - t_i) + m(t_{r\psi} - t_{rm})] =$$

$$0,256 * 65,5 * [(26,81 - 26) + 0,13 * (18,3 - 26,81)] = 4,96 \text{ W}$$

Z tohoto výpočtu je vidět, že výpočet tepelného zisku konstrukcí je zanedbatelný a proto ho ve svém návrhu neuvažuji.

7.2 Vnitřní zisky

V typickém patře se bude nacházet bude nacházet 77 osob (obsazenost místnosti je stanovena dle požadavků majitele). Každá osoba je zdrojem vnitřních zisků. Já jsem uvažoval 61 W/osobu. Tato hodnota je pro osobu sedící, odpočívající. Dále uvnitř objektu je namontované zářivkové osvětlení, pro které jsem uvažoval 35W/m². Poslední zdroj vnitřních zisků jsou počítače, tiskárny, projektory atd. Já jsem uvažoval, že zisky od veškeré elektroniky bude 30 W/m². Tato hodnota byla stanovena tak, že pro každou osobu je brán 1 počítač + jeden monitor. Dále je v místnosti několik tiskáren.

Hodnoty tepelných zisků pro elektroniku jsem vzal z normy [22].

Počítač – 115 W

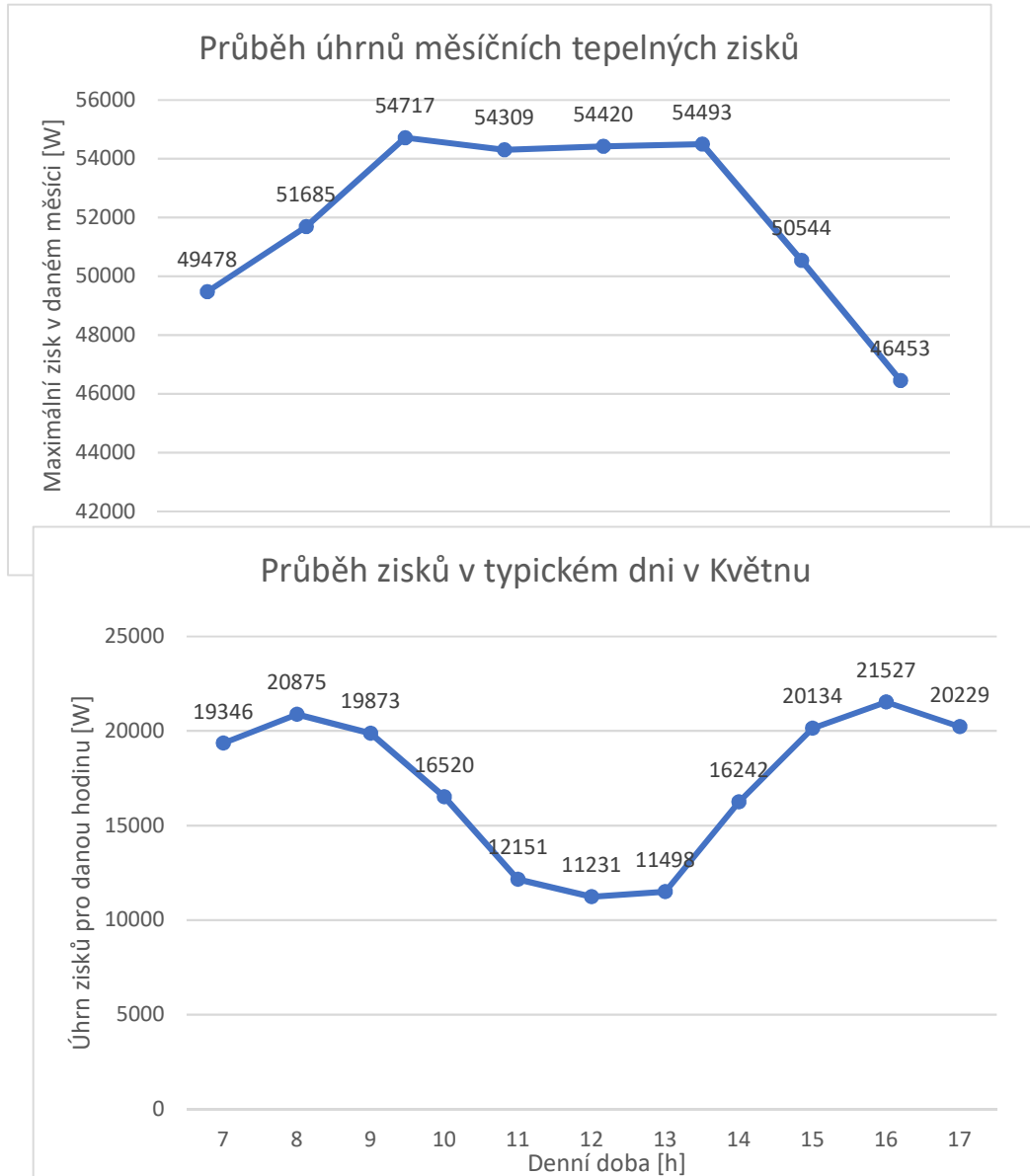
Obrazovka – 55 W

Laserová tiskárna – 550 W

$$Q_{in} = \frac{(115+5) + 2 \cdot 550}{458} = 30,1 \text{ W/m}^2 \quad (12)$$

Celkové množství zisků, které jsou potřeba uhradit je $Q_c = 55\ 103 \text{ W}$.

(Viz příloha 13.)



8. Řešení typického podlaží

Pro odvedení tepelné zátěže a zajištění min. hygienického množství čerstvého vzduchu pro pobyt osob a odvod znehodnoceného vzduchu jsem navrhl 4 možné kombinace technických provedení:

- 1) Systém 1 – Přívod a odvod znehodnoceného vzduchu je pomocí vzduchového jednonálového systému a hrazení tepelné zátěže je pomocí pasivních chladicích trámů.
- 2) Systém 2 – Pro systém dva jsem zvolil přívod vzduchu přes kombinované indukční jednotky. Odvod vzduchu je vyřešen pomocí vzduchového jednonálového systému a odvod tepelné zátěže je také přes indukční jednotky.
- 3) Systém 3 – Přívod čerstvého vzduchu je pomocí kombinovaných ventilátorových konvektorů. Odvod vzduchu je vyřešen pomocí vzduchového jednonálového systému a odvod tepelné zátěže je také přes ventilátorové konvektory.
- 4) Systém 4 – Přívod vzduchu a odvod znehodnoceného vzduchu je pomocí vzduchového jednonálového systému a odvod tepelné zátěže je pomocí chladicích stropů.

8.1 Výpočet množství čerstvého vzduchu

Mnou řešený prostor je kancelář, kde nevznikají žádné další specifické škodliviny, a proto jsem navrhl min. množství vzduchu dle normy ČSN EN 13779, kde je stanoveno, že pro osoby pobývající v kanceláři, které jsou zatíženy buď pachy nebo tepelnými zisky, je dáno $35 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{osobu}$.

Dle tohoto množství čerstvého vzduchu na osobu jsem pro můj počet osob (77 osob) stanovil potřebný objemový průtok vzduchu dle vzorce:

$$\dot{V} = n \cdot D = 77 \cdot 35 = 2700 \text{ m}^3/\text{h} \quad (13)$$

Tento objemový průtok čerstvého vzduchu bude stejný pro všechny 4 systémy. Lišit se bude pouze před upravení vzduchu a finální distribuce do místnosti. Jelikož prostor bude větrán rovnotlance, tak stejné množství objemového průtoku budu také odvádět.

Pro zasedací místnost jsem navrhl minimální množství čerstvého vzduchu dle stejného vzorce. V místnosti bude maximálně 9 osob, takže minimální průtok vzduchu je $\dot{V} = n \cdot D = 9 \cdot 35 = 315 \text{ m}^3/\text{h}$.

8.2 Vzduchotechnické zařízení

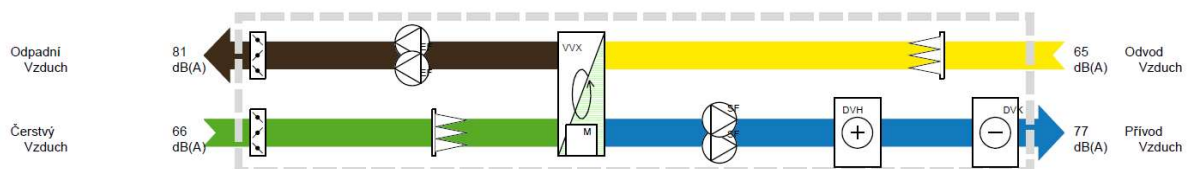
Předúpravu přiváděného vzduchu zajišťuje vzduchotechnická jednotka od firmy Systemair Geniox Go 18DR. Jednotku jsem navrhl na průtok $10\,000\text{ m}^3/\text{h}$ a externí tlak 400 Pa . Tato jednotka bude umístěna na střeše vedlejšího objektu, odkud budou vedeny rozvody vzduchotechniky k jednotlivým místům. Sání čerstvého vzduchu a odvod znehodnoceného vzduchu bude v místě střechy. Konkrétně odvod znehodnoceného vzduchu je veden k okraji atiky a přívod čerstvého vzduchu je nasáván hned za vzduchotechnickou jednotkou. Sání čerstvého vzduchu i odvod znehodnoceného vzduchu bude vybaven protidešťovou žaluzií. Přesné umístění vzduchotechnické jednotky a jejího přívodu a odvodu je vidět ve výkresové dokumentaci.

Vzduchotechnická jednotka bude na přívodu čerstvého vzduchu osazena klapkou, poté filtrem vzduchu s třídou čištění F7 – dle starého značení. Odvod znehodnoceného vzduchu bude osazen radiálním ventilátorem s volným oběžným kolem. Přívod vzduchu do místnosti bude osazen vodním chladičem, vodním ohříváčem a nakonec radiálním ventilátorem s volným oběžným kolem. Odvodní část z místnosti je složena z filtru třídy M5.

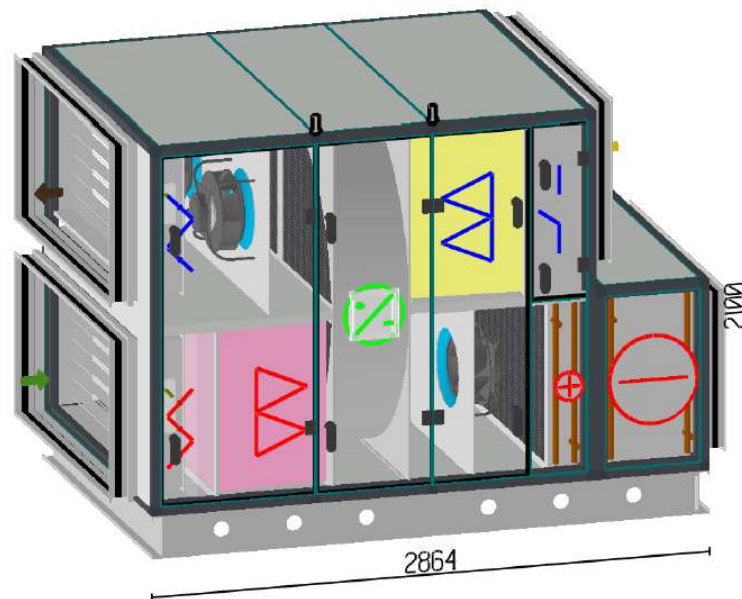
Hlavní část jednotky je rotační, regenerační, sorpční výměník. Výměník bude napojen na EC motor, kterým jím bude otáčet. Účinnost výměníku je 82%.

Hodnota akustického tlaku je 58 dB(A) .

Vzduchotechnická jednotka bude napojena na kanalizační rozvod kvůli odvodu kondenzátu. Dále bude napojena na zdroj elektrické energie $3\times 400\text{ V } 50\text{ Hz}$.



Obrázek 22.8 Schéma vzduchotechnické jednotky



Obrázek 33.8 3D Model vzduchotechnické jednotky

8.3 Vzduchotechnické rozvody obecně

Vzduchotechnické rozvody jsou napojeny na vzduchotechnickou jednotku a od ní jsou vedeny do kancelářské haly, kde jsou napojeny na koncové prvky. Potrubí od jednotky je vedeno jako čtyřhranné a je vyrobeno z ocelového pozinkovaného plechu. Tloušťka plechu je 0,8-1,2mm. Kruhové potrubí bude provedeno ze spiro potrubí, napojení koncových prvků bude provedeno pomocí flexo-hadic. Pro snížení hluku lze použít pružné hadice Sonoflex. Odvodní koncové prvky budou také napojeny pomocí flexo-hadic se zesílenou stěnou. Při odvodu vzduchu z místnosti je v potrubí podtlak a zesílená stěna zabrání zborcení stěny do sebe.

Vzduchotechnické rozvody budou zavěšeny na závitových tyčích s rámy, které budou pružně odděleny od stavební konstrukce. V prostupech stavebních konstrukcí bude vzduchotechnické potrubí od stavební konstrukce pružně odděleno (např. obalením pružným materiálem).

8.4 Tepelné izolace vzduchotechnických rozvodů

Tepelně budou izolovány úseky potrubí, ve kterém je dopravován vzduch o jiné teplotě, než je teplota okolí.

Použita bude tepelná izolace na bázi minerální vlny o tl. 40 mm s hliníkovou folií, $\lambda=0,043$ při 50 °C, nescapávající a neopadávající; izolováno bude potrubí s čerstvým, odpadním a upraveným vzduchem.

Pro všechny varianty bude zaizolovaný přívod a odvod vzduchu z místnosti mezi vzduchotechnickou jednotkou a napojením do objektu.

8.5 Zdroj chladu

Zdroj chladicí vody není předmětem mé práce, ale napojení na rozvod chladu je v místě střechy vedlejšího objektu a pro každý systém jsou uvedeny požadavky na napojení.

8.6 Chladivové rozvody obecně.

Rozvody chladu jsou vedeny v mědi či v ocelových bezešvých trubkách. Od napojení na zdroj chladu v místě střechy jsou veškeré chladivové rozvody pod stropem hned vedle vzduchotechnických rozvodů až k jednotlivým chladicím prvkům. Provedení pro jednotlivé systémy je vidět na konkrétních výkresech. Armatury budou použity běžné přírubové, mezipřírubové nebo závitové pro tlaky od PN 10. Před vstupem do chladicích jednotek bude osazen kulový kohout, filtr DN15 a vypouštěcí ventil. Na výstupu z jednotky bude osazen tlakově nezávislý, regulační ventil DN 20 a kulový kohout v dimenzi 20. Drobné armatury jsou použity závitové. Potrubí bude osazeno návarky a odběry pro teploměry a tlakoměry. Pro uložení potrubí bude použit běžný způsob zavěšení, a to pomocí pozinkovaných objímek. Detailní popis armatur viz ve Výkazu výměr. Potrubí bude opatřeno základním nátěrem pod izolaci barvou základní syntetickou. Zařízení bude označeno pomocí štítků, kde budou označeny příslušné hodnoty zařízení (tlaky, teploty, průtoky, chladicí výkony atd.) potřebné pro seřízení správného chodu a izolaci pro případné opravy a úpravy systému.

8.7 Izolace rozvodů chladu

Rozvody budou vybaveny parotěsnou izolací od firmy Armaflex, např. AF - 10 MM. Všechny rozvody budou opatřeny izolací tloušťky odpovídající vyhlášce č. 193/2007- Sb. Je nutné izolovat veškeré armatury a tvarovky.

Pro potrubí vedená ve zdi, při průchodu stropem, křížení potrubí a ve spojovacích místech se volí poloviční tloušťka izolace. Rozvody chladu se izolují z důvodu zabránění tepelným ztrátám zařízení, orosování potrubí a zařízení strojního chlazení, prodlouží se také životnost zařízení, zamezí se tvorbě vlhkosti.

9. Systém 1

Pro systém 1. jsem navrhl vzduchový jednokanálový, jednozonový systém pro přívod a odvod vzduchu. Pro pokrytí tepelných zisků jsem navrhl pasivní chladící trámce.

9.1 Návrh vzduchotechnických rozvodů pro Systém 1

Ze vzduchotechnické jednotky na střeše vedlejšího objektu jsem navrhl rozvod přívodního a odvodního vzduchu, který projde severní stěnou objektu a dále se stočí doprostřed kancelářské haly a zasedací místnosti. Přívodní a odvodní vzduchovody jsou pod sebou. Předtím, než vzduchovody projdou do mnou řešeného objektu, rozdělí se na rozvod do horního a spodního typického patra. Přívod vzduchu je veden 50 mm pod stropem. Rozestup mezi přívodním a odvodním potrubím je 100 mm. Výšky jednotlivých potrubí jsou zaznamenány na výkrese č.1. (Příloha 1.)

9.2 Koncové prvky

Jako koncové prvky pro přívod vzduchu jsem navrhl vířivé anemostaty od firmy Schako. Návrhový průtok vzduchu pro anemostaty byl stanoven tak, že jsem si rozdělil půdorys na části a zvolil jsem vhodný počet anemostatů (umístění anemostatů viz na Příloha 1.). Celkový množství přiváděného vzduchu jsem vydělil počtem anemostatů. Tento průtok jsem zadal do návrhového programu Schako, který mi vybral dle mých požadavků vhodný výrobek.

Návrhové množství vzduchu pro přívodní anemostaty

$$\dot{V}_p = 2700/15 = 180 \text{ m}^3/\text{h}$$

Návrhová výška umístění 2,5m. Z ní vypočtená vzdálenost mezi osobou stojící a

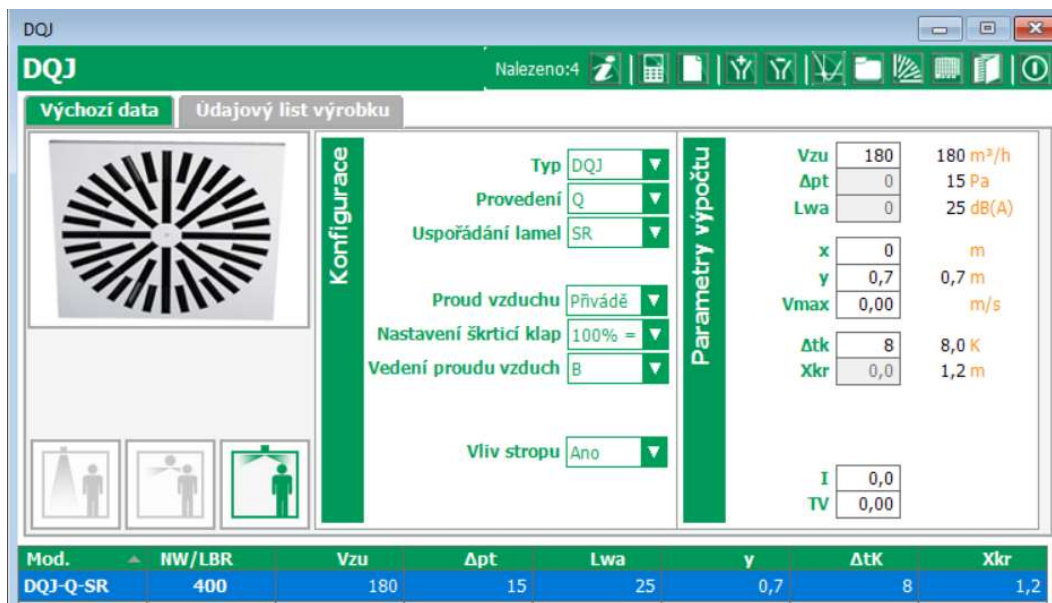
$$\text{spodní hranou anemostatu } y = 2,5 - 1,8 = 0,7\text{m} \quad (14)$$

Výška 2,5 m je také výška umístění spodní hrany podhledu. Takže anemostaty budou zarovnány s touto hranou.

$$\text{Poloviční osová vzdálenost mezi anemostaty } x = 5,4/2 = 2,7 \text{ m} \quad (15)$$

$$\Delta tk = 26 - 18 = 8 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (16)$$

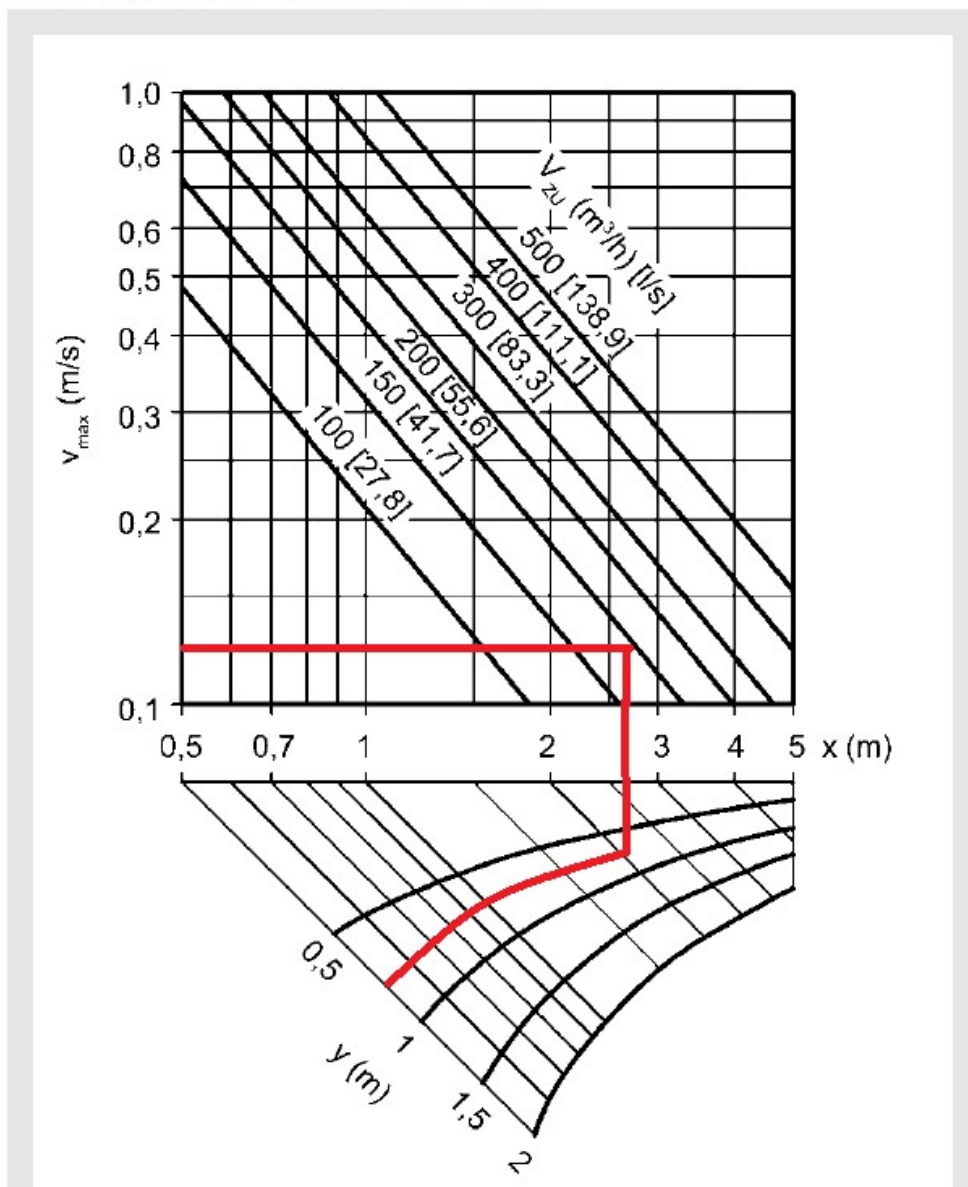
Pro tyto hodnoty jsem zvolil anemostat DQJ-Q-SR-400 (Obrázek 34.9)



Obrázek 34.9 Návrh vířivého anemostatu - přívod

Kontrola rychlosti vzduchu v místě pobytu jsem zkontroloval pomocí grafu výrobce (Obrázek 35.9) Rychlost vzduchu v místě pobytu osob bude 0,13 m/s což je v souladu s maximální doporučenou hodnotou 0,3 m/s

DQJ-...-SR-Z-400-...-PS-...



Obrázek 35.9 Ověření rychlosti v pobytu osob pro přívodní anemostaty

Přívod vzduchu do zasedací místnosti je pomocí vířivého anemostatu Schako DQJ – Q-SR-500. Tento anemostat jsem navrhl dle min. průtoku přiváděného do místnosti $V_{zased.} = 315 \text{ m}^3/\text{h}$. Tento anemostat jsem umístil do výšky 3 m z důvodu blízkosti dělicích přiček. Jelikož jsou blízko proud vzduchu by mohl po nich spadnout a tvořit tak pocit průvanu v místě pobytu osob vlivem velké rychlosti proudění.

9.3 Odvod znehodnoceného vzduchu z řešených prostor

Odvod vzduchu z kancelářské haly je pomocí odvodních mřížek. Odvodní potrubí má vždy vysazený „T-kus“ pomocí kterého klesnu do úrovně podhledu odkud probíhá odsávání znehodnoceného vzduchu viz (příloha.1)

Jelikož při odvodu vzduchu není potřeba hlídat maximální rychlosti proudění vzduchu, tak odvodní mřížky byly navrženy na větší objemové průtoky než přes přívodní anemostaty.

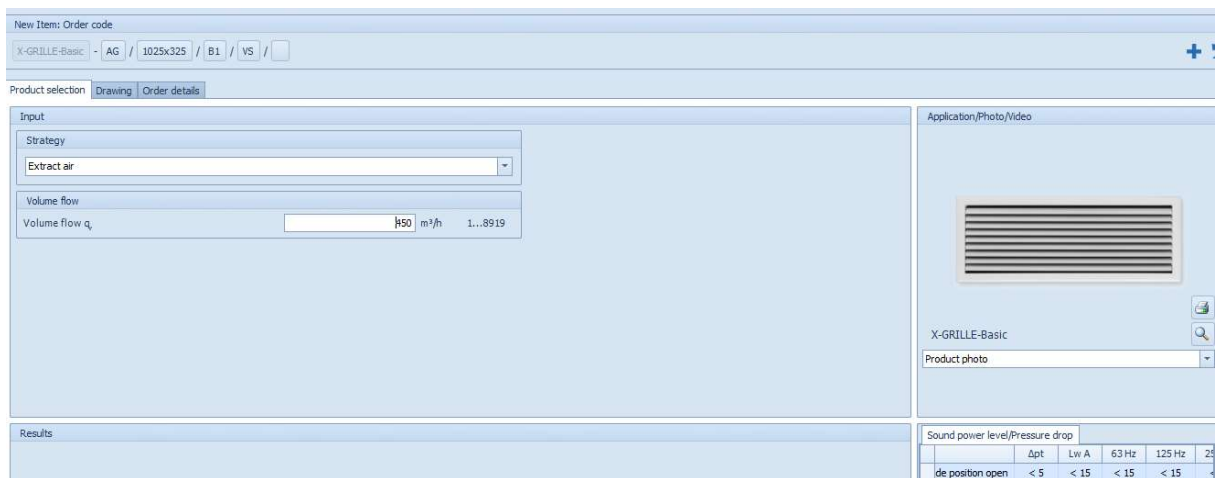
Umístění všech odvodních mřížek je provedeno tak, aby neovlivňovali proudy vzduchu přívodních anemostatů.

Parametry návrhu odvodní mřížky:

$$V_o = 2700/6 = 450 \text{ m}^3/\text{h}$$

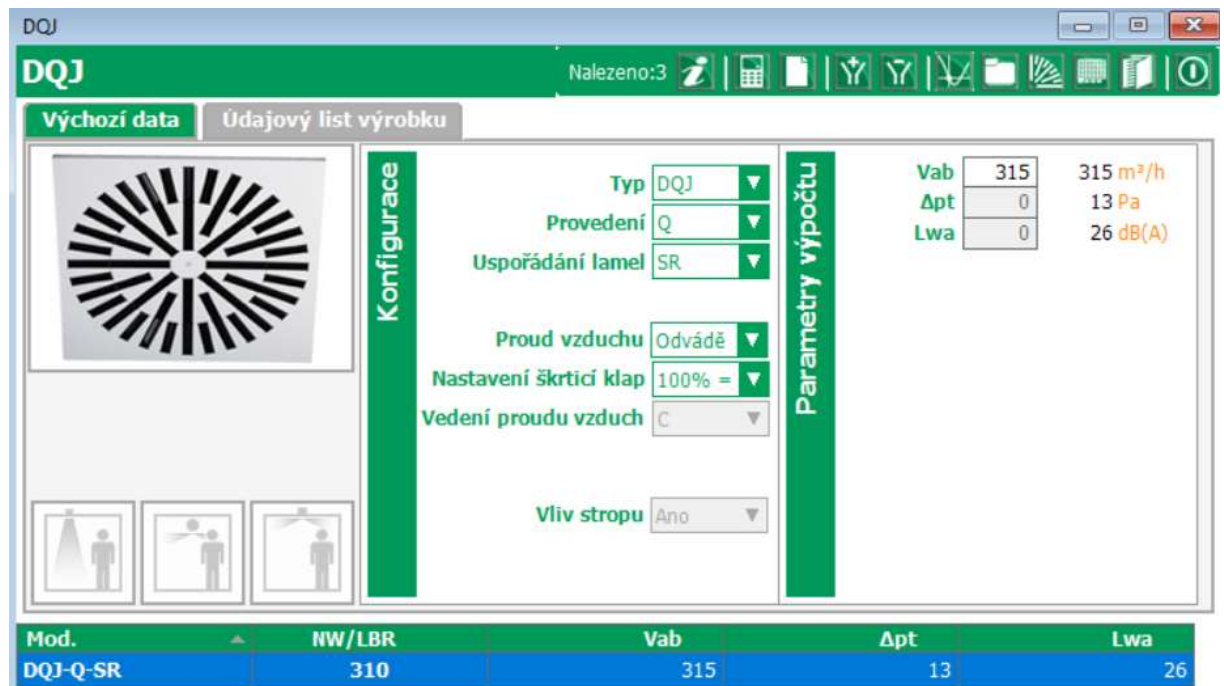
Výška umístění 2,5 m.

Pro tyto požadavky mi návrhový program od firmy Trox vybral odvodní mřížku X-GRILLE-Basic-AG/1025x325/B1.



Obrázek 36.9 Návrh odvodní mřížky

Odvod vzduchu ze zasedací místnosti bude pomocí odvodního anemostatu, protože na ploše této místnosti je velice málo místa, tak je nutné použít menší rozměry odvodního prvku tak aby nedocházelo k šíření hluku. Dle návrhového programu Schako jsem zvolil odvodní anemostat DQJ-Q-SR-310



Obrázek 37.9 Odvodní anemostat pro zasedací místnost

Toto provedení odvodu znehodnoceného vzduchu je provedeno pro všechny systémy stejně. Při dimenzování vzduchovodu na odvod znehodnoceného vzduchu jsem využil výpočetní pomůcku Tzbinfo [32]. V průběhu sčítání objemových průtoků jsem volil rozměr potrubí tak, aby rychlost proudění vzduchu byla do 4 m/s.

9.4 Dimenzování vzduchovodu

Při dimenzování vzduchovodu jsem využil výpočetní pomůcku na webové stránce Tzbinfo [32]. Postupně od koncových prvků jsem sčítal průtoky vzduchu a dosazoval je do kolonky „průtok potrubím“. Rozměr potrubí jsem volil vhodně tak, aby dodržel maximální rychlost vzduchu ve vzduchovodu– 3 m/s.

9.5 Návrh chlazení Systém 1

Jak jsem již zmínil v kapitole 7.2, potřebný chladič výkon je $Q_c = 55\,103\text{ W}$. Tento výkon se budu snažit co nejvíce snížit pomocí podchlazení přiváděného vzduchu do místnosti. Volil jsem maximální rozdíl teplot pro anemostaty $\Delta t = 8\text{ °C}$. Což znamená, že teplota přiváděného vzduchu $t_p = t_i - \Delta t = 26 - 8 = 18\text{ °C}$ (17)

Díky tomuto předchlazení přiváděného vzduchu snížím celkové množství tepelných

$$zisků k uhrazení dle vzorce : Q_{vzt} = m' * c * \Delta t = \dot{V} * \sigma * c * \Delta t = 2700/3600 * 1,2 * 1,01 * (26 - 18) = 7,272 \text{ kW} \quad (18)$$

Zbýlý výkon, který je potřeba chladit

$$Q_z = Q_c - Q_{vzt} = 55\,103 - 7\,272 = 47\,831 \text{ W} \quad (19)$$

Pro Systém 1. jsem volil pasivní chladicí trámce od firmy Schako SPB-570. Pasivní trámy musí pracovat jako bezkondezační, takže tepelný spád chladicí vody jsem zvolil 16/20 °C.

Pro získání maximálního výkonu jsem zvolil šířku panelu 570 mm a délku 4200 mm.

Pro tyto podmínky chladicí výkon jednoho trámce je $Q_{trám} = 1183 \text{ W}$.

The screenshot shows the SPB software interface. On the left, the 'Konfigurace' (Configuration) panel includes:

- Typ: SPB-570
- Délka: 4200 mm
- Výpočet: Chladivo - rozdíl teploty
- Tr: 26 °C
- Tw: 16 °C
- Δtw: 4 K
- Relativní vlhkost: 50 %
- Teplota rosného bodu: 14,8 °C
- Možnosti: Tryska s dlouhým dosahem (radio buttons for -- and LB)
- Připojení vody: Horizontálně

At the bottom of the configuration panel is a table:

Mod.	L	Qk	Vw	ΔTw	Δpw
SPB-570	4200	1183	255	4	18,1

On the right, the 'Výsledky' (Results) panel shows a product image and a table of results:

SPB-570-WAH-4200

Okolní teplota	26,0 °C
Vstupní teplota vody	16,00 °C
Chladivo - rozdíl teploty	4,00 K
Výstupní teplota vody	20,00 °C
Množství vody	255 l/h
Celkový výkon	1183 W
Pokles tlaku na jeden vodní oběh	18,1 kPa
Relativní vlhkost	50 %
Teplota rosného bodu	14,8 °C

Obrázek 38.9 Návrh pasivního chladicí trámu pro Systém 1

Pro tento výkon je potřeba přivádět $\dot{m} = 255$ l/h chladící vody.

Panely budou umístěny ve výšce 3 m. Chladící trámce budou umístěny nad pohledem. Podhled v tomto provedení je výšce 2,5 m. Rozmístění panelů je znázorněné ve Příloha č.2

Celkové potřeba chladící vody: 11 730 l/h.

Celkový počet pasivních trámců: 46

Celkový instalovaný výkon: 54,4 kW

Instalovaný výkon je vyšší než zbylý výkon, který je potřeba uhradit, protože беру v úvahu 15% rezervu.

Pro tento systém jsem zvolil chladivové rozvody z ocelových bezešvých trubek.

Napojení na chladící trámce je v mědi, takže před každým trámem bude nutno udělat přechodku na měděné potrubí.

Pro všechny rozvody platí stejné podmínky, které jsou zmíněny v kapitole 8.

9.6 Dimenzování rozvodů chladu

Rozvody chladící vody jsem dimenzoval tak, že ve výpočetní pomůcce [33] jsem si zvolil druh materiálu potrubí (obsahuje drsnosti potrubí, kinematickou viskozitu vody a hustotu vody) a poté jsem postupně sčítal průtoky od každého ventilátorového konvektoru a volil rozměr potrubí tak, aby rychlost proudění chladící vody uvnitř daného průměru potrubí byla do 1 m/s . Takto jsem postupoval u všech 4 systémů, proto tento popis již není v žádném z dalších systémů.

10. Systém 2

Pro systém č.2 jsem navrhl kombinovaný systém indukčních jednotek, které budou umístěny v klimatizované místnosti jako koncové prvky pro přívod čerstvého vzduchu a také budou hradit tepelnou zátěž.

10.1 Návrh vzduchotechnických rozvodů pro Systém 2

Pro systém 2 jsou stejné návrhové podmínky jako pro systém 1. kapitola 9.

10.2 Koncové prvky

Jako koncové prvky pro Systém 2 jsem navrhl indukční jednotky od firmy Schako DISA 601.

Návrh množství přiváděného čerstvého vzduchu přes indukční jednotku jsem provedl stejně jako v kapitole 8.

$\dot{V}_p = 2700/24 = 112 \text{ m}^3/\text{h}$ volím nejbližší vyšší průtok z katalogu Schako

$\dot{V}_p = 122 \text{ m}^3/\text{h}$.

Návrhová výška umístění 3 m. Z ní vypočtená vzdálenost mezi osobou stojící a spodní hranou indukční jednotky $y = 3 - 1,8 = 1,2 \text{ m}$ (14)

Výška 3 m je také výška umístění spodní hrany podhledu. Takže indukční jednotky budou zarovnané s touto hranou.

Poloviční osová vzdálenost mezi indukčními jednotkami $x = 3,2/2 = 1,6 \text{ m}$ (15)

Teplota přiváděného vzduchu do jednotky je $t_{pr} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$

Teplotu v místnosti $t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$

Tepelný spád na straně chladicí vody 16/22

Pro tyto hodnoty jsem zvolil indukční jednotku DISA-601-H-B SCHAKO

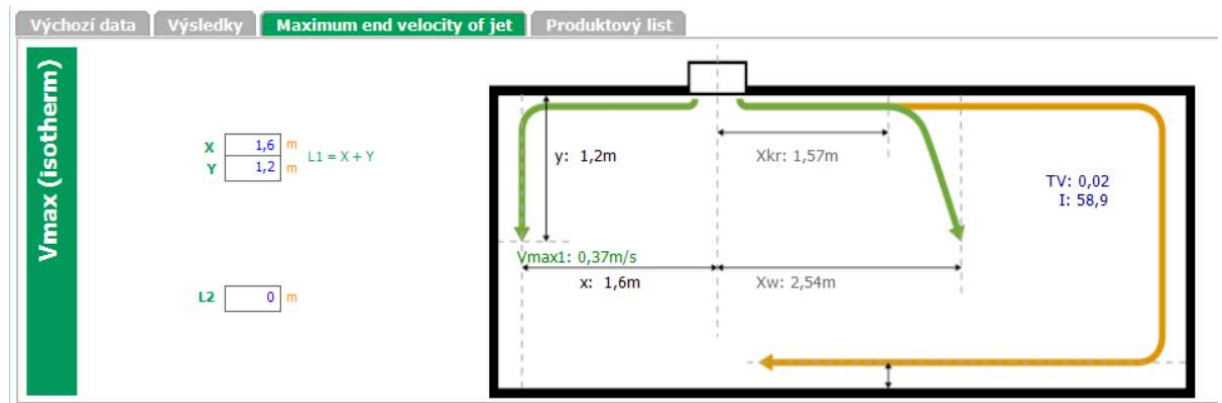
3000x617x245 - 2 trubkový (Obrázek 39.10).

Mod.	Štěrba	Trysky	L(mm)	Připojv	Ø(mm)	Ps(Pa)	V(l/s)	V(m³/h)	Lp(dB(A))	Q(W)	QL(W)	Qw(W)	Δpw(kPa)	Δtw(K)
DISA-601-H	2	B	3.000	1	123	135	33,9	122,0	25	2092	407	1885	36,5	5,6

Obrázek 39.10 Návrh indukční jednotky DISA pro systém 2

Připojení vzduchu je provedeno z boku. Indukční poměr lze dodatečně měnit, ale já ho stanovil na 1:4.

Kontrolu rychlosti v místě pobytu jsem provedl pomocí návrhového programu Schako.



Obrázek 40.10 Kontrola rychlosti proudění v místě pobytu osob indukční jednotky

Po konzultaci s výrobcem se musí rychlost v místě pobytu ještě přenásobit hodnotou 0,8 na zohlednění šíření vzduchu z indukční jednotky. Takže rychlost vzduchu v místě pobytu osob je $0,37 \cdot 0,8 = 0,296$ m/s. Tato hodnota odpovídá maximální hodnotě rychlosti vzduchu. Vše je znázorněno v Příloze 3.

10.3 Dimenzování vzduchovodu

Při dimenzování vzduchovodu jsem využil výpočetní pomůcku na webové stránce Tzbinfo.[32] Postupně od koncových prvků jsem sčítal průtoky vzduchu a dosazoval je do kolonky „průtok potrubím“. Rozměr potrubí jsem volil vhodně tak, aby dodržel maximální rychlost vzduchu ve vzduchovodu – 7 m/s. Z tohoto důvodu jsou vzduchotechnické rozvody menší než v Systému 1.

10.4 Návrh chlazení Systém 2

Potřebný chladicí výkon je $Q_c = 55\,103$ W. Indukční jednotky jsou kombinované klimatizační systémy. Díky „indukčnímu efektu“ lze přivádět nižší teplotu přiváděného vzduchu, než je pro klasické koncové prvky, ale přesto se musí dbát na to, že systém je bezkondenzační, takže na povrchu výměníku nesmí probíhat kondenzace vzduchu. Tepelný spád mezi přiváděným vzduchem a teplotou v místnosti volím $\Delta t = 10$ °C.

$$\text{Teplota přiváděného vzduchu pak je } t_p = t_i - \Delta t = 26 - 10 = 16 \text{ °C} \quad (17)$$

Díky tomuto předchlazení přiváděného vzduchu snížím celkové množství tepelných zisků k uhrazení dle vzorce

$$Q_{vzt} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta t = \dot{V} \cdot \sigma \cdot c \cdot \Delta t = 2700/3600 \cdot 1,2 \cdot 1,01 \cdot (26-16) = 9,09 \text{ kW} \quad (18)$$

Zbylý výkon, který je potřeba chladit $Q_z = Q_c - Q_{vzt} = 55\,103 - 9090 = 45\,884$ (19)

Systém 2 je tedy osazen indukčními jednotkami, které jsou připojeny na rozvod chladící vody o spádu 16/22.

Pro tento spád a teplotu přiváděného vzduchu t_p je výkon jedné indukční jednotky $Q_{ind.j.} = 2092 \text{ W}$.

Pro tento výkon je potřeba přivádět $\dot{m} = 250 \text{ l/h}$ chladící vody.

Indukční jednotky budou umístěny ve výšce 3 m a zarovnány s podhledem.

Rozmístění indukčních jednotek je znázorněné ve výkresu č.4.

Celková potřeba chladící vody: 6250 l/h.

Celkový počet pasivních trámců: 25

Celkový instalovaný výkon: 52,3 kW

Instalovaný výkon je vyšší než zbylý výkon, který je potřeba uhradit, protože beru v úvahu 15% rezervu.

Pro tento systém jsem zvolil chladivové rozvody z měděných trubek. Napojení na indukční jednotky je také v mědi.

Pro zasedací místnost je zvolena indukční jednotka DISA-601-H-D SCHAKO 3000x617x245. Díky jinému typu trysek je možné přivádět do indukční jednotky více čerstvého vzduchu. Pro první případ je provedení B. Pro tuto místnost je provedení D. Připojení této jednotky je zvrchu. Indukční poměr je 1:5. Pro všechny rozvody platí stejné podmínky, které jsou zmíněny v kapitole 8. Vše je znázorněno v příloze 4.

11. Systém 3

V systému 3 pro přívod čerstvého vzduchu slouží kombinovaná jednotka ventilátorového konvektoru (Fan-coilu). Tato jednotka hradí i tepelné zisky uvnitř.

Odvod znehodnoceného vzduchu je řešen stejně jako pro všechny systémy.

11.1 Návrh vzduchotechnických rozvodů pro Systém 3

Stejně jako pro systém 1,2 dle kapitoly 9.

11.2 Koncové prvky

Pro systém 3 jsem navrhl jako vnitřní koncovým prvek ventilátorový kovektor od firmy FläktGroup GF82.

Rozhodující hodnotou pro návrh ventilátorového kovektoru nebylo až tak množství přiváděného vzduchu jako množství chladicí výkonu.

Návrh množství přiváděného čerstvého vzduchu přes indukční jednotku jsem provedl stejně jako v kapitole 7.

Toto je minimální množství vzduchu, které bude nutné přivádět do ventilátorových konvektorů, avšak jednotky pracují s větším průtokem vzduchu. Každá jednotka si nasává oběhový vzduch z místnosti pro svoji správnou funkci.

Návrhová výška umístění je 3 m. Z ní vypočtená vzdálenost mezi osobou stojící a spodní hranou ventilátorového konvektoru $y = 3 - 1,8 = 1,2$ m (14)

Výška 3 m je také výška umístění spodní hrany podhledu. Takže ventilátorové konvektory budou zarovnané s touto hranou.

Poloviční osová vzdálenost mezi FCU jednotkami $x = 3,2/2 = 1,6$ m (15)

Teplota přiváděného vzduchu do jednotky je $t_{pr} = 26$ °C

Teplotu v místnosti $t_i = 26$ °C

Tepelný spád na straně chladicí vody 6/12

Tyto hodnoty jsem zadal do poptávky pro firmu FläktGroup a po společné konzultaci jsme zvolili jednotku GF82.UW03.B00A1 FläktGroup 1811x470x237 - 2 trubkové provedení.



Obrázek 41.11 Vzhled navrhovaného ventilátorového konvektoru GF82.UW03.B00A1 FläktGroup

Připojení vzduchu je provedeno z boku.

Kontrola rychlosti v místě pobytu osob provedla přímo firma FläktGroup a pro zadané podmínky nebude překročena maximální rychlost proudění vzduchu. Vše je znázorněno v Příloze 5.

11.3 Dimenzování vzduchovodu

Pro dimenzování vzduchovodu platí stejné podmínky jako pro systém 2. kapitola 10.

11.4 Návrh chlazení Systém 3

Potřebný chladicí výkon je $Q_c = 55\,103\text{ W}$. Při návrhu ventilátorového konvektoru přivádím předpřipravený vzduch z jednotky o stejné teplotě, jako je teplota uvnitř v místnosti. Vzduch si nějak nepodchlazuje. Je to hlavně z toho důvodu, že chladicí výkon ventilátorového konvektoru je natolik vysoký, že není nutno snižovat tepelné zisky touto formou.

Pro tento návrh tedy platí: $t_i = t_p = 26\text{ °C}$.

Chladicí výkon je vyšší díky tomu, že ventilátorové konvektory jsou napojeny na chladicí vodu o spádu 6/12. Pro tento spád a teplotu přiváděného vzduchu t_p je výkon jednoho ventilátorového konvektoru $Q_{FCU} = 2290\text{ W}$.

Pro tento výkon je potřeba přivádět $\dot{m} = 295\text{ l/h}$ chladicí vody.

Ventilátorové konvektory budou umístěny ve výšce 3 m a zarovnány s podhledem..

Celková potřeba chladicí vody: 7695 l/h.

Celkový počet pasivních trámčů: 27

Celkový instalovaný výkon: 62 kW

Instalovaný výkon je vyšší než zbylý výkon, který je potřeba uhradit, protože беру v úvahu 15% rezervu.

Pro tento systém jsem zvolil chladivové rozvody z měděných trubek. Napojení na ventilátorové konvektory je také v mědi.

Pro všechny rozvody platí stejné podmínky, které jsou zmíněny kapitole 8.

Ventilátorové konvektory jsou připojeny na zdroj elektrické energie $U = 230\text{ V}$, 50 Hz. Jelikož jednotka běží v kondenzačním režimu, je nutné připojit ke každé jednotce odvod kondenzátu. Vše je znázorněno v Příloze 6.

12. Systém 4

Přívod čerstvého vzduchu je pomocí vzduchového jednokanálového systému s anemostaty jako koncovými prvky, ale hrazení tepelných zisků v místnosti je pomocí chladicích stropů. Pro tento systém jsou vzduchotechnické rozvody úplně identické, proto je tu nebudu rozepisovat.

12.1 Návrh chlazení Systém 4

Jak jsem již zmínil v kapitole 7, potřebný chladicí výkon je $Q_c = 55\,103\text{ W}$. Tento výkon se budu snažit, co nejvíce snížit pomocí podchlazení přiváděného vzduchu do místnosti. Volil jsem maximální rozdíl teplot pro anemostaty $\Delta t = 8\text{ °C}$. Což znamená, že teplota přiváděného vzduchu $t_p = t_i - \Delta t = 26 - 8 = 18\text{ °C}$ (16) Díky tomuto předchlazení přiváděného vzduchu snížím celkové množství tepelných zisků k uhrazení dle vzorce

$$Q_{vzt} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta t = \dot{V} \cdot \sigma \cdot c \cdot \Delta t = 2700/3600 \cdot 1,2 \cdot 1,01 \cdot (26 - 18) = 7,27\text{ kW} \quad (17)$$

$$\text{Zbýlý výkon, který je potřeba chladit } Q_z = Q_c - Q_{vzt} = 55\,103 - 7272 = 47\,831\text{ W} \quad (18)$$

Celková plocha kancelářské haly je $S = 458\text{ m}^2$. Užité plocha, kterou lze reálně využít, se musí zmenšit o části stropu, kde jsou zavěšeny vzduchotechnické rozvody, a o části, kde je nesmyslné mít chladicí panely. Dále je nutné počítat s minimálními rozestupy mezi chladicími panely a vzduchotechnickými rozvody. Chladicí stropy jsem zvolil od firmy Geocore Velum. Chladicí panely jsou přímo navrtané do stropní konstrukce. Mají rozměr 1,3x4m a jsou složeny z lamel ve kterých je namotané chladičové potrubí.

Abych zjistil reálnou dispoziční plochu, vyskládal jsem panely do půdorysu dle dispozice místnosti viz (Obrázek 42)



Obrázek 42.12 Umístění chladicích panelů v celém půdoryse

Po rozmístění panelů jsem mohl sečíst jejich dispoziční plochu $A_{disp} = 223,3 \text{ m}^2$.

Chladicí stropní panel Velum má maximální výkon 115 W/m^2 .

Chladicí výkon, který tento systém může pokrýt je

$$Q_{strop} = 223,3 * 115 = 25,7 \text{ kW.} \quad (19)$$

Tento chladicí výkon je nedostatečný, a proto jej nelze použít.

Alternativa možného návrhu chladicího stropu by mohlo být chlazení pomocí kapilárních rohoží umístěných přímo v celé ploše kancelářské haly. Jmenovitý výkon pro kapilární rohože je 75 W/m^2 .

Celkový chladicí výkon pomocí kapilárních rohoží je

$$Q_{strop2} = 75 * 458 = 34,35 \text{ kW.} \quad (20)$$

Tento chladicí výkon je stále nedostatečný. Abych získal ještě dalších potřebných 13kW chladicího výkonu, bylo by nutné navrhnout dodatečné opatření. Jako například stěnové, či podlahové chladicí panely, výměny skel u oken za 3 vrstvá okna s reflexní vrstvou, či odvod zisků přesně v místě vzniku.

13. Finanční náročnost

Jako poslední část, celého mého návrhu jsem provedl rozpočty k 3 realizovatelným systémům, a to konkrétně systému 1,2 a 3. Rozpočet jsem udělal pro vzduchotechniku a chlazení zvlášť pro jednotlivé systémy.

Pokud distribuční element je součástí, jak větrání, tak i chlazení (např. indukční jednotky) uvedl jsem jeho cenu pouze v jednom z nich. Do rozpočtu jsem nezahrnoval všeobecné náklady, které by měly oba systémy např. přesun hmot, montážní materiál, zaškolení obsluhy apod.

13.1 Rozpočet vzduchotechniky

Do rozpočtu vzduchotechniky jsem zahrnul tyto prvky:

Vzduchotechnická jednotka

Distribuční prvky

Koncový prvek

Potrubní rozvody

Izolace

Nejnákladnější prvky jsem zobrazil v Tabulce 1.

Tab.1 Porovnání nejnákladnějších prvků vzduchotechniky

	Vzduchotechnická jednotka	Distribuční prvek Cena [Kč]	Cena za nejnákladnější položky [Kč]
Systém 1 Vzduchový jednokánlový systém s anemostaty a pasivní chladící trámce	750 000	Anemostaty 36 708	786 708
Systém 2 Vzduchový jednokánalový systém zakončen indukčními jednotkami	860 000	Indukční jednotky 587 500	1 447 500
Systém 3 Vzduchový jednokánalový systém zakončený kombinovanými ventilátorovými konvektory	590 000	Ventilátorové konvektory 777 000	1 367 000

Po součtu jednotlivých všech elementů vzduchotechniky vyšla cenová náročnost pro jednotlivé systémy takto:

Systém 1 = 807 753 Kč

Systém 2 = 1 484 949 Kč

Systém 3 = 1 405 062 Kč

Množství jednotlivých prvků a ceny za ně viz Příloha 11.

Cena vzduchotechnické jednotky se mění proto, že pro každý systém jsou na ní kladeny jiné požadavky. Pro systém 1 bude předchlazovat vzduch a bude obsahovat ventilátor, který dopraví vzduch v maximální rychlosti vzduchu pro anemostaty.

Pro systém 2 je nezbytné mít v jednotce větší chladič, protože vzduch se podchlazuje na nižší teplotu. Dále bude také mnohem silnější ventilátor, který dopraví vzduch až k indukčním jednotkám, tak aby tlak na jednotce byl 300 Pa.

Pro systém 3 budou náklady na jednotku úplně nejnižší, protože vzduch se přivádí o stejné teplotě, jako je teplota v místnosti, takže velikost chladiče bude pouze pro pokrytí rozdílu teplot uvnitř a vně budovy. Rychlost přiváděného vzduchu bude také menší než u indukčních jednotek, tak i ventilátor nebude nutný tak výkonný.

13.2 Rozpočet chlazení

Do rozpočtu chlazení jsem zahrnul tyto prvky:

Chladící prvky

Regulační, vyvažovací ventily a servopohony

Kulové kohouty, uzavírací klapky, zpětné klapky

Vypouštění a odvzdušnění

Potrubí pro rozvody chladu

Izolace pro rozvody chladu

Nejnákladnější prvky jsem zobrazil v Tabulce 2.

Tabulka 2. nejnákladnější prvky chlazení

	Chladicí prvek Cena [Kč]	Regulace	Cena za nejnákladnější položky [Kč]
Systém 1 Vzduchový jednokánlový systém s anemostaty a pasivní chladicí trámce	Chladicí trámce 1 242 000	206 632	1 448 632
Systém 2 Vzduchový jednokánalový systém zakončen indukčními jednotkami	Již započítan v rozpočtu vzduchotech niky	112 300	112 300
Systém 3 Vzduchový jednokánalový systém zakončený kombinovanými ventilátorovými konvektory	Již započítan v rozpočtu vzduchotech niky	125 776	125 776

Po součtu jednotlivých elementů vyšla cenová náročnost pro jednotlivé systémy takto:

Systém 1 = 1 574 049 Kč

Systém 2 = 331 494 Kč

Systém 3 = 334 745 Kč

Množství jednotlivých prvků a ceny za ně viz Příloha 12

13.3 Celková finanční náročnost

Pro celkovou finanční náročnost jsem sečetl pro jednotlivé systémy celkovou sumu z rozpočtu vzduchotechniky a rozpočtu chladu a jejich porovnání je vidět v Tab. 3.

Tab. 3 Porovnání a celková finanční náročnost jednotlivých systémů

	Systém 1	Systém 2	Systém 3
Složení	Vzduchový jednokánlový systém s anemostaty a pasivní chladicí trámce	Vzduchový jednokánalový systém zakončen indukčními jednotkami	Vzduchový jednokánalový systém zakončený kombinovanými ventilátorovými konvektory
Finanční náročnost vzduchotechnika [Kč]	807 753	1 484 949	1 405 062
Finanční náročnost rozvody chladu [Kč]	1 574 049	331 494	334 745
Cena celkem [Kč]	2 381 802	1 816 443	1 739 807

14. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo porovnat 4 klimatizační systémy a navrhnout projektové řešení jednotlivých systémů pro typické patro kancelářské haly Satoshilabs umístěné v Praze.

Systém 1 je složen ze vzduchového jednokánalového systému, který je zakončen vířivými anemostaty a chlazení je zajištěno pomocí pasivních chladicích trámů.

Systém 2 má vzduchový jednokánalový systém zakončený indukčními jednotkami.

Systém 3 je téměř totožný se systémem 2, ale jako distribuční element jsou použity ventilátorové konvektory.

Systém 4 má stejné vzduchotechnické rozvody jako systém 1, ale chlazení je zde zajištěno pomocí chladicích stropů. Tento systém se však ve výpočtové části ukázal jako nevyhovující, a to kvůli nedostatečnému chladicímu výkonu chladicích stropů.

Z důvodu nedostatečného pokrytí tepelných zisků, a tedy nevyhovující funkci 4. systému jsem nezpracovával jeho výkresovou dokumentaci.

Dále jsem navrhoval jednotlivé finanční náročnosti pro jednotlivé systémy, a zjistil jsem, že nejnižší návrhové náklady jsou pro systém 3 (systém s ventilátorovými konvektory). Tento systém, ač má dražší vnitřní jednotky, tak náklady na vzduchotechnickou jednotku jsou výrazně nižší. Není potřeba přivádět vzduch výrazně podchlazený ani o vysoké rychlosti pro správnou funkci. Z hlediska budoucího provozu jsou ventilátorové konvektory nákladnější než ostatní systémy, protože pro jejich provoz je nezbytný ventilátor. Tento ventilátor může být při vyšších otáčkách také zdrojem hluku.

Jako druhý nejvýhodnější systém vyšel systém 2 (systém s indukčními jednotkami), který je dražší pouze o 80 000 Kč. Cena za jednu vnitřní jednotku je daleko nižší než u systému 3, ale náklady na přiváděný vzduch do indukční jednotky jsou vysoké. Přiváděný vzduch musí mít vysokou rychlost (7-14 m/s) a pro dosažení potřebného výkonu musí být dostatečně podchlazen v centrální jednotce. Oba tyto požadavky se projeví na ceně vzduchotechnické jednotky. Do budoucna by z provozního hlediska měl však tento systém nejnižší provozní náklady z důvodu, že indukční jednotky v sobě nemají žádný ventilátor ani čerpadlo, které by bylo potřeba k provozu. Řešení s indukčními jednotkami je také vhodné z hlediska tepelné pohody. Při dostatečných rozestupech jednotlivých jednotek nemůže dojít k „pocitu průvanu“, protože „indukční efekt“ zajistí dostatečné snížení rychlosti proudění vzduchu v místě pobytu osob. Další výhodou těchto jednotek je skutečnost, že neobsahují ventilátor, a jsou tedy výhodné i z hlediska hluku. Poslední systém 1 (systém s pasivními chladicími trácemi) vyšel jako nejnákladnější. Nejnákladnější je proto, že pro pokrytí tepelných zisků uvnitř klimatizovaného prostoru je zapotřebí velkého množství chladicích panelů. Kvůli většímu počtu chladicích panelů je i větší potřeba regulátorů průtoku (tlaku) a dalších armatur, čímž rostou náklady.

Z hlediska nákladů bych při případné realizaci jedné z variant volil systém 3 a případně systém 2.

15. Seznam použité literatury

- [1] Indukční jednotky [online]. n.z.: SOKRA.cz, 2014 [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: <http://indukcnijednotky.cz/indukcni/princip.html?fbclid=IwAR1RgxeqBJiyrkeT3wG0x5J8nnfgxOGUcFDhk9oISBeqpCT3Y3WYkHEBOSM>
- [2] Ing. Jan Farka. *Vetrani.tzb-info* [online]. n.z.: ČTK, 2011, 6.6 [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7147-chladici-tram-nebo-fan-coil>
- [3] LTG Aktiengesellschaft. *Větrání-škola* [online]. Stuttgart: n.z., 2014 [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: http://www.vetrani-skola.cz/vetraniskola/pdf/LTG_systemy_vzduch-voda.pdf
- [4] SYED, Asif. *Advanced building technologies for sustainability*. Hoboken: John Wiley, c2012. ISBN 9780470546031.
- [5] Ing. Jiří Procházka. *Docplayer* [online]. n.z.: n.z., 2014 [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/10985503-O-spolecnosti-moderni-zpusob-vetrani-a-chlazení-s-vyuzitim-indukcnich-jednotek-nove-technologie-ing-jiri-prochazka-jiri-sokra-cz-30-5.html?fbclid=IwAR3424JevAJjFCNb1n7Az8ceNTdiXH-RkSDCgtWlxqavR89JmccICTCcx4g>
- [6] Jaroslav Reichl. *Fyzika.jreichl* [online]. n.z.: n.z., n.z [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/538-zareni-absolutne-cerneho-telesa>
- [7] Výzkumné centrum západočeské univerzity v Plzni. *Ttp.zcu* [online]. Plzeň: n.z., n.z [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: <https://ttp.zcu.cz/cz/laboratore/opticke-vlastnosti/opticke-vlastnosti/emisivita>

[8] *Univerzita Karlova* [online]. Praha: n.z., n.z. [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: <http://alma.karlov.mff.cuni.cz/ufy102/Planckuv%20zakon.pdf>

[9] *Termokamera* [online]. n.z.: n.z., n.z. [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: <http://www.termokamera.cz/tabulka-emisivit/>

[10] Ing. Vladimír ZMRHAL, Ph.D. *Users.fs.cvut* [online]. Praha: n.z., 2009 [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Publikace/VVI-2009-03_s118.pdf

[11] Ing. Vladimír ZMRHAL, Ph.D. *Asb-portal* [online]. n.z.: ČTK, s. r. o, 2009 [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/salave-chladici-systemy-1>

[12] Ing. Vladimír ZMRHAL, Ph.D. *Větrání tzb-info* [online]. n.z.: ČTK, 2009 [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/5574-kapilarni-rohoze-v-praktických-aplikacích>

[13] *OPTIMALIZACE CHLAZENÍ RD VYUŽÍVAJÍCÍHO ZEMNÍ VRTY* [online]. Brno, 2014 [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=96668. Diplomová. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.

[14] Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D. *Asb-portal* [online]. n.z.: ČTK, 2009 [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/salave-chladici-systemy-2>

[15] Jiří Hirš, Gunter Gebauer. *Lences* [online]. n.z.: n.z., 2005 [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BT02->

[TZB%20III/M08-Klimatizace.pdf](#)

[16] DRKAL, František, Miloš LAIN a Vladimír ZMRHAL. *Klimatizace*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 9788001056523.

[17] ZMRHAL, Vladimír. *Sálavé chladicí systémy*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009. ISBN 9788001043189.

[18] DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL. *Větrání*. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 9788001063781

[19] VRÁNA, Jakub. *Technická zařízení budov v praxi: [příručka pro stavaře]*. Praha: Grada, 2007. Stavitel. ISBN 9788024715889.

[20] BARTÁK, Martin. *Úvod do přenosových jevů pro inteligentní budovy*. 1. Praha: Evropský sociální fond, 2010.

[21] ŠESTÁK, Jiří a František RIEGER. *Přenos hybnosti, tepla a hmoty*. Dot. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 1996. ISBN 8001009572.

[22] ČSN 73 0548: 1985. Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor

[23] Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D. *Větrání tzb-info* [online]. n.z.: ČTK, 206n. I. [cit. 2019-06-11]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/3251-salave-chladici-systemy->

[24] HENNLICH s.r.o. In: *HENNLICH* [online]. Litoměřice: n.z., n.z [cit. 2019-06-12]. Dostupné z: <https://www.hennlich.cz/produkty/vytapeni-a-chlazení-budov-kapilarni-rohoze-typy-instalaci-rohozi-918/do-omitky.html>

- [25] Ing. Dana Vágnerová. *Větrání tzb-info* [online]. n.z.: ČTK, 2006 [cit. 2019-06-12]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/3475-salave-stropni-chlazení-resení-pro-tropicka-vedra>
- [26] Ing. Vladimír ZMRHAL, Ph.D. *Users.fs.cvut* [online]. Praha: n.z., 2014 [cit. 2019-06-12]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Prednasky/Zmrhal_SOKRA.pdf
- [27] Daikin Airconditioning Central Europe. In: *Klimatizace* [online]. Praha: n.z., 2018 [cit. 2019-06-12]. Dostupné z: http://www.cz-klimatizace.cz/files/cenik_-_katalog_2017/katalog-aplikovane-systemy-daikin-2017-2018-azchl.pdf
- [28] Syrový Jiří. In: *Větrání tzb-info* [online]. Praha: ČTK, 2002 [cit. 2019-06-12]. Dostupné z: https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/1277-chladici-tramy-alternativni-vzduchotechnicky-system?fbclid=IwAR0UQs_QDVyB0xx1AOrm01FoyXilQ_ZghIOBvepGalhqIKa1BOgT_VFgu0o
- [29] PRESSMAN, Andy. *Architectural graphic standards*. 11th ed. Hoboken, N.J.: John Wiley, c2007. ISBN 978-0471700913.
- [30] Minib. *Minib* [online]. Praha: n.z., 2016 [cit. 2019-06-13]. Dostupné z: http://www.koordinuj.cz/downloads/data/minib/indukcni_jednotka.pdf
- [31] ČSN EN 13779: 2007. Větrání nebytových budov – Základní požadavky na větrací a klimatizační zařízení.
- [32] Ing. Zdeněk Reinberk. *Větrání tzb-info* [online]. Praha: ČTK, n.z. [cit. 2019-06-16]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/83-prepocet-prutoku-a-rychlosti-proudeni-v-potrubí>

[33] Ing. Zdeněk Reinberk. *Větrání tzb-info* [online]. Praha: ČTK, n.z. [cit. 2019-06-16]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/87-vypocet-tlakove-ztraty-trenim-v-potrubi>

16. Seznam příloh

Příloha 1. CHLADÍCÍ TRÁMCE – ROZVODY VZT pdf.

Příloha 2. CHLADÍCÍ TRÁMCE – ROZVODY CHLADU pdf.

Příloha 3. INDUKČNÍ JEDNOTKY ROZVODY VZT pdf.

Příloha 4. INDUKČNÍ JEDNOTKY ROZVODY CHLADU pdf.

Příloha 5. FCU – VZDUCHOTECHNICKÉ ROZVODY pdf.

Příloha 6. FCU – CHLADIVOVÉ ROZVODY pdf.

Příloha 7. Systém 1 – Rozpočet vzduchu pdf.

Příloha 8. Systém 1 – Rozpočet chladu pdf.

Příloha 9. Systém 2 – Rozpočet vzduchu pdf.

Příloha 10. Systém 2 – Rozpočet chladu pdf.

Příloha 11. Systém 3 – Rozpočet vzduchu pdf.

Příloha 12. Systém 3 – Rozpočet chladu pdf.

Příloha 13. Výpočet tepelných zisků – pdf.