

Návrh řešení vzduchotechniky v prostředí potravinářského průmyslu

A Suggested Solution for AC Systems in Food
Industry Environments

Bc. Lukáš Klíž

Diplomová práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš Klíž**
Osobní číslo: **A15639**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh řešení vzduchotechniky v prostředí potravinářského průmyslu**

Téma anglicky: **A Suggested Solution for AC Systems in Food Industry Environments**

Zásady pro vypracování:

1. Popište problematiku výroby speciálního segmentu v potravinářském průmyslu (výroba cukrovinek) z hlediska požadavků na parametry systémů techniky prostředí.
2. Popište související parametry techniky prostředí vyplývající ze současných legislativních předpisů (stavební fyzika, osvětlení, čistota vzduchu).
3. Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na zařízení techniky prostředí, osvětlení, včetně způsobu řízení, monitorování a komunikace.
4. Popište možné systémy techniky prostředí, pomocí kterých je možno tyto požadavky splnit se zvážením uplatnění využití odpadní energie.
5. Pro konkrétní provoz navrhnete vhodný systém techniky prostředí, s možností využití odpadního tepla, včetně návrhu systému řízení, monitorování parametrů techniky prostředí. Součástí řešení bude i návrh SCADA.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. ASHRAE HANDBOOK . Díl 1 4 . American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1791 Tuttle Circle, N.E., Atlanta, GA 30 329. ISBN 1-931862-73-7. ISSN 1549-2370.
2. CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: Větrání a klimatizace. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8
3. RECKNAGEL SPRENGER SCHRAMEK Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. OldenbourgVerlag GmbH, München, 2003. ISBN 3-83563104-7
4. Platné ČSN řada 06, 07, 34, 35, 36, 37, 38, 73, 74, 83, 91.
5. Firemní podklady vhodných dodavatelů vzduchotechnických systémů

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

3. března 2017

Termín odevzdání diplomové práce:

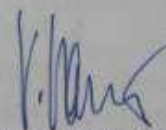
22. května 2017

Ve Zlíně dne 3. března 2017



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

ředitel ústavu

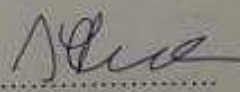
Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk diplomové práce bude uložen v příruční knihovně fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 19.5.2017


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na návrh vzduchotechnického zařízení v prostředí potravinářského průmyslu, kde je kladen důraz na zajištění optimálních podmínek vnitřního prostředí pro výrobu želatinových výrobků a na energeticky hospodárný provoz v budově. Hlavními požadavky na vnitřní prostředí pro výrobu želatinových výrobků je udržení optimální teploty a vlhkosti v prostoru. K zajištění těchto podmínek je nutné využití integrovaných řídicích systémů (počítačové a komunikační techniky), která je schopna reagovat na potřeby obsluhy a zajistit optimální podmínky vnitřního prostředí a také snížit energetickou spotřebu potřebnou k udržení optimálního stavu prostředí a tím snížit náklady na provoz budovy.

Klíčová slova: vzduchotechnický systém, vnitřní prostředí, potravinářský průmysl, SCADA, PLC, energetická spotřeba.

ABSTRACT

Master's thesis is focused on the design of air-conditioning equipment in the environment of the food industry, where emphasis is placed on ensuring optimal conditions for the internal environment for the production of gelatine products and for the energy-efficient operation of the building. The main requirements for the indoor environment for the production of gelatine products are to maintain optimal temperature and humidity in the space. In order to achieve these conditions, it is necessary to use integrated control systems (computer and communication technology) that are capable of responding to the needs of the operator and to ensure the optimum conditions of the indoor environment and also to reduce the energy consumption necessary to maintain the optimal state of the environment, reduce the energy costs of operating the building.

Keywords: Air conditioning unit, indoor environment, food industry, SCADA, PLC, measurement and control.

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Zálešákovi, CSc. za metodické vedení práce a poskytnuté rady a firmě Nestlé Česko s.r.o. za poskytnuté informace k diplomové práci.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PRINCIPY VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE	13
1.1 VĚTRACÍ ZAŘÍZENÍ	13
1.1.1 Nucené větrání	13
1.1.2 Celkové nucené větrání	14
1.1.3 Větrání místní	14
1.1.3.1 Vzduchové sprchy	15
1.1.3.2 Vzduchové oázy	15
1.1.3.3 Vzduchové clony	15
1.1.3.4 Místní odsávání	15
1.1.4 Přirozené větrání	16
1.1.4.1 Celkové přirozené větrání	16
1.1.4.2 Místní přirozené větrání	17
1.2 KLIMATIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ	18
1.2.1 Třídění klimatizačních systémů	18
1.2.1.1 Klimatizační systémy jednozónové a vícezónové	19
1.2.1.2 Rozdělení dle tekutiny přenášející tepelnou energii	21
1.2.2 Free cooling jednotky	23
1.2.2.1 Typy free coolingu	23
1.3 ZÁKLADNÍ PARAMETRY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ	25
1.3.1 Parametry vnitřního prostředí	25
1.3.2 Vnitřní zdroje tepla, vlhkosti, škodlivin	26
1.3.3 Vlastnosti budovy	26
1.3.4 Parametry venkovního prostředí	27
1.4 VNITŘNÍ TEPELNÉ A VLHKOSTNÍ PROSTŘEDÍ	28
1.4.1 Tepelná rovnováha a tepelná pohoda	28
1.4.2 Operativní teplota	29
1.4.3 Ukazatele PPD a PMV	30
1.4.3.1 Předpověď středního tepelného pocitu PMV	30
1.4.3.2 Předpověď procentuálního podílu nespokojených (PPD)	30
1.5 KVALITA VNITŘNÍHO OVZDUŠÍ	31
1.5.1 Typy škodlivin	31
1.6 OSVĚTLENÍ	32
1.6.1.1 Osvětlení pracovišť	33
2 ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE VE VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACI	34
2.1 ÚČINNOST ZZT	34
2.2 ZAŘÍZENÍ PRO ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE	35
2.2.1 Výměníky typu vzduch – vzduch	35
2.2.2 Výměníky z tepelných trubíc	36
2.2.3 Zařízení s regeneračními výměníky tepla	37
3 TEPELNÁ ZÁTĚŽ A TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRANÝCH A KLIMATIZOVANÝCH PROSTORŮ	38

3.1	ZÁKLADNÍ PODKLADY PRO VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ A ZTRÁT	38
3.2	TEPELNÁ ZÁTĚŽ BUDOVY	38
3.2.1	Základní vztahy pro výpočet tepelné zátěže budovy	39
3.2.2	Výpočet tepelných zisků z venkovního prostředí	43
3.2.3	Výpočet tepelných zisků od vnitřních zdrojů.....	48
3.3	TEPELNÉ ZTRÁTY	51
3.3.1	Celková projektovaná tepelná ztráta vytápěného prostoru	52
3.3.1.1	Projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru	52
3.3.2	Projektová tepelná ztráta větráním.....	55
4	REGULACE VĚTRACÍCH A KLIMATIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ	58
II	PRAKTICKÁ ČÁST	61
5	POPIS OBJEKTU	62
5.1	POPIS VÝROBNÍHO PROCESU	62
5.2	POPIS MÍSTNOSTI COOLING 1.....	63
5.2.1	Skladba stěn	66
6	VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ A ZTRÁT	70
6.1	VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ	70
6.2	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	71
7	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY	72
7.1	VZDUCHOTECHNICKÁ STROJOVNA	72
7.2	PARAMETRY VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY	73
7.2.1	Části vzduchotechnické jednotky.....	78
8	ROZVOD VZDUCHU	81
8.1	ODSÁVACÍ POTRUBÍ.....	81
8.2	PŘÍVODNÍ POTRUBÍ	82
8.3	VYÚSTKY	82
8.3.1	Membránová vyústka	82
8.3.2	Velkoobjemová tkaninová vyústka	83
9	NÁVRH OSVĚTLENÍ	85
9.1	POŽADAVKY NA OSVĚTLENÍ	85
9.2	ŘÍZENÍ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY	85
9.3	ZVOLENÁ ZAŘÍZENÍ PRO OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVU	87
9.3.1	Volba vhodného světelného zdroje	87
9.3.2	Volba vhodného zářivkového svítidla.....	88
9.3.3	Komponenty pro řízení osvětlovací soustavy	89
9.3.4	System SCADA	91
9.3.5	Cenová kalkulace	92
10	NÁVRH MĚŘENÍ A REGULACE	93
10.1	ŘÍDICÍ SYSTÉM	93
10.2	POUŽITÉ KOMPONENTY MĚŘENÍ A REGULACE.....	96
10.3	SCADA SYSTÉM	99
10.4	SLEDOVÁNÍ TEPLoty A VLHKOSTI.....	100
ZÁVĚR	103	

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	105
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	107
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	110
SEZNAM OBRÁZKŮ	112
SEZNAM TABULEK.....	114

ÚVOD

Diplomová práce je zaměřena na návrh vzduchotechnického zařízení v prostředí potravinářského průmyslu, kde je obzvláště kladen důraz na zajištění optimálních podmínek vnitřního prostředí pro výrobu želatinových výrobků a zároveň na energeticky hospodárný provoz v budově. Vzduchotechnické zařízení je navrhováno do objektu firmy SFINX Holešov, který je specializovaným závodem společnosti Nestlé Česko s.r.o. a který se zaměřuje na výrobu nečokoládových cukrovinek, především pod značkami JOJO a BON PARI. V diplomové práci je řešena místnost č. 102 COOLING 1. Místnost COOLING 1 se používá ke skladování žele nalitého v kárátkách (formách). Hlavními požadavky na vnitřní prostředí pro výrobu želatinových výrobků je udržení požadované teploty a vlhkosti v místnosti. K dosažení těchto podmínek je nutné využití integrovaných řídicích systémů (počítačové a komunikační techniky), která je schopna reagovat na potřeby obsluhy a zajistit optimální podmínky vnitřního prostředí a také snížit energetickou spotřebu, potřebnou k udržení optimálního stavu prostředí a tím snížit náklady na provoz budovy. Řídicí systém umožňuje integrovat základní procesy probíhající v provozu budovy (kterými jsou řízení vzduchotechnické jednotky a řízení osvětlení v daném prostoru) do jednoho systému.

Hlavní úkolem řídicího systému budovy je zajistit optimální podmínky v daném prostoru, aby bylo možné toho dosáhnout jsou veškeré systémy v prostoru ovládány pomocí systému SCADA. Systém SCADA umožňuje ovládat vzduchotechnické zařízení a osvětlení v místnosti přes internet a díky tomu je možné systém ovládat dálkově. Obsluha provozu má možnost být informována o stavu těchto systémů v reálném čase. Pomocí nainstalovaných senzorů a čidel lze také monitorovat stavy jednotlivých zařízení (teplotu, tlak, spotřebu energie a vlhkost). Díky tomu lze upravovat řízení systémů podle potřeby obsluhy budovy.

Cílem mé diplomové práce je aplikace konkrétního řešení vzduchotechnické jednotky v provozu závodu potravinářského průmyslu. Navržená vzduchotechnická jednotka má přispět k zajištění požadovaných podmínek na vnitřní prostředí pro výrobu želatinových výrobků. Při zpracovávání dílčích návrhů a změn byla situace vždy prodiskutována s investorem a jeho požadavky přispívaly ke konkrétním řešením.

Před samotným návrhem vzduchotechnické jednotky bylo nutno stanovit základní parametry a požadavky kladené na vnitřní prostředí místnosti. Navrhované řešení vychází z výpočtu tepelných ztrát pro zimní období a tepelných zisků pro letní období. Z výpočtů je vytvořen

psychrometrický výpočet letního a zimního provozu. Na základě psychrometrického výpočtu je zvolena optimální vzduchotechnická jednotka, která je umístěna do strojovny vzduchotechniky, kde probíhá úprava vzduchu a následně pomocí navrženého rozvodu potrubní sítě je vzduch rozváděn do prostoru.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRINCIPY VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE

Základním principem větrání a klimatizace je úprava kvality (čistoty) ovzduší, tepelný a vlhkostní stav prostředí v obytných, společenských a průmyslových budovách, technologických prostorech. Tyto prostory jsou zatěžovány produkcí látkových škodlivin, mezi které patří plyny, páry, tuhé a kapalné částice. Prostory jsou zatěžovány produkcí vlhkosti a tepelné energie z vnitřních zdrojů (osoby, elektronická zařízení, osvětlení, technologická zařízení, elektrometry) a z venkovních zdrojů (venkovní ovzduší a venkovní klima).

1.1 Větrací zařízení

Větrací zařízení se používá k přívodu čerstvého venkovního vzduchu do vnitřních prostorů budov a k odvodu vzduchu znečištěného příměsími látkových škodlivin nebo produkovaným teplem. Intenzitu větrání vyjadřuje přívod čerstvého vzduchu do prostoru.

$$I = \frac{V_E}{O} \text{ [l/h]} \quad (1.1)$$

kde

V_E je průtok venkovního vzduchu [m^3/h]

O je vnitřní objem místnosti [m^3]

Intenzita výměny vzduchu se používá k orientačnímu hodnocení podmínek pro rozptýlení vzduchu v prostoru.

Proudění vzduchu ve vnitřním prostoru je zapříčiněno nuceným účinkem, které produkují ventilátory nebo přirozeným tlakovým rozdílem, které jsou způsobeny rozdílnými hustotami vzduchu vně a uvnitř větraného prostoru a účinkem větru. [14]

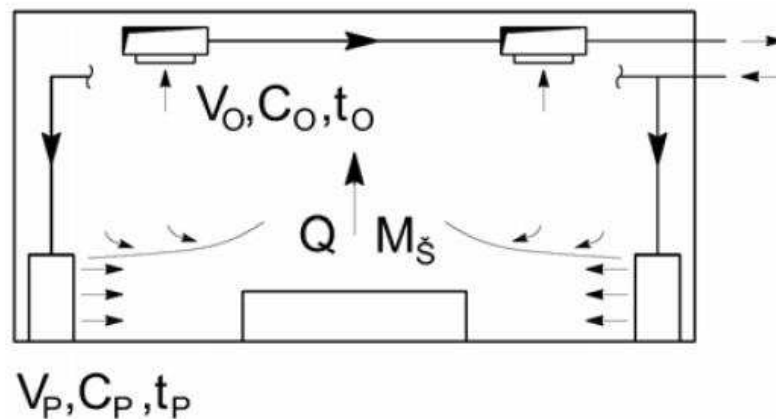
1.1.1 Nucené větrání

Nucené větrání můžeme rozdělit podle toho, zda vzduch odváděný z místnosti se vyměňuje za vzduch venkovní v celém prostoru nebo pouze v jeho části:

- Celkové nucené větrání
- Místní větrání
- Místní odsávání

1.1.2 Celkové nucené větrání

Celkové nucené větrání se využívá v průmyslu a v občanské výstavbě. Celkové větrání se používá k odstranění škodlivin i k teplovzdušnému vytápění. V provozovnách, kde je větší zdroj škodlivin a využívá se nucené odsávání, potom lze využít celkové větrání ke kompenzaci odsávaného vzduchu od technologických zařízení. Celkové větrání se rozděluje na ústřední a jednotkové. Ústřední celkové větrání se používá v provozech s centrální strojovnou a rozvody vzduchu po celé provozovně. Jednotkové celkové větrání se používá v provozech, kde je více samostatných jednotek rozmístěných po větraném prostoru bez dlouhých rozvodů.



Obrázek 1: Schéma celkového větrání průmyslové haly [15]

kde

V_p, V_o je průtok přiváděného a odváděného vzduchu [m^3/s]

t_p, t_o je teplota přiváděného a odváděného vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

C_p, C_o je koncentrace škodlivin a odváděného vzduchu [mg/m^3]

Q je tepelná zátěž [W]

M je tok produkovaných škodlivin [mg/s]

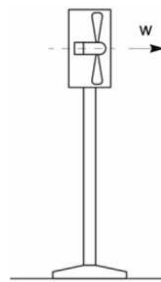
1.1.3 Větrání místní

Místní větrání slouží k lokální úpravě teploty nebo čistoty vzduchu. Místní větrání označujeme jako uměle vytvořenou výměnu vzduchu v omezené části prostoru, který je zpravidla prostorem pobytu pracovníků za účelem jejich ochrany před škodlivými účinky okolí, nebo vytvoření optimálních podmínek přivedením čerstvého vzduchu na místa pro odpočinek během pracovní směny nebo pro řízení výrobního procesu.

Místní větrání se využívá v prostorech, kde není možné zajistit pohodu prostředí celkovým větráním nebo jiným způsobem větrání. V těchto případech by to bylo příliš nákladné, neúčelné nebo nežádoucí. K místnímu větrání se používají vzduchové sprchy, vzduchové oázy a vratové clony.

1.1.3.1 Vzduchové sprchy

Základním úkolem vzduchových sprch je ochrana člověka před nepříznivými účinky, zejména před účinkem sálavého tepla na pracovištích v blízkosti technologických zařízení s vysokými povrchovými teplotami.



Obrázek 2: Vzduchová sprcha [8]

1.1.3.2 Vzduchové oázy

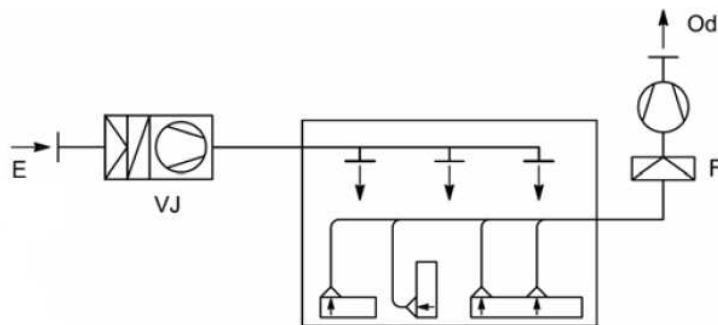
Vzduchové oázy se využívají v místech se zdroji konvekčního tepla. Vzduchová oáza je pracoviště nebo prostor v provozovně, který je vyhrazen pro odpočinek. Cílem vzduchové oázy je vytvořit kvalitnější ovzduší (čistotu a teplotu vzduchu) v méně kvalitním prostředí.

1.1.3.3 Vzduchové clony

Vzduchové clony se využívají k zamezení nežádoucího proudění vzduchu otvorem mezi dvěma sousedícími prostory pomocí vhodně směřovaného plochého proudu.

1.1.3.4 Místní odsávání

Místní odsávání se používá v prostorech, kde se ve vyznačených místech uvolňují výrazné látkové škodliviny nebo nadměrné teplo, například v pracovním a obytném prostředí, u strojů a technických zařízení. Vzduch, který je odsáván, musí být nahrazen přiváděným venkovním vzduchem, který je v zimních měsících nutno ohřívat. [15]



Obrázek 3: Ústřední odsávací zařízení od strojů [15]

kde

E je venkovní vzduch

Od je odpadní vzduch

VJ je větrací jednotka

F je filtr

1.1.4 Přirozené větrání

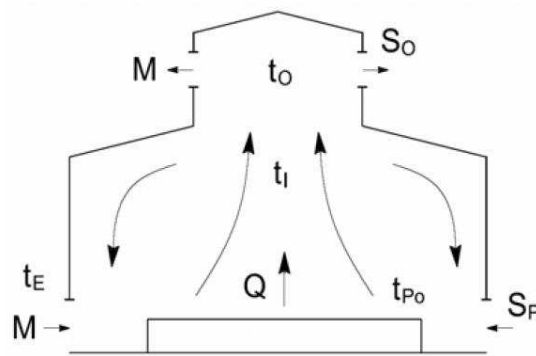
Přirozené větrání je možné rozdělit na celkové přirozené větrání a místní přirozené větrání.

1.1.4.1 Celkové přirozené větrání

Celkové přirozené větrání se používá k trvalému větrání halových objektů s výraznými vnitřními tepelnými zisky.

Aerace

Aerace je přirozené větrání, které zajišťuje trvalou výměnu vzduchu v prostorech s dostatečnými zdroji tepla speciálními regulovatelnými větracími otvory ve stěnách objektů a na střeše. Aerace slouží k odvodu nadměrné tepelné zátěže unikající do provozoven z výrobních zařízení. [7]



Obrázek 4: Větrání aerací [15]

kde

M je průtok vzduchu venkovního, odváděného [kg/s]

Q je tepelná zátěž [W]

S_P je průřez větracích otvorů přiváděcích [m²]

S_O je průřez větracích otvorů odváděcích [m²]

t_E je teplota venkovního vzduchu [°C]

t_{p_o} je teplota v pracovní oblasti [°C]

t_i je teplota vnitřního vzduchu [°C]

t_o je teplota odváděného vzduchu [°C]

Infiltrace

Infiltrace je přirozené větrání, které probíhá netěsnými spárami oken a dveří.

Provětrávání

Provětrávání je občasné větrání otvíráním oken, kde spodní částí otevřeného okna proudí do místnosti chladnější venkovní vzduch a horní částí okna se vzduch z místnosti odvádí.

1.1.4.2 Místní přirozené větrání

Místní přirozené větrání se používá k přirozenému odvodu vzduchu od zdrojů tepla v průmyslu nebo pro větrání WC, koupelen v bytových domech. Větrání pracuje na principu odvodu vzduchu směrem vzhůru, které závisí na teplotě vzduchu ve větrací šachtě. [10]

1.2 Klimatizační zařízení

Klimatizační jednotky slouží k úpravě teploty, vlhkosti a čistoty vzduchu uvnitř objektů. Úprava vnitřního prostředí se zpravidla provádí po celé roční období s automatickou regulací. Klimatizační zařízení s chladícími plochami upravuje teplotu povrchu stěn místností včetně střední radiační teploty.

Komfortní klimatizace

Komfortní klimatizace slouží k úpravě vnitřního prostředí pro dodržení hygienických podmínek pro osoby. Základním principem komfortní klimatizace je přívod čerstvého vzduchu.

Úplná klimatizace

Úplná klimatizace se používá k úpravě teploty, vlhkosti a čistoty vzduchu po celé roční období na požadované parametry.

Dílčí klimatizace

Dílčí klimatizace se používá k částečné úpravě vnitřního prostředí, kdy úprava teploty probíhá celoročně a úprava vlhkosti probíhá pouze v zimě. Klimatizační zařízení pro dílčí úpravu vzduchu bývají kombinována s vytápěcími zařízeními, kde klimatizace zajišťuje chlazení a větrání v létě a základní vytápění v zimě doplňuje společně s větráním a dílčím přívodem tepla.

Klimatizační systém

Klimatizační systém je soubor funkčních prvků pro úpravu venkovního, čerstvého a oběhového vzduchu. Klimatizační systém slouží k distribuci tepla, chladu a vzduchu v objektu. Klimatizační systémy zahrnují filtraci, směšování, ohřev, chlazení, vlhčení, odvlhčování.

Klimatizační zařízení

Klimatizační zařízení je konkrétní provedení vzduchového jednozónového klimatizačního systému. [8]

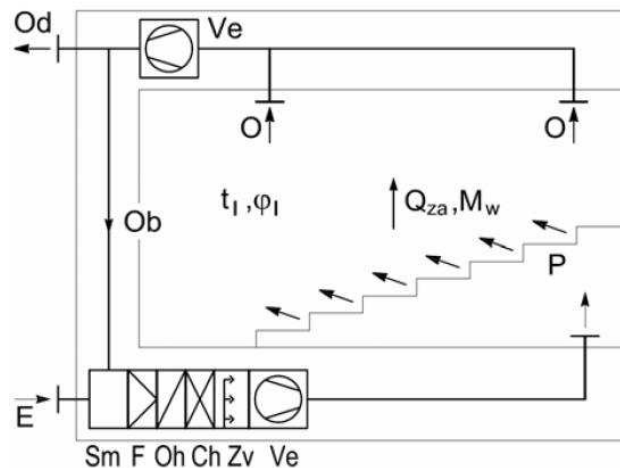
1.2.1 Třídění klimatizačních systémů

Systémy lze rozdělit dle druhu tekutiny přenášející teplo a chlad v budově a podle počtu zón ve kterých klimatizační systém upravuje prostředí v kterých dochází k tepelným a vlhkostním změnám zátěže.

1.2.1.1 Klimatizační systémy jednozónové a vícezónové

Klimatizační systémy jednozónové

Klimatizační systémy jednozónové se používají k úpravě vzduchu v jednom prostoru nebo v několika prostorech, které mají stejný charakter provozu a teplotní zátěže. Systém se skládá z klimatizační jednotky, která je řízena čidly z klimatizovaného prostoru.



Obrázek 5: Klimatizační systém jednozónový [15]

kde

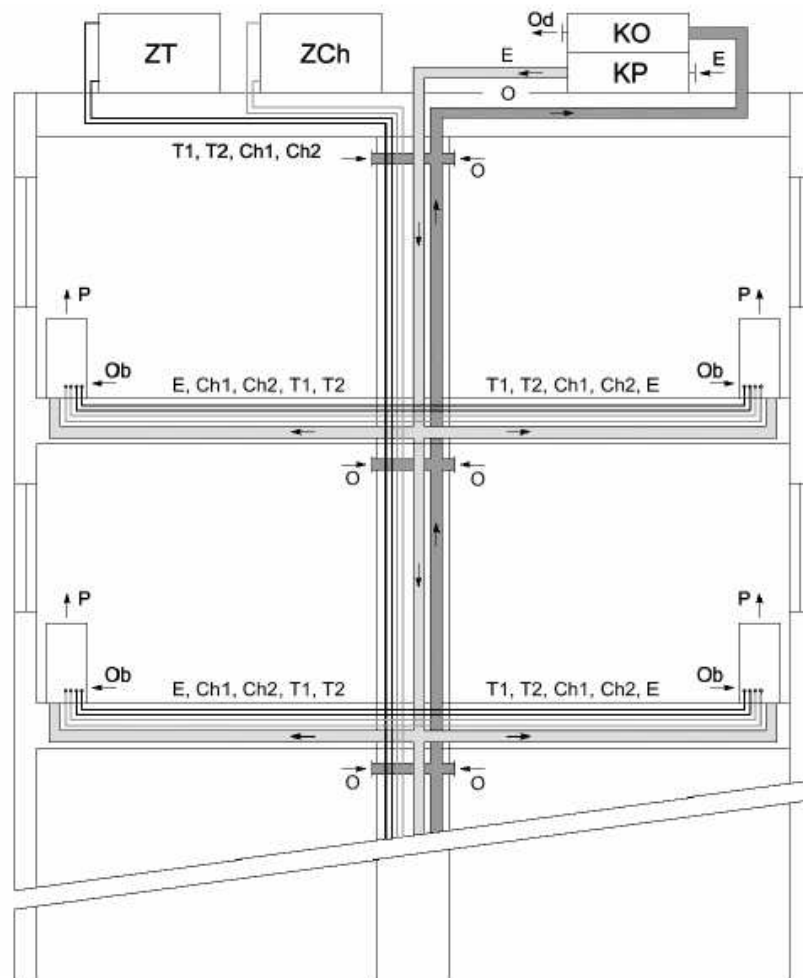
Sm	je směšovací komora
F	je filtr
Oh	je ohřívač
Ch	je chladič
Zv	je zvlhčovač
Ve	je ventilátor
E	je venkovní vzduch
Ob	je oběhový vzduch
P	je přiváděný vzduch
O	je odváděný vzduch
Od	je odpadní vzduch
Q_{za}	je tepelná zátěž místnosti [W]

M_w je produkce vlhkosti [kg/s]

Klimatizační systémy vícezónové

Klimatizační systémy vícezónové jsou používány pro klimatizaci budov s více místnostmi například hotely a administrativní budovy. Teplo i chlad je rozváděno vzduchem (vzduchovody), vodou (vodním potrubím), chladivem (chladivovým potrubím). Klimatizační vícezónové systémy jsou složeny:

- ústřední klimatizační zařízení a rozvody vzduchu
- ústřední zdroje chladu/tepla a vodní/chladivové rozvody
- koncové prvky v místnostech vnitřní jednotky (vyústky).



Obrázek 6: Vícezónový klimatizační systém [15]

kde

K je klimatizační jednotka (P – přívod, O – odvod)

ZT	je zdroj tepla
ZCh	je zdroj chladu
T1, T2	je potrubí pro přívod, odvod teplé vody
Ch1, Ch2	je potrubí pro přívod, odvod chladné vody
E	je vzduchovod venkovního vzduchu
O	je vzduchovod odváděného vzduchu
Ob	je oběhový vzduch
Od	je odpadní vzduch
P	je přiváděný vzduch

Ústřední klimatizační zařízení

Ústřední klimatizační zařízení zajišťuje základní úpravu vzduchu (čerstvého i oběhového) a jeho rozvod po budově.

Ústřední zdroj chladu

Ústřední zdroj chladu (kompresorové chladicí zařízení, absorpční chladicí zařízení) připravuje energii pro chladiče v klimatizačních zařízeních a vnitřních klimatizačních jednotkách.

Ústřední zdroj tepla

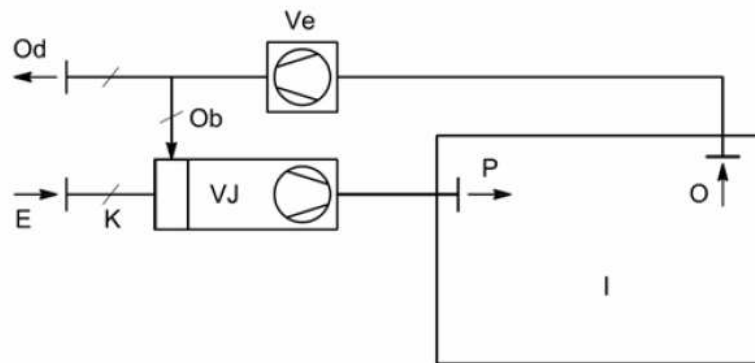
Ústřední zdroj tepla (kotelny, výměňkové stanice) slouží k přípravě energie pro ohříváče vzduchu. K rozvádění energie pro chlazení a ohřev do jednotlivých místností slouží vzduchovody, potrubní sítě pro chladnou a teplou vodu, sítě pro kapalné a plynné chladivo.

Koncové prvky v místnostech

Koncové prvky v místnostech vnitřní jednotky, které jsou napojené na ústřední zdroje vzduchu, chladu a tepla slouží k dodatečné úpravě vzduchu podle individuálních teplotních požadavků a podmínek v místnostech.

1.2.1.2 Rozdělení dle tekutiny přenášející tepelnou energii

- vzduchové
- vodní
- kombinované – voda/vzduch
- chladivové



Obrázek 7: Schéma průtoku vzduchu ve větracích a klimatizačních zařízeních [15]

kde

E	je venkovní vzduch
Ob	je oběhový vzduch
P	je přiváděný vzduch
I	je vnitřní vzduch
O	je odváděný vzduch
Od	je odpadní vzduch
VJ	je větrací nebo klimatizační jednotka
Ve	je ventilátor
K	je klapka

Podle účelu lze rozlišovat pro větrání a klimatizaci následující požadavky na vnitřní prostředí

- hygienické – z hlediska ochrany lidského organismu
- technologická – pro funkci výrobních a pracovních procesů
- biologické, mikrobiologické – v zemědělství, ve zdravotnictví a farmacii
- bezpečnostní – pro ochranu před výbuchem hořlavých látek

Hygienické požadavky

Požadavky na kvalitu ovzduší jsou vždy limitní – maximální přípustné koncentrace znečišťujících látek nesmí být překročeny. Základní hygienické požadavky na tepelný a vlhkostní stav prostředí a čistotu ovzduší jsou v ČR formulovány v zákonných předpisech (zákony, nařízení vlády, vyhlášky ministerstev) a v normách ČSN.

Technologické, biologické a bezpečnostní požadavky

Technologické, biologické a bezpečnostní požadavky vycházejí z vlastností výrobních a biologických procesů a definuje nároky na tepelná a vlhkostní stav i kvalitu ovzduší v daných prostředích. Požadavky jsou individuální pro každé prostředí. Pro některé případy, například pro čisté prostory, jsou požadavky obsaženy v normách ČSN a v odborné literatuře.

1.2.2 Free cooling jednotky

Free cooling se využívá při nízkých venkovních teplotách pro výrobu chladu (chladicí vody) v chladných obdobích bez nutnosti používání kompresorového chlazení. Při použití free coolingu fungují pouze ventilátory, které nasávají vzduch skrz lamelový výměník s nemrznoucí kapalinou, ta své teplo odevzdává do vzduchu a tím se ochlazuje.

Pro maximální využití free coolingu je vhodné, když je teplota chladicí vody vyšší, než je běžně obvyklé. Běžná teplota chladicí kapaliny bývá např. 6/12 °C, pro Free cooling je vhodnější vyšší teplota – např. 14/18 °C.

1.2.2.1 Typy free coolingu

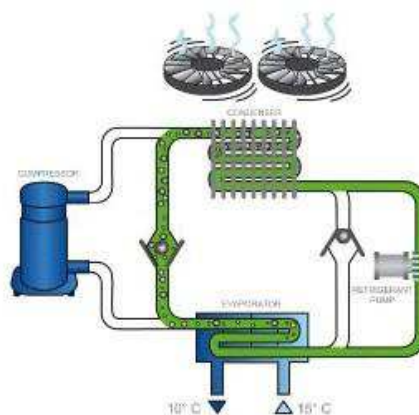
Free cooling lze rozdělit dle zapojení systému. Každý typ zapojení má své výhody a nevýhody.

- Přímý free cooling s chladičem
- Free cooling vestavěný do jednotky
- Oddělený Free cooling CIAT

Přímý free cooling s chladičem

Při přímém Free coling je do chladicího okruhu nainstalován bypass a čerpadlo chladiwa. Při free coolingu se zapne čerpadlo chladiwa a otevře se bypass a začíná fungovat free cooling.

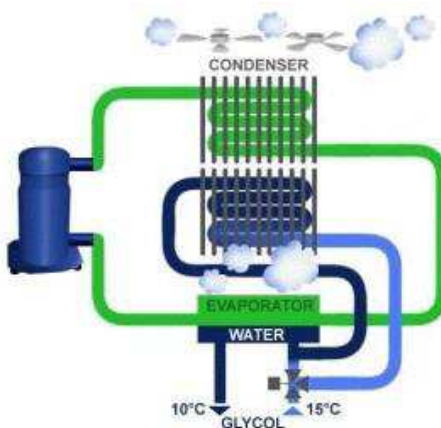
Výhodou tohoto zařízení jsou stejné rozměry a stejná hmotnost jednotky a snadná regulace chodu motorů. Velkou nevýhodou je malý výkon, více částí v chladivovém okruhu, větší objem chladiva (o 20 %) a nemožnost provozovat strojní chlazení a free cooling současně.



Obrázek 8: Přímý free cooling [13]

Free cooling vestavěný do jednotky

Free coolingový výměník je instalován do jednotky, kde před kondenzátor je nainstalován další lamelový výměník, ve kterém proudí nemrznoucí kapalina. Při této instalaci se ušetří plocha zabraná jednotkou a je možné využívat stejné ventilátory jako při kompresorovém chlazení. Chod motorů ventilátorů se řídí potřebami chladicího okruhu (kompresoru) strojního chlazení.



Obrázek 9: Free cooling vestavěný do jednotky [13]

Oddělený free cooling CIAT

Strojní (kompresorové) chlazení a free cooling jsou od sebe oddělené ve dvou různých jednotkách, které mají stejný design a po instalaci za sebou vypadají jako jedna jednotka. Propojené jsou pouze spolu komunikačním kabelem a rozvody ochlazované kapaliny. Chlazená

kapalina vchází nejprve do jednotky free coolingu, kde se předchladí (nebo ochladí, záleží na okolních podmínkách) a poté vstupuje do strojního chlazení, kde se v případě potřeby kapalina dochladí na požadovanou teplotu.

Mezi nevýhody patří vyšší hmotnost celku a větší rozměry. Výhodou je možnost doplnit free cooling ke stávající jednotce a vynikající regulace chodu ventilátorů. Na rozdíl od vestavěného free coolingu se ventilátory řídí podle požadavku free coolingové části a v případě vhodných podmínek je free cooling využíván na maximální výkon a není ničím omezován. Proto je efektivita chodu při souběžném chlazení maximální a úspory na spotřebované energii velice vysoké. [13]

1.3 Základní parametry vnitřního prostředí

Pro návrh větracích a klimatizačních zařízení je třeba znát:

- požadované parametry vnitřního prostředí
- vnitřní zdroje tepla, vlhkosti, škodlivin ve vnitřním prostředí prostoru
- vlastnosti budovy
- parametry venkovního prostředí

1.3.1 Parametry vnitřního prostředí

Tepelný a vlhkostní stav určuje teplota vzduchu a relativní vlhkost.

- teplota vzduchu θ [°C]
- relativní vlhkost φ [%]

Pro podrobnější hodnocení tepelného a vlhkostního stavu prostředí (z hygienického hlediska) přibývají

- střední radiační teplota θ_r [°C]
- rychlost proudění w [m/s]
- intenzita turbulence Tu [-]
- výsledná teplota θ_g [°C]
- operativní teplota θ_o [°C]

Parametry kvality ovzduší

Kvalitu ovzduší charakterizují

- koncentrace znečišťujících látek [škodlivin] - plynů, par, tuhých a kapalných částic ve vnitřním ovzduší C [mg/m^3 , ppm]
- fyzikální a chemické vlastnosti znečišťujících látek
- pro tuhé a kapalně částice – velikost částic α [μm], distribuční křivka $p=f[\alpha]$ vyjadřuje četnost p [$1/\mu\text{m}$] částic v dané velikosti α [μm] ve vzorku ovzduší

Závazné hygienické limity znečištění vnitřního pracovního ovzduší v ČR jsou obsaženy v nařízení vlády číslo 361/2007 Sb... Toto nařízení uvádí pro různé škodliviny přípustné průměrné 8 hodinové koncentrace.

- přípustné expoziční limity PEL [C_{PEL}]
- nejvyšší přípustné koncentrace NPK-P [$C_{\text{NPK-P}}$]

Požadavky na stav ovzduší jsou technologické, biologické a bezpečnostní. Požadavky na kvalitu ovzduší jsou uvedeny ve specifických předpisech, normách a odborné literatuře. [8]

1.3.2 Vnitřní zdroje tepla, vlhkosti, škodlivin

Do vnitřních zdrojů tepla, vlhkosti a škodlivin patří uvolňované látky a energie. Vstupním údaji pro návrh větrání a klimatizace patří:

- počty osob, intenzita jejich činnosti, která určuje produkci tepla [W] a vlhkosti [kg/s]
- příkon strojů a technických zařízení, elektrických přístrojů a výpočetní techniky [W]
- příkon osvětlovacích zařízení [W]
- ve specifických provozech tok vlhkosti uvolňovaný v místnosti [kg/s]

1.3.3 Vlastnosti budovy

Pro návrh větracích a klimatizačních zařízení je nutné znát informace o budově.

- projektové a prostorové řešení budov a prostorů pro strojovnu a vedení vzduchovodů
- orientace k světovým stranám a stínění okolními budovami
- tepelně-technické vlastnosti stavební konstrukce, včetně transparentních ploch (oken a světlíků)

Vlastnosti budovy jsou podkladem pro stanovení tepelných ztrát v zimě a letní tepelné zátěže. Tyto údaje rozhodují o výkonu větracího a klimatizačního zařízení. Požadavky na tepelně-technické vlastnosti budov se řídí dle platných norem.

1.3.4 Parametry venkovního prostředí

Pro návrh větracího a klimatizačního zařízení je třeba znát informace o venkovním klimatu a kvalitě venkovního ovzduší.

Venkovní klima

Pro návrh větracího a klimatizačních zařízení se používají extrémní podmínky jak v létě, tak v zimě. Venkovní klimatické parametry jsou:

- teplota venkovního vzduchu θ [°C]
- relativní vlhkost vzduchu φ [%]
- entalpie venkovního vzduchu h [J/kg]
- intenzita sluneční radiace I [W/m²]
- rychlost větru w [m/s] a směr větru

Venkovní ovzduší

Kvalitu venkovního ovzduší pro větrání a klimatizaci vyjadřují:

- imisní údaje
- emisní údaje

Imisní údaje

Imisní údaje jsou údaje o koncentracích znečišťujících látek ve venkovním ovzduší, které jsou potřebné pro stanovení kvality venkovního vzduchu, který se má použít pro větrání. Při větrání a klimatizaci se venkovní vzduch filtruje od tuhých částí, prachu dle požadavků na vnitřní ovzduší.

Emisní údaje

Emisní údaje jsou limitující toky látek vyfukovaných do venkovní atmosféry z odsávacích zařízení, které definují požadavky na filtrační a odlučovací zařízení. Přípustné emisní limity jsou v ČR uvedeny v nařízeních vlády a ve vyhláškách ministerstva životního prostředí. [8]

1.4 Vnitřní tepelné a vlhkostní prostředí

Vnitřní tepelné a vlhkostní prostředí je dáno veličinami, které ovlivňují výsledný fyzický a duševní stav osob v prostředí. Veličiny mohou nabývat optimálních hodnot (stav tepelné pohody, komfortu), případě hodnot mezních (přípustných).

1.4.1 Tepelná rovnováha a tepelná pohoda

Tepelná rovnováha

Tepelná rovnováha je stav těla, kdy je zachována rovnost produkovaného tepelného toku q a toku tepla odnímaného tělu okolím (konvekcí, sáláním, vypařováním, dýcháním a vedením).

Tepelná pohoda

Tepelná pohoda je stav, kdy člověk na základě svých biologických pochodů neustále produkuje teplo, které odevzdává do svého okolí. Teplo, které člověk vydává do okolí, závisí na rozdílu teplot mezi povrchem těla a teplotou okolí. Povrchová teplota kůže je tak výsledkem neustálé interakce mezi člověkem a okolím, kterému se tak snaží přizpůsobit. Rovnice tepelné rovnováhy vyjadřuje tepelné toky ve wattech a má tvar: [6]

$$M - W = C + R + E_{res} + C_{res} \quad (1.2)$$

kde

M je energetický výdej [W]

W je mechanická práce [J]

C je tepelný tok konvekcí, tedy prouděním [W]

R je výdej tepla sáláním [W]

E je výdej tepla difuzí páry, pocením [W]

E_{res} je výdej tepla odpařováním vody v plicích [W]

C_{res} je teplo odevzdané ohříváním vdechovaného vzduchu [W]

Střední radiační teplota

Střední radiační teplota je průměrná společná teplota všech okolních ploch v prostoru, které obklopují člověka, kde by byl celkový sálavý tok mezi povrchem těla a okolními plochami stejný jako ve skutečnosti.

Teplota kulového teploměru

Kulový teploměr je kulová baňka z měděného plechu s matným černým povrchem, kde ve středu je zasunuto teplotní čidlo (rtuťový teploměr, termočlánek, odporový teploměr). V ustáleném stavu je sálavý a tepelný tok z prostředí do kulové baňky v rovnováze s konvekčním tepelným tokem z povrchu koule do prostředí.

1.4.2 Operativní teplota

Operativní teplota je veličina, která zahrnuje vliv konvekční výměny tepla a vliv výměny tepla sáláním. Operativní teplota je definována jako jednotná teplota černého uzavřeného prostoru, který má stejnou teplotu vzduchu i stejnou střední radiační teplotu, ve kterém by lidské tělo sdílelo konvekci i sáláním stejné množství tepla jako ve skutečném nehomogenním prostředí.

Operativní teplota závisí na teplotě vzduchu a střední radiační teplotě, jestliže je v prostoru rychlost proudění nad 0,2 m/s i na rychlosti proudění vzduchu. [8]

$$\theta_o = A \cdot \theta_a + (1 - A) \cdot \theta_{sr} \quad (1.3)$$

kde

θ_r je střední radiační teplota [°C]

A je tabulková hodnota v závislosti na rychlosti proudění [-]

θ_a je teplota vzduchu [°C]

Tabulka 1: Tabulka hodnot součinitele A v závislosti na proudění vzduchu

w_a [m/s]	<0,2	0,6	1
A [-]	0,5	0,65	0,75

1.4.3 Ukazatele PPD a PMV

Ukazatele PMV (předpověď středního tepelného pocitu) a PPD (předpověď procentuálního podílu nespokojených) vyjadřují diskomfort z tepla nebo chladu pro tělo.

1.4.3.1 Předpověď středního tepelného pocitu PMV

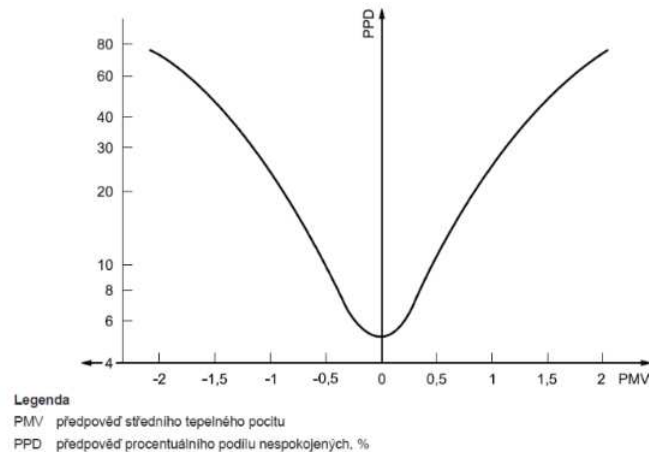
PMV je ukazatel, který předpovídá střední tepelný pocit na základě odevzdaných hlasů velké skupiny osob, které hodnotí svůj pocit pomocí stupnice tepelných pocitů, které jsou založené na tepelné rovnováze lidského těla. Jednotlivé odevzdané hlasy jsou rozloženy kolem střední hodnoty, a proto se předpovídá počet osob, které se budou pravděpodobně cítit z důvodu tepla nebo chladu nekomfortně. Tepelná rovnováha lidského těla nastává, když je vnitřní tepelná produkce těla rovna tepelné ztrátě v daném prostředí. [6]

Tabulka 2: Stupnice tepelných pocitů [6]

+3	Horko
+2	Teplo
+1	Mírné teplo
0	Neutrální
-1	Mírné chladno
-2	Chladno
-3	Zima

1.4.3.2 Předpověď procentuálního podílu nespokojených (PPD)

Ukazatel PPD stanovuje kvantitativní předpověď procenta osob nespokojených s tepelným prostředím, které pociťují jako příliš chladné nebo příliš teplé.



Obrázek 10: PPD jako funkce PMV [6]

1.5 Kvalita vnitřního ovzduší

Technické a přírodní procesy produkují do vnitřního ovzduší škodliviny mezi které patří tuhé a kapalné částice, páry a znečišťující látky. Škodliviny působí negativně na zdraví lidí, snižují životnost staveb a technických zařízení. [14]

1.5.1 Typy škodlivin

Tuhé částice

Tuhé částice v ovzduší lze rozdělit dle vzniku a složení jako dým, kouř, popílek, aerosol, prach:

- Dým – je jemná částice, která vzniká pro oxidačních procesech kondenzací látek vyřazených za tepla nebo vzniklé z plynné fáze chemických reakcí.
- Kouř – je jemná částice, které vzniká nedokonalým spalováním.
- Popílek – je úlet z topenišť spalovacích zařízení.
- Aerosol – je soustava jemných částic v plynu.
- Prach – je částice, která vzniká mechanickým způsobem.
- Obsah prachu ve vnitřním prostředí se udává hmotnostní koncentrací C [mg/m^3]

Kapalné částice

Kapalné částice, které jsou rozptýlené ve vnitřním ovzduší vznikají kondenzací plynné fáze nebo rozrušením většího objemu tekutiny. Vzniklá směs se označuje jako mlha.

Plyny a páry

Plyny a páry, které unikají do ovzduší a nereagují chemicky se vzduchem tvoří směsi. [15]

1.6 Osvětlení

Světlo patří k důležitým faktorům, které ovlivňují pobyt v prostředí. Hlavními parametry světla jsou množství světelné energie, časové a prostorové rozložení, druh světla a jeho barevná jakost. Umělé osvětlení můžeme z technického úhlu charakterizovat jako soubor technických zařízení a prostředků pro osvětlování. Umělé osvětlení není přirozenou složkou životního prostředí – používá se k vytvoření příznivého světelného klimatu pro dobu, kdy přirozené denní osvětlení není dostatečné, nebo je nelze plnohodnotně využít. Osvětlení umělými světelnými zdroji musí vytvořit podmínky pro zrakovou pohodu – jeho charakteristickou vlastností je stálost v čase. Jednou z mála nevýhod se jeví odlišnost jeho spektrálního složení od denního světla a s tím související odlišné vnímání barev.

Umělý světelný zdroj je zdroj optického záření, zpravidla viditelného. Osvětlovací soustava je osvětlovací zařízení nebo řešení osvětlení (světelné zdroje, předřadníky, svítidla a ovládání) požadované pro osvětlení a jeho instalaci.

Zraková pohoda je subjektivní stav zrakového pohodlí vyvolaný světelným prostředím. Zrakovou pohodou se myslí příjemný psychofyzilogický stav, potřebný pro účinnou práci i odpočinek, splňující hygienické požadavky, který závisí především na intenzitě a jakosti osvětlení, na architektonických vlastnostech prostoru (barvy, tvary, poměry atd. v daném prostoru) a na stavu zraku. [28]

Světelný tok (Φ) je světelně technická veličina, která odpovídá zářivému toku a vyjadřuje schopnost způsobit zrakový vjem. Je to výkon vyzařovaný zdrojem světla fotometricky zhodnocený podle mezinárodně standardizované křivky spektrální citlivosti lidského oka. Jednotkou je lumen (lm). Zářivý tok je energie přenesená zářením za jednotku času.

Svítivost (I) je základní jednotka soustavy SI. Svítivost v daném směru je podíl části světelného toku, který vychází ze zdroje do malého prostorového úhlu v tomto směru, a tohoto prostorového úhlu. Jednotkou je kandela (cd).

Osvětlenost, intenzita osvětlení (E) je podíl té části světelného toku, která dopadá na plochu povrchu tělesa. Jednotkou je lux (lx). Osvětlení jednoho luxu je vyvoláno světelným tokem jednoho lumenu rovnoměrně rozprostřeného na ploše 1 m^2 .

Index podání barev (R_a) vyjadřuje vliv spektrálního složení světla na barevný vjem. Užívá se stupnice o sto bodech, přičemž index $R_a = 100$ dosahuje osvětlení denním světlem, tj. rozptýleným slunečním světlem.

Měrný výkon (světelná účinnost zdroje) vyjadřuje, jaké množství světla se vyrobí z jednotky energie a je stanoven jako podíl světelného toku zdroje v lumenech k elektrickému příkonu.

1.6.1.1 Osvětlení pracovišť

Základním požadavkem je, že osvětlení musí odpovídat nárokům vykonávané práce na zrakovou činnost, pohodu vidění a bezpečnost zaměstnanců v souladu s normovými hodnotami. Normovou hodnotou se rozumí konkrétní technický požadavek obsažený v příslušné české technické normě. Vládní nařízení ukládá pouze pravidelné čištění osvětlovacích soustav ve lhůtách odpovídajících nejméně normovým hodnotám, trvalou údržbu a instalaci nouzového osvětlení tam, kde při výpadku umělého osvětlení hrozí zvýšené riziko úrazů. [29]

2 ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE VE VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACI

Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci je proces využití energie obsažené ve vzduchu opouštějícího budovu. Zpětné získávání tepla se využívá k získávání citelného tepla (změna teploty), ale umožňuje i zpětné získávání tepla vázaného (přenos vlhkosti).

Systémy ZZT lze rozdělit na rekuperační a regenerační.

Rekuperační systémy

Rekuperační systémy jsou systémy, kde se teplo předává mezi přiváděným venkovním vzduchem a odváděným vzduchem přímo přes stěnu výměníku. Mezi rekuperační systémy patří deskové a trubkové výměníky.

Regenerační systémy

Regenerační systémy jsou systémy, kde se teplo z odváděného vzduchu předá do akumulační hmoty a z ní se pak teplo uvolňuje do přiváděného venkovního vzduchu. Mezi regenerační systémy patří rotační a přepínací výměníky.

Systémy s pomocnou tekutinou

Systémy s pomocnou tekutinou jsou systémy, kde se teplo z odváděného vzduchu předává do pomocné tekutiny a z ní pak do přiváděného venkovního vzduchu. Systémy s pomocnou tekutinou využívají výměníky s kapalinovým oběhem, trubice s přirozeným oběhem chladiva a chladičové systémy s kompresorem. [8]

2.1 Účinnost ZZT

Pro účinnost ZZT je rozhodující množství tepla, které je předáno do venkovního vzduchu.

$$\Phi = \frac{\theta_{E2} - \theta_{E1}}{\theta_{I1} - \theta_{E1}} \quad (1.4)$$

kde

θ_{E1} je teplota přiváděného vzduchu před výměníkem [°C]

θ_{E2} je teplota přiváděného vzduchu za výměníkem [°C]

θ_{I1} je teplota odváděného vzduchu před výměníkem [°C]

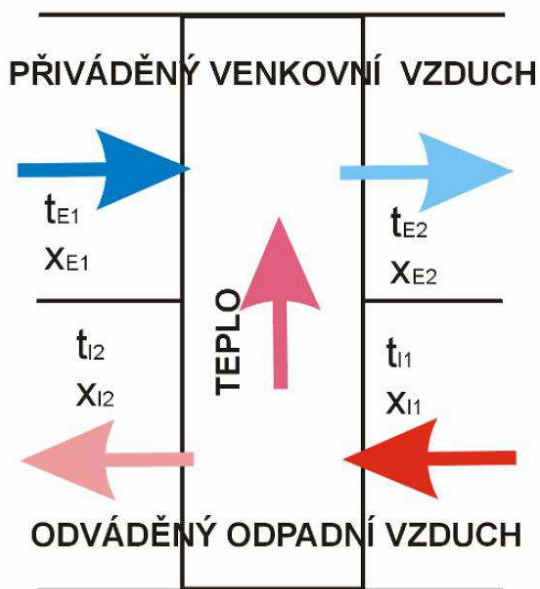
Pro zařízení využívající zpětným získáváním vlhkosti je definován vlhkostní faktor

$$\psi = \frac{x_{E2} - x_{E1}}{x_{I1} - x_{E1}} \quad (1.5)$$

x_{E1} je měrná vlhkost přiváděného vzduchu před výměníkem [g/kg]

x_{E2} je měrná vlhkost přiváděného vzduchu za výměníkem [g/kg]

x_{I1} je měrná vlhkost odváděného vzduchu před výměníkem [g/kg]



Obrázek 11: Schéma zpětného získávání tepla [15]

2.2 Zařízení pro zpětné získávání energie

Zařízení pro zpětné získávání energie nemusí být součástí větracích a klimatizačních zařízení. Důvodem projektování ZZE je zmenšit množství energie potřebné k chodu větracích a klimatizačních zařízení a s tím spojené provozní náklady. [15]

2.2.1 Výměníky typu vzduch – vzduch

Druhy přenosových prvků výměníku typu vzduch – vzduch:

a) Hladké trubky

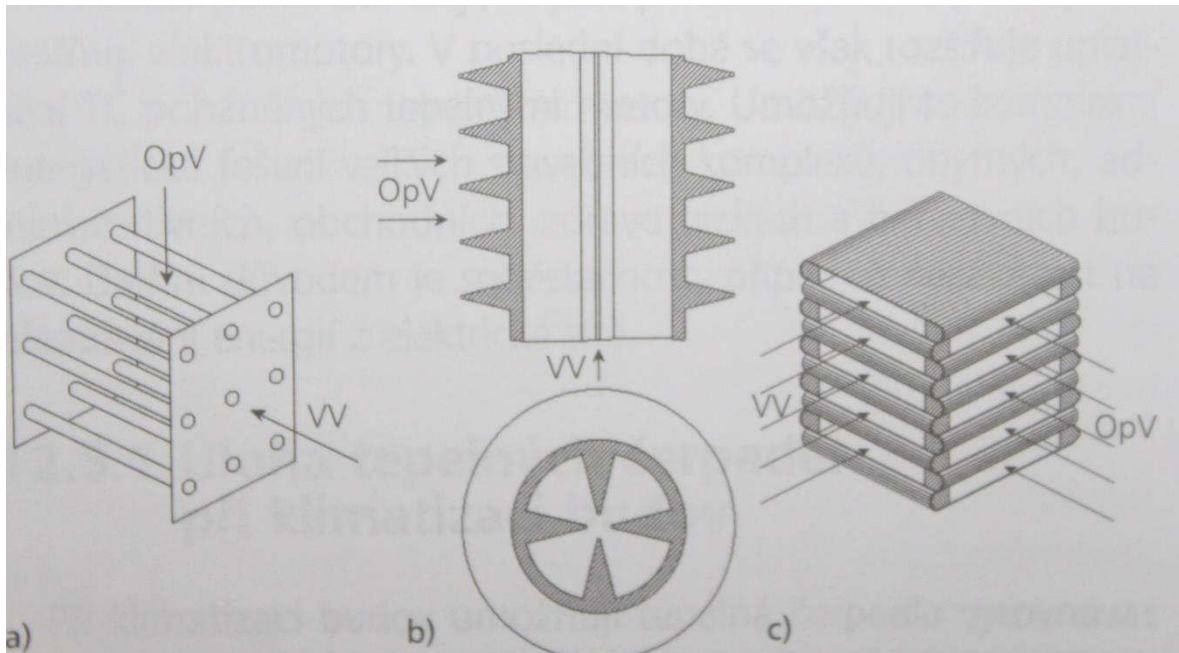
Ve výměnících z hladkých trubek proudí vnější vzduch v trubkách a odpadní vzduch mezi trubkami, které obtéká.

b) Trubka s vnějším a vnitřním žebrováním

Ve výměnících z trubek s vnějším a vnitřním žebrováním dochází k lepšímu přenosu tepla, při tomto provedení výměníku jsou trubky z obou stran žebrované.

c) Deskový výměník

U deskového výměníku proudí vnější vzduch a odpadní vzduch příčně a střídavě mezi dvěma kvadratickými deskami, kde každá dvojice desek je přeložena o 90° a uzavřena z bočních stran. Deskové výměníky slouží v zimním období k přehřevu a v letním období k předchlazení vnějšího vzduchu. [8]



Obrázek 12: Výměníky typu vzduch – vzduch [8]

Kde

OpV je odpadní vzduch

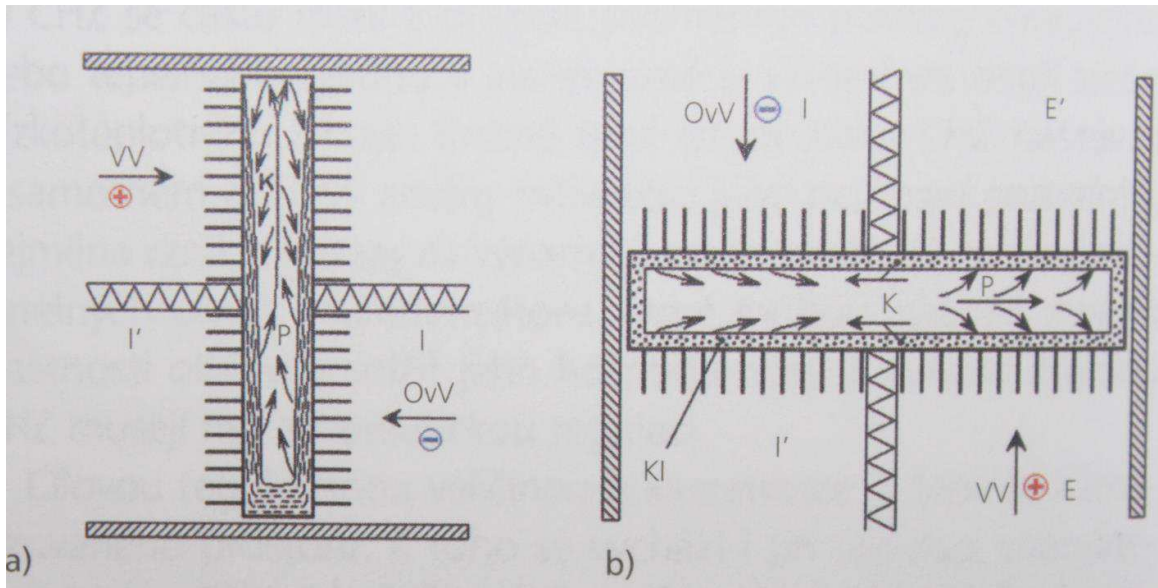
VV je vnější vzduch

2.2.2 Výměníky z tepelných trubíc

U výměníků z tepelných trubíc je výhodou, že mají schopnost přenášet velké toky tepla v malém prostoru při velmi malých rozdílech teplot mezi jejich konci. Při toku tepla z ochlazeného vzduchu do trubice se její kapalná náplň na jednom konci z jejich konců vypařuje a na druhém konci vzniklá pára kondenzuje, přičemž odevzdává teplo ohřivanému vzduchu. [8]

a) Gravitační trubice

b) Kapilární trubice



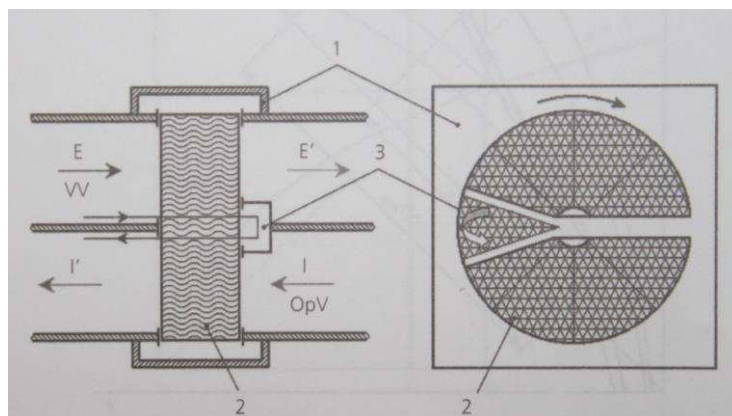
Obrázek 13: Výměníky z tepelných trubíc [8]

Kde

- K je kondenzát
- Kl je kapilární klapka
- P je pára
- OvV je odváděný vzduch

2.2.3 Zařízení s regeneračními výměníky tepla

Zařízení s regeneračními výměníky tepla obsahují akumulární výplň, kterou proudí střídavě teplý a studený vzduch, kde teplý vzduch její energii odvádí a studený vzduch ji z něj odebírá. Je-li povrch hygroskopický tak z ochlazovaného vzduchu přijímá současně s teplem i vlhkost, kterou potom odvádí do ohřívajícího vzduchu. [8]



Obrázek 14: Zařízení s regeneračními výměníky tepla [8]

3 TEPELNÁ ZÁTĚŽ A TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRANÝCH A KLIMATIZOVANÝCH PROSTORŮ

Základním podkladem pro návrh větracích a klimatizačních zařízení jsou výpočty tepelných ztrát pro teplovzdušné vytápění v zimě a tepelných zisků pro klimatizaci v létě. Návrh zařízení se běžně provádí pro extrémní venkovní klimatické podmínky, které mohou v určité oblasti nastat, tj. pro pokrytí extrémních tepelných toků. V zimě se pokrývají tepelné ztráty a v létě tepelná zátěž.

3.1 Základní podklady pro výpočet tepelných zisků a ztrát

Mezi základní podklady pro výpočet tepelných zisků a ztrát patří údaje:

- parametry vnitřního prostředí
- parametry venkovního prostředí
- vnitřní zdroje tepla a vlhkosti
- tepelně technické vlastnosti budovy
- orientaci budovy vůči světovým stranám

3.2 Tepelná zátěž budovy

Tepelná zátěž budovy je podkladem pro stanovení chladicího výkonu klimatizačního zařízení pro letní provoz. Tepelnou zátěž budovy lze rozdělit na:

- tepelná zátěž klimatizovaného prostoru
- tepelná zátěž klimatizačního zařízení

Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru představuje citelný tok, který z klimatizovaného prostoru odvádí klimatizační systém. Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru zahrnuje vnitřní i venkovní tepelné zisky.

Do tepelné zátěže klimatizovaného prostoru se nezahrnují citelné zisky tepla, které do klimatizačního zařízení prostupují mimo klimatizovaný prostor, například teplo prostupem stěnami vzduchovodů, teplo produkované ventilátory, teplo obsažené ve venkovním vzduchu, které je přiváděno do klimatizační jednotky. Teplo, které se uvolňuje při kondenzaci vodních par na chladičích klimatizačních jednotek.

Tepelná zátěž klimatizačního zařízení představuje potřebný chladicí výkon klimatizačního zařízení, který představuje chladicí výkon dodávaný zdrojem chladu. [7]

- tepelné zisky představují tok tepla pronikající do klimatizovaného prostoru, nebo do klimatizačního zařízení
- tepelná zátěž budovy představuje tok tepla, který je odváděn klimatizačním zařízením

3.2.1 Základní vztahy pro výpočet tepelné zátěže budovy

Výpočet teploty venkovního vzduchu

$$\theta_e = \theta_{E \max} - A \cdot [1 - \sin \cdot (15\tau - 135)] \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1.6)$$

kde

A je amplituda kolísání teplot venkovního vzduchu [K]

τ je sluneční čas [h]

$\theta_{E \max}$ je maximální teplota v příslušném měsíci [°C]

Tabulka 3: Doporučované maximální teploty vzduchu v jednotlivých měsících

Měsíc	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen
$\theta_{E \max}$ [°C]	19,0	22,0	26,5	28,5	30,0	30,0	27,5	23,5

Výpočet polohy slunce

Sluneční deklinace δ je zeměpisná šířka, kde je v daný den ve dvanáct hodin v poledne slunce kolmo nad obzorem. [4]

$$\delta = -23,5 \cos(30 \cdot M) \quad (1.7)$$

kde

M je číslo měsíce [1-12]

Tabulka 4: Sluneční deklinace δ v jednotlivých měsících

Měsíc	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen
δ [°]	0,0	11,8	20,4	23,5	20,4	11,8	0,0	-11,8

Výška slunce nad obzorem „h“

Výška slunce nad obzorem h se pro 50 ° severní šířky, který vyhovuje celé ČR určuje podle vztahu:

$$\sin h = 0,766 \sin \delta - 0,643 \cdot \cos \delta \cdot \cos[15 \cdot \tau] \quad (1.8)$$

kde

τ je sluneční čas [h]

Sluneční azimut „ α “

Určuje se od směru sever po směru otáčení hodinových ručiček

$$\sin \alpha = \frac{\sin[15 \cdot \tau] \cdot \cos \delta}{\cos h} \quad (1.9)$$

Úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků „ θ “

$$\cos \theta = \sin h \cdot \cos \alpha + \cos h \cdot \sin \alpha \cdot \cos[a - y] \quad (1.10)$$

Pro svislou stěnu platí

$$\cos \theta = \cos h \cdot \cos[a - y] \quad (1.11)$$

Pro vodorovnou stěnu platí

$$\cos \theta = \sin h \quad (1.12)$$

kde

α je úhel stěny s vodorovnou rovinou, vzatý na straně odvrácené od slunce [°]

y je azimutový úhel normály stěny, který je vzatý od směru sever po směru otáčení hodinových ručiček [°]

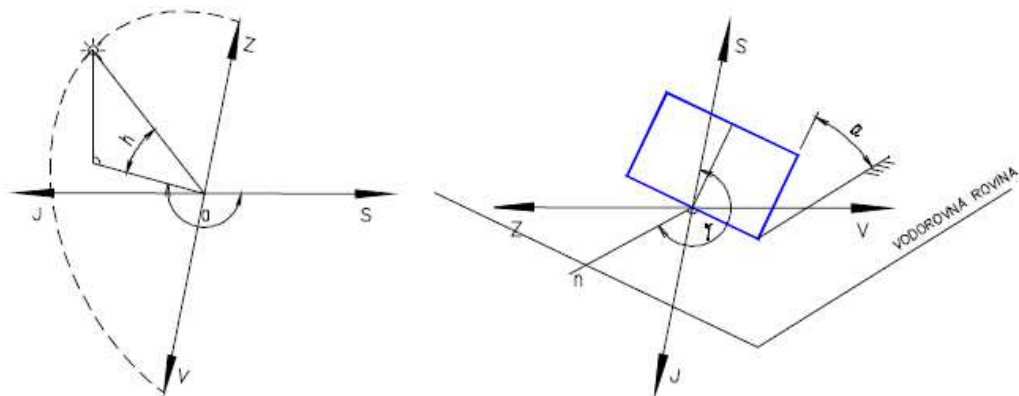
Tabulka 5: Hodnoty azimutu stěny y pro jednotlivé světové strany

Světová strana	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ
y [°]	0	45	90	135	180	225	270	315

Intenzita sluneční radiace

Intenzitu sluneční radiace určuje poloha slunce k danému místu na zeměkouli. Sluneční radiace může být dvojího druhu:

- přímá sluneční radiace – je způsobena přímým zářením slunce
- nepřímá [difúzní] sluneční radiace – vzniká rozptylem a odrazem přímé sluneční radiace od prachových částic ve vzduchu, od větších molekul a od osluněných povrchů



Obrázek 15: Pohyb slunce po obloze a orientace stěny [4]

Sluneční konstanta „ I_0 “

Intenzita sluneční radiace na hranici zemské atmosféry, průměrná hodnota sluneční konstanty činí 1350 W/m^2

Intenzita přímé sluneční radiace

Pro 300 m. n. m., který je průměr měst v ČR je

$$I_D = I_0 \exp[-0,97z(\sin h)^{-0,8}] \text{ [W /m}^2\text{]} \quad (1.13)$$

kde

I_0 je sluneční konstanta $1350 \text{ [W/m}^2\text{]}$

z je součinitel znečištění atmosféry [-]

Součinitel znečištění atmosféry „ z “

Součinitel znečištění atmosféry udává, kolikrát by musela být čistá atmosféra hmotnější, aby měla stejnou propustnost pro sluneční radiaci, jako atmosféra znečištěná. [4]

$$z = \frac{\ln\left[\frac{I_D}{I_0}\right]}{\ln\left[\frac{I_{\check{c}}}{I_0}\right]} \quad (1.14)$$

kde

$I_{\check{c}}$ je intenzita sluneční radiace při průchodu čistou atmosférou $[\text{W/m}^2\text{K}]$

Tabulka 6: Doporučované hodnoty znečištění atmosféry pro jednotlivé měsíce v roce [4]

Měsíc	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen
z [-]	3,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	4,0	3,0

Intenzita difúzní sluneční radiace

$$I_d = \left[1350 - I_D - (1080 - 1,4I_D) \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right] \frac{\sinh}{3} [W/m^2] \quad (1.15)$$

Intenzita celkové sluneční radiace

$$I_C = I_{DS} + I_D [W/m^2] \quad (1.16)$$

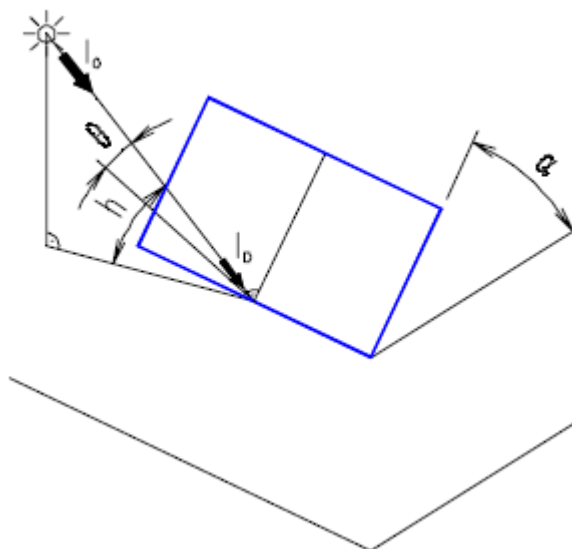
Intenzita sluneční radiace procházející standartním zasklením

$$I_O = I_{DS}T_D + I_dT_d [W/m^2] \quad (1.17)$$

kde

T_D je celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace etalonem, tj. standartní čiré sklo [-]

T_d je celková propustnost difúzní sluneční radiace etalonem [-]



Obrázek 16: Sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu [4]

Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace T_D závisí na úhlu dopadu slunečních paprsků θ a určí se ze vztahu: [4]

$$T_D = 0,87 - 1,47 \left(\frac{\theta}{100} \right)^5 \quad (1.18)$$

Celková propustnost difúzní sluneční radiace T_d je na úhlu dopadu na slunečních paprsků nezávislá a je konstantní.

$$T_d = 0,85$$

3.2.2 Výpočet tepelných zisků z venkovního prostředí

Tepelné zisky okny

Prostup tepla oknem

$$Q_{ok} = U_o S_o (\theta_E - \theta_i) \text{ [W]} \quad (1.19)$$

kde

U_o je součinitel prostupu tepla oknem [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

S_o je plocha okna včetně rámu [m^2]

$[\theta_E - \theta_i]$ je rozdíl teplot vzduchu mezi venkovním a vnitřním prostředím [K]

Prostup tepla oknem radiací

$$Q_{or} = [S_{os} I_o c_o + (S_o - S_{os}) I_{od}] s \text{ [W]} \quad (1.20)$$

kde

S_{os} je osluněný povrch okna [m^2]

I_o je celková intenzita sluneční radiace procházející standartním jednoduchým zasklením [W/m^2]

I_{od} je intenzita difusní sluneční radiace procházející standartním jednoduchým zasklením [W/m^2]

s je stínící součinitel [-]

c_o je korekce na čistou atmosféru kde pro venkovskou oblast se volí 1,15 a pro průmyslovou 0,85 [-]

Stínící součinitel „s“

Stínící součinitel je bezrozměrná veličina, která je určena poměrem tepelného toku sledovanou průhlednou nebo průsvitnou plochou a tepelného toku standardním oknem za stejných podmínek sluneční radiace.

$$S = s_1 s_2 \dots s_n$$

Zasklení	S	Stínění	S
Jednoduché sklo	1,00	Vnitřní žaluzie, lamely 45°, světlé	0,56
Dvojitě sklo	0,90	Závěsy: bavlna, umělá vlákna	0,80
Jednoduché netermální sklo	0,70	Vnější žaluzie, lamely 45°, světlé	0,15

Tabulka 7: Příklady stínících součinitelů pro různá provedení oken a různé druhy stínění

Osluněný povrch okna

Povrch okna nemusí mít celou plochu okna v danou chvíli osluněnou vlivem stavebních prvků budovy. Osluněný povrch okna je dán vztahem:

$$S_{os} = [L - (e_1 - f)] \cdot [H - (e_2 - g)] \quad [m^2] \quad (1.21)$$

kde

L je šířka zasklené části okna [m]

H je výška zasklené části okna [m]

f odstup vodorovné části okna od slunolamů [m]

g odstup svislé části od slunolamů [m]

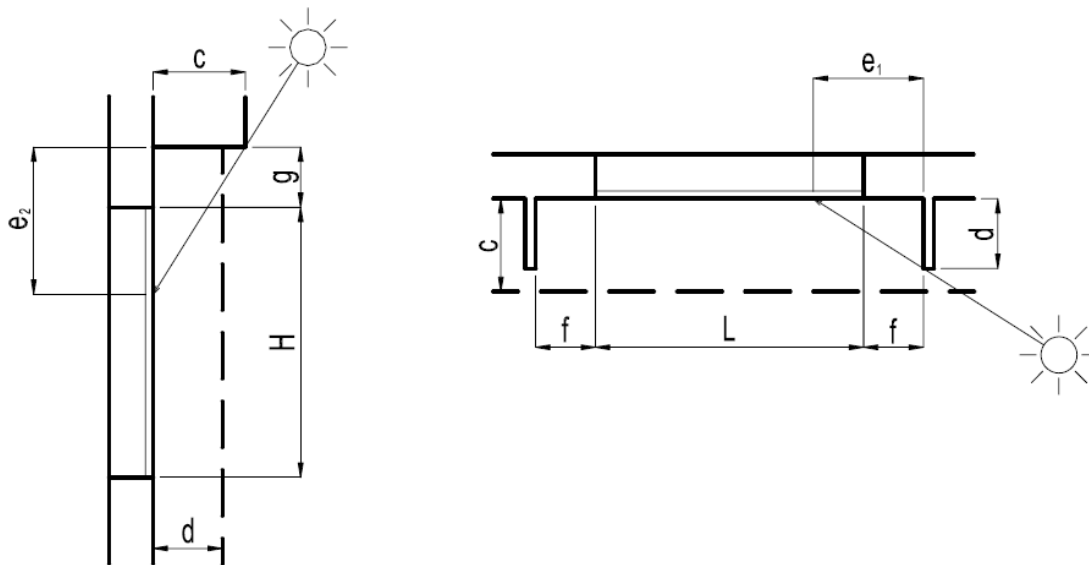
e_1, e_2 délky stínů v okenním otvoru od kraje slunolamů [m]

c hloubka okna vzhledem k horní stínící desce [m]

d hloubka okna [m]

$$e_1 = d |\tan[a - \gamma]| \quad [m] \quad (1.22)$$

$$e_2 = c \left| \frac{\tan h}{\cos[a - \gamma]} \right| \quad [m] \quad (1.23)$$



Obrázek 17: Oslunění oken [4]

Snížení tepelných zisků od oslunění, akumulace tepla do stěn

Část tepelných zisků od sluneční radiace prostupující okny, která dopadá na vnitřní povrchy stěn v místnosti a do těchto stěn se akumuluje. Množství tepla naakumulovaného do stěn snižuje tepelné zisky od oslunění a je dáno vztahem: [4]

$$\Delta Q = 0,05M \cdot \Delta\theta \quad [W] \quad (1.24)$$

kde

ΔQ je snížení maximální hodnoty tepelných zisků od osluněných oken [W]

M je hmotnost obvodových stěn [bez vnější stěny], podlahy a stropu, které přicházejí do úvahy pro akumulaci [kg]

$\Delta\theta$ je maximální přípouštěné překročení požadované teploty v klimatizovaném prostoru [K]

Pro akumulaci tepla se uvažuje hmotnost poloviční tloušťky vnitřních stěn, podlahy a stropu. Jestliže je stěna o tloušťce větší než 160 mm se pro akumulaci uvažuje nejvýše tloušťka stěny 80 mm. Když je na podlaze koberec, tak se uvažuje jen $\frac{1}{4}$ hmotnosti podlahy.

Výsledná hodnota maximálních tepelných zisků radiací je snížena o část, která se akumuluje do vnitřních stěn se porovná s průměrnými tepelnými zisky radiací v době provozu zařízení.

Tepelné zisky stěnami

U místností s prosklenými plochami má prostup tepla stěnou, z hlediska celkové tepelné zátěže malý nebo téměř zanedbatelný význam. Tento vliv se uvažuje zejména u místností s lehkou fasádou například u rozlehlých objektů [průmyslové haly] a u místností, kde strop tvoří zároveň střechu.

Stěny, které jsou vystaveny účinku slunečního záření a vykazují a osluněné straně vysoké povrchové teploty. Za těchto podmínek je tepelný tok stěnou vyjádřen vztahem:

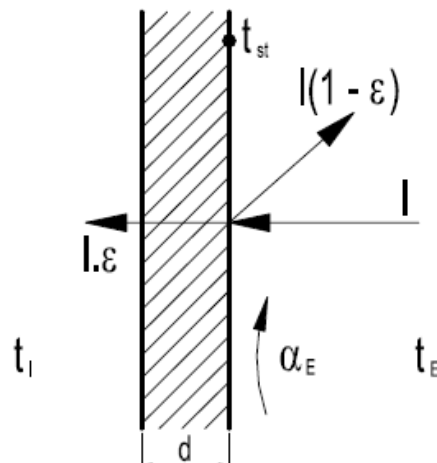
$$\alpha_E(\theta_E - \theta_{st}) + \varepsilon I = \alpha_E(\theta_r - \theta_{st}) \quad (1.25)$$

Pro zjednodušení výpočtu prostupu tepla stěnami se zavádí rovnocenná sluneční teplota vzduchu θ_r . Je to vypočtená vzduchu, při níž je přestup tepla do stěny takový, jaký je dán konvekcí a sluneční radiací dohromady. [4]

$$\theta_r = \theta_E + \frac{\varepsilon I}{\alpha_E} \quad [^\circ\text{C}] \quad (1.26)$$

kde

I	je intenzita sluneční radiace dopadající na stěnu [W/m^2]
α_E	je součinitel přestupu tepla na vnější straně stěny [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
ε	je součinitel poměrné tepelné pohltivosti pro sluneční radiaci [omítky, nátěry například světlá barva 0,5 až 0,6 a tmavá barva 0,9] [-]
θ_r	je rovnocenná sluneční teplota venkovního vzduchu [$^\circ\text{C}$]
θ_{st}	je teplota stěny [$^\circ\text{C}$]



Obrázek 18: Bilance tepelných toků na venkovní stěně [4]

Venkovní stěny lze rozdělit podle schopnosti akumulovat teplo.

Stěny lehké [$d \leq 80$ mm]

U lehkých stěn je tepelná kapacita malá, to znamená fázové posunutí teplotních kmitů je zanedbatelné. U stěny lehké je prostup tepla je možné považovat za ustálený.

$$Q_s = U_{st} S_{st} (\theta_r - \theta_l) \quad [W] \quad (1.27)$$

Stěny středně těžké [$80 \leq d \leq 450$ mm]

U středně těžkých stěn je třeba brát ohled na kolísání teplot v důsledku nestacionárního vedení tepla.

$$Q_s = U_{st} S_{st} [(\theta_{rm} - \theta_l) + m(\theta_{r\psi} - \theta_{rm})] \quad [W] \quad (1.28)$$

Stěny těžké [$d \geq 450$ mm]

Těžké stěny mají vysokou tepelnou kapacitu, to znamená, že kolísání teplot na vnitřním povrchu stěny lze zanedbat. [4]

$$Q_s = U_{st} S_{st} (\theta_{rm} - \theta_l) \quad [W] \quad (1.29)$$

kde

U_{st} je součinitel prostupu tepla stěnou [W/m^2K]

S_{st} je plocha stěny [m^2]

θ_{rm} je průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin [$^{\circ}C$]

$\theta_{r\psi}$ je rovnocenná sluneční teplota v době Ψ dřívější [$^{\circ}C$]

m je součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou [-]

Ψ je fázové posunutí teplotních kmitů [-]

$$\psi = 32d - 0,5 \quad (1.30)$$

$$m = \frac{1 + 7,6d}{2500^d} \quad (1.31)$$

kde

d je tloušťka stěny [m]

3.2.3 Výpočet tepelných zisků od vnitřních zdrojů

Tepelné zisky od vnitřních zdrojů jsou dány součtem jednotlivých zdrojů tepla. K vnitřním zdrojům tepla je nutno připočítat i teplo, kterým se vzduch ohřeje při proudění mezi chladičem a klimatizovanou místností, dále je nutno odečíst to teplo, které je potřebné na adiabatické odpaření vody z mokrých povrchů v klimatizovaných místnostech.

Do tepelných zisků od vnitřních zdrojů patří.

- Produkce tepla od svítidel
- Tepelná produkce od lidí
- Tepelná produkce od zařízení
- Tepelná produkce od strojů



Obrázek 19: Schéma složek vnitřní tepelné zátěže [11]

Produkce tepla od lidí

Do tepelné produkce tepla od lidí se zahrnuje jen citelné teplo, jehož hodnota závisí na teplotě vzduchu a činnosti člověka. Za základní odvození se považuje produkce citelného tepla muže 62 W při mírně aktivní práci a při teplotě okolního vzduchu 20 °C. Jestliže je teplota okolní vzduchu jiná a počet osob n_l se hodnota přepočítává vztahem. [11]

$$Q_l = n_l \cdot 6,2 \cdot [36 - \theta_i] [\text{W}] \quad (1.32)$$

Pro různorodé složení skupiny osob v místnosti se provádí ekvivalentní přepočet podle vztahu.

$$n_l = 0,85 \cdot n_z + 0,75 \cdot n_d + n_m [\text{W}] \quad (1.33)$$

kde

Q_l je produkce tepla od lidí [W]

n_l je počet osob [-]

n_z je počet žen [-]

n_d je počet dětí [-]

n_m je počet mužů [-]

Tepelné zisky od osvětlení

Tepelné zisky od osvětlení se počítají pro prostory bez oken například kina, divadla a u místností, které mají požadavky na vyšší intenzitu osvětlení například rýsovný a provozovny jemné mechaniky, kde nestačí přirozené osvětlení. U místností, které mají větší vzdálenost než 5 metrů od okna se předpokládá, že se jejich celý elektrický příkon změní v teplo.



Obrázek 20: Osvětlená plocha [11]

$$Q_{SV} = q_{sv} \cdot S_{OSV} \text{ [W]} \quad (1.34)$$

kde

q_{sv} je měrný tepelný tok od osvětlení [W/m^2]

S_{OSV} je osvětlená plocha [m^2]

Produkce tepla od různých druhů osvětlení závisí na pracovišti a na typu osvětlení například v kancelářích, kde má být intenzita osvětlení 500 luxů, je tepelný výkon od zářivek 25 až 35 [W/m^2] [11]

Tabulka 8: Produkce tepla od osvětlení odpovídající produkci tepla pro různé pracoviště

Pracoviště	Intenzita osvětlení	Žárovky	Zářivky
	[lx]	[W/m^2]	[W/m^2]
Skladištěm, byty, restaurace, divadla	120	20-30	7-9
Učebny, podklady	250	40-55	13-18
Kanceláře, výpočetní střediska, výzkum	500	75-105	25-35
Výstavy, obchodní domy, jemná montáž	750	115-160	38-53
Montáž elektroniky	1000		50-70
Nejnáročnější jemná montáž	1500		75-105
Hodinářství	2000		100-140
Televizní studia	nad 2000		nad 140

Tepelné zisky od technologie

Produkce tepla od elektromotoru se stanoví pro šítkový výkon elektromotoru a jeho účinnost dle vztahu: [4]

$$Q_m = c_1 \cdot \sum \left(c_2 \cdot c_3 \cdot \frac{N}{\eta_m} \right) \text{ [W]} \quad (1.35)$$

kde

N je štítkový výkon elektromotoru [kW]

c_1 je součinitel současnosti chodu všech elektromotorů [-]

c_2 je zbytkový součinitel při odsávání [bez odsávání je $c_2=1$] [-]

c_3 je průměrné zatížení strojů [-]

η_m je účinnost elektromotoru [%]

Produkce tepla od elektronických zařízení [např. počítače a tiskárny] o příkonu 100 W, jestliže mají menší příkon jak 100 W tak je můžeme zanedbat. [4]

$$Q_e = c_1 \cdot c_3 \sum P \text{ [W]} \quad (1.36)$$

kde

P je příkon [W]

3.3 Tepelné ztráty

Základním podkladem pro návrh větracích a klimatizačních zařízení jsou výpočty tepelných ztrát pro teplovzdušné vytápění v zimě. Dimenzování dodávky tepla podle normy ČSN EN12831 je potřeba provést podle výpočtu celkového návrhového tepelného výkonu pro funkční část budovy nebo celou budovu. [5]

Klimatické údaje

Pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831 se využívají následující klimatické údaje:

- výpočtová venkovní teplota θ_e pro výpočet návrhových tepelných ztrát vnějšího prostředí
- průměrná roční venkovní teplota θ_{m-e} pro výpočet tepelné ztráty do zeminy.

Vnitřní výpočtová teplota

Vnitřní výpočtová teplota, která se používá při výpočtu projektované tepelné ztráty, je vnitřní výpočtová teplota θ_{int} . Předpokládá se, že teplota vzduchu a operativní teplota je stejná.

Údaje o budově

Vstupní údaje pro výpočet tepelné ztráty po jednotlivých místnostech jsou [5]:

V_i	je vnitřní objem každé místnosti – vytápěného nebo nevytápěného prostoru [m ³]
A_k	je plocha každé stavební konstrukce [m ²]
U_k	je součinitel prostupu tepla každé stavební konstrukce [W/(m ² ·K)]
Ψ_l	je lineární ztrátový součinitel každého tepelného mostu [W/(m·K)]
l_l	je délka každého lineárního tepelného mostu [m]

3.3.1 Celková projektovaná tepelná ztráta vytápěného prostoru

Celková projektovaná tepelná ztráta vytápěného prostoru se skládá z tepelné ztráty prostupem tepla vytápěného prostoru a tepelnou ztrátou větráním větraného prostoru. [5]

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \text{ [W]} \quad (1.37)$$

kde

Φ_i	je celková projektovaná tepelná ztráta vytápěného prostoru [W]
$\Phi_{T,i}$	je projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W]
$\Phi_{V,i}$	je projektovaná tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

3.3.1.1 Projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru

Projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru je vypočítaná podle vztahu: [5]

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} + \theta_e) \text{ [W]} \quad (1.38)$$

kde

$H_{T,ie}$	je měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru do exteriéru obvodovým pláštěm [W/K]
$H_{T,iue}$	je měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru do exteriéru nevytápěným prostorem [W/K]
$H_{T,ig}$	je měrná tepelná ztráta prostupem zeminou z vytápěného prostoru do zeminy za ustáleného stavu [W/K]

$H_{T, ij}$	je měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru do sousedícího vytápěného prostoru, který je vytápěn na výrazně jinou teplotu [W/K]
$\theta_{int, i}$	je vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru [°C]
θ_e	je venkovní výpočtová teplota [°C]

Tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru do exteriéru obvodovým pláštěm

Měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru do exteriéru obvodovým pláštěm se používá se vypočítává u všech staveních konstrukcí a lineárních tepelných mostů, které oddělují vytápěný prostor od vnějšího prostředí, kterými jsou stěny, podlaha, strop, dveře nebo okna. [5]

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \Psi_l \cdot I_l \cdot e_l \text{ [W/K]} \quad (1.39)$$

kde

A_k	je plocha stavební konstrukce [m ²]
e_k, e_l	je korekční faktor pro expozici [-]
U_k	je součinitel prostupu tepla každé stavební konstrukce [W/(m ² ·K)]
I_l	je délka lineárního tepelného mostu mezi interiérem a exteriérem[m]
Ψ_l	je lineární ztrátový součinitel tepelného mostu [W/(m·K)]

Nachází-li se mezi vytápěným prostorem a exteriérem prostor, který je nevytápěný tak se vypočítá měrná tepelná ztráta dle vztahu:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot b_u + \sum_l \Psi_l \cdot I_l \cdot b_u \text{ [W/K]} \quad (1.40)$$

kde

b_u	je teplotní redukční faktor, který je roven rozdílu mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní výpočtovou teplotou [-]
-------	--

Měrná tepelná ztráta prostupem zeminou z vytápěného prostoru do zeminy

Výpočet tepelných ztrát podlahou a stěnami suterénu, které jsou přímo nebo nepřímo v kontaktu se zeminou závisí na ploše a obvodu podlahy, hloubce suterénního podloží pod úrovní terénu a tepelně-technických vlastnostech zeminy. [5]

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \text{ [W/K]} \quad (1.41)$$

kde

- f_{g1} je korekční faktor, který zahrnuje vliv ročního kolísání venkovní teploty [-]
- f_{g2} je teplotní redukční faktor, který zahrnuje rozdíl mezi průměrnou roční venkovní teplotou a venkovní výpočtovou hodnotou [-]
- A_k je plocha stavební konstrukce v kontaktu se zeminou [m^2]
- $U_{equiv, k}$ je ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební konstrukce [$W/(m^2 \cdot K)$]
- G_w je korekční činitel, který zahrnuje vliv podzemní vody, pokud je vzdálenost mezi předpokládanou hladinou podzemní vody a úrovní podlahy suterénu menší jak 1 metr, tento korekční činitel musí být zohledněn [-]

Měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru do sousedícího vytápěného prostoru, který je vytápěn na výrazně jinou teplotu

Těmito prostory bývají vedlejší místnosti ve stejné části budovy například koupelny a místnosti, patřící do sousedící části budovy nebo místnosti, patřící do sousední budovy, která může být nevytápěná.

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k \text{ [W/K]} \quad (1.42)$$

kde

- f_{ij} je teplotní redukční faktor, který zohledňuje rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtovou teplotou [-]
- A_k je plocha stavební konstrukce [m^2]
- U_k je součinitel prostupu tepla každé stavební konstrukce [$W/(m^2 \cdot K)$]

3.3.2 Projektová tepelná ztráta větráním

Projektová tepelná ztráta větráním pro vytápěný prostor vypočítá ze vztahu:

$$H_{T,ij} = \Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} + \theta_e) [W] \quad (1.43)$$

kde

$H_{V,i}$ je měrná tepelná ztráta větráním [W/K]

$\theta_{int,i}$ je vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru [°C]

θ_e je venkovní výpočtová teplota [°C]

Měrná tepelná ztráta větráním

Měrná tepelná ztráta větráním se vypočítá ze vztahu:

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p [W/K] \quad (1.44)$$

kde

\dot{V}_i je objemový tok přiváděného vzduchu do prostoru [m³/s]

ρ je hustota vzduchu [kg/m³]

c_p je měrná tepelná kapacita vzduchu [kJ/(kg·K)]

Tepelná ztráta větrání při nuceném větrání

Jestliže se v budově využívá systém nuceného větrání, uvažujeme že přiváděný vzduch nemusí mít teplotu vnějšího vzduchu. [5]

- je-li používán systém zpětného získávání tepla,
- pokud se vnější vzduch upravuje ve vzduchotechnickém zařízení,
- jestliže přiváděný vzduch přichází ze sousedních prostorů.

$$\dot{V}_i = \dot{V}_{inf,i} + \dot{V}_{SU,i} \cdot f_{V,i} + V_{mech,inf,i} [m^3/h] \quad (1.45)$$

kde

$\dot{V}_{inf,i}$ je objemový tok vzduchu infiltrací vytápěného prostoru [m³/h]

$\dot{V}_{SU,i}$ je objemový tok přiváděného vzduchu vytápěného prostoru [m³/h]

$\dot{V}_{mech,inf,i}$ je objemový tok vzduchu v důsledku činnosti systému větrání [m³/h]

$f_{V,i}$ je teplotní redukční činitel [-]

$$f_{V,i} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{SU,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (1.46)$$

$\theta_{SU,i}$ je teplota přiváděného vzduchu do vytápěného prostoru vzduchotechnickou jednotkou [°C]

Hygienický minimální objemový tok vzduchu

Z hygienických důvodů je požadován minimální objemový tok vzduchu vytápěného prostoru.

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \text{ [m}^3\text{/h]} \quad (1.47)$$

kde

n_{min} je minimální intenzita výměny vnějšího vzduchu [1/h]

V_i je objem vytápěného prostoru [m³]

Infiltrace obvodovým pláštěm budovy

Objemový tok vzduchu infiltrací vytápěného prostoru, který vzniká v důsledku působení větru a vzlaku v obvodových konstrukcích budovy.

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \text{ [m}^3\text{/h]} \quad (1.48)$$

kde

n_{50} je intenzita výměny vzduchu, která vzniká při rozdílu 50 Pa mezi interiérem a exteriérem budovy včetně vlivu otvorů [1/h]

e_i je součinitel ochrany budovy proti větru [-]

ε_i je výškový korekční faktor, který zahrnuje růst rychlosti větru s vertikální vzdáleností daného prostoru od úrovně terénu [-]

Objemové toky vzduchu v důsledku činnosti systému větrání

Jestliže přichází přiváděný vzduch ze sousedící místnosti má teplotní charakteristiku vzduchu v této místnosti. Vstupuj-li přiváděný vzduch do místnosti se vzduchotechnickým systémem je obvykle předeřhřátý.

Objemový tok odváděného vzduchu

Ve vzduchotechnických systémech, kde je objemový tok odváděného vzduchu větší, než objemový tok přiváděného vzduchu se odváděný vzduch nahrazuje vnějším vzduchem, který proudí do budovy obvodovými konstrukcemi.

$$\dot{V}_{mech,inf,i} = \max(\dot{V}_{ex} - \dot{V}_{SU}, 0) \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (1.49)$$

kde

\dot{V}_{ex} je množství odváděného vzduchu soustavou pro celou budovu [m³/h]

\dot{V}_{SU} je množství přiváděného vzduchu soustavou pro celou budovu [m³/h]

V budovách pro bydlení je množství přiváděného vzduchu pro celou budovu rovno 0

Prostory s přerušovaným vytápěním

Prostory s přerušovaným vytápěním vyžadují tepelný příkon pro zátap, aby bylo možné dosáhnout požadované vnitřní výpočtové teploty po teplotní útlumu.

Pro nebytové prostory:

- pokud je teplota snížena na kratší dobu než 48 hodin (víkendový teplotní útlum)
- pokud je obsazenost budovy během pracovní dne trvá déle než 8 hodin denně
- pokud vnitřní výpočtová teplota je od 20 do 22 °C

Tepelný příkon pro zátap se vypočítá dle vztahu:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{rh} \text{ [W]} \quad (1.50)$$

kde

A_i je plocha podlahy vytápěného prostoru [m²]

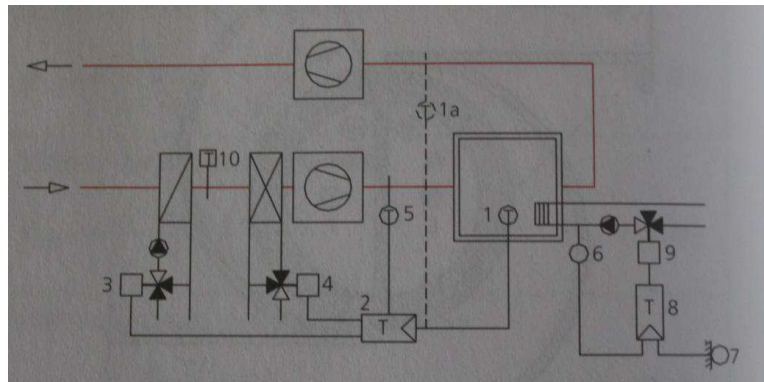
f_{rh} je korekční faktor, který je závislý na době zátapu a daném snížení teploty během teplotního útlumu [W/m²]

4 REGULACE VĚTRACÍCH A KLIMATIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ

Větrací a klimatizační zařízení, které dodávají upravený vzduch do prostorů a odvádějí znečištěný vzduch z prostoru, jsou energeticky náročnější než topná zařízení. Protože větrací a klimatizační zařízení pracují většinu času v pásnu dílčí zátěže, je nezbytné použít vhodné regulační přístroje pro stálou kontrolu a přizpůsobit přívod energie změněným vnitřním a vnějším podmínkám. Udržování teploty a vlhkosti v prostoru na žádaných hodnotách nelze udržet bez automatického řízení úpravy vzduchu. Nejčastěji regulovanými veličinami jsou rozdíl tlaků, teplota, vlhkost a požadovaný tlakový rozdíl.

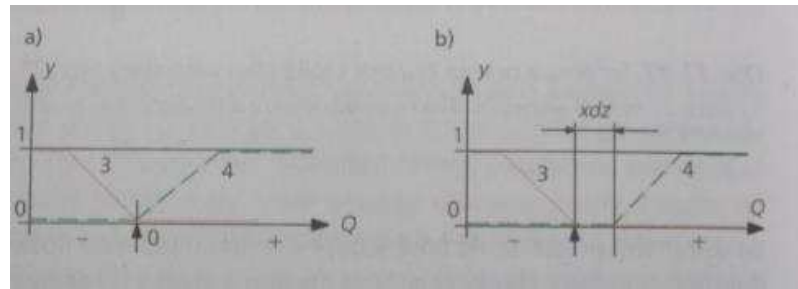
Regulace teploty

Spotřeba energie ve větracích a klimatizačních zařízeních je přímo závislá na průtoku upraveného vzduchu. Proto je optimální udržovat objemový průtok vzduchu co nejnižší, při zachování hygienických požadavků. U větracích a klimatizačních zařízení, které plně kryjí přiváděným vzduchem potřebu tepla, je nutné z důvodu vykompenzování vlivu chladnějších sálavých ploch zvýšit teplotu prostorovou teplotu, z tohoto důsledku vznikají větší tepelné ztráty.



Obrázek 21: Regulace prostorové teploty [8]

Sestava regulace prostorové teploty větracího a klimatizačního zařízení se základním vytápěním dle obrázku. Kde regulační ventil ohřivače a chladiče pracuje v konstantní sekvenci. Tak se zabrání současnému ohřevu a chlazení. Vhodné zapojení n úsporu energie se doporučuje mrtvé pásmo alespoň 2 K mezi ohřevem a chlazením, protože potom regulátor při chlazení reguluje na žádanou hodnotu vyšší o mrtvé pásmo v porovnání s ohřevem.

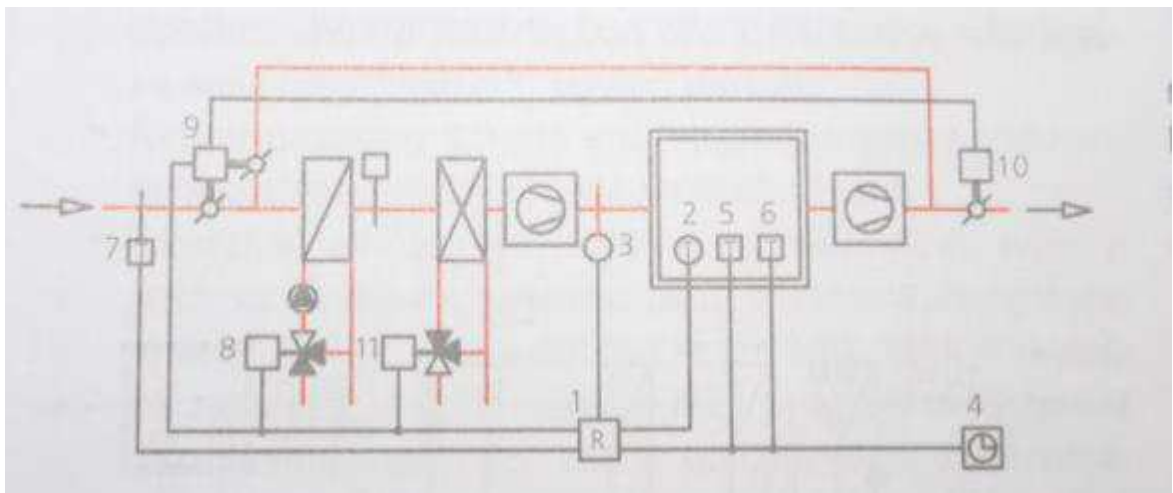


Obrázek 22: Sekvenční působení ventilu ohřívače-chladiče [8]

- a) bez mrtvého pásma
- b) s mrtvým pásmem

Využití nočního chladu

Ve střední Evropě, kde venkovní teplota klesá během noci pod 20° C. Tohoto nočního chladu lze využít k úspoře chladicí energie, je možné zvýšit přívod venkovního vzduchu a tím šetřit chladicí energií.



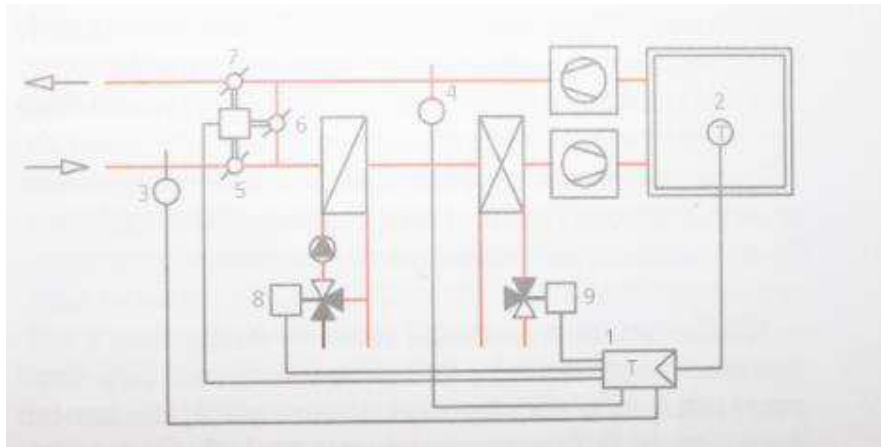
Obrázek 23: Využití nočního chladu [8]

Řídicí kontakt spínacích hodin zapíná v noci ventilátory a otevírá klapku vnějšího a odpadního vzduchu, když prostorová teplota stoupne nad požadovanou hodnotu nastavenou na termostatu. Ventilátory zůstanou v chodu, dokud prostorová teplota neklesne pod žádanou hodnotu na druhého termostatu.

Zařízení s mícháním vzduchu

Představitelné mísící klapky vzduchu (klapky vnějšího, odpadního a oběhového vzduchu) je možno použít v zařízeních, kde je množství obíhajícího vzduchu větší než minimální množství vnějšího vzduchu. Cílem je dosáhnout energeticky úsporného provozu.

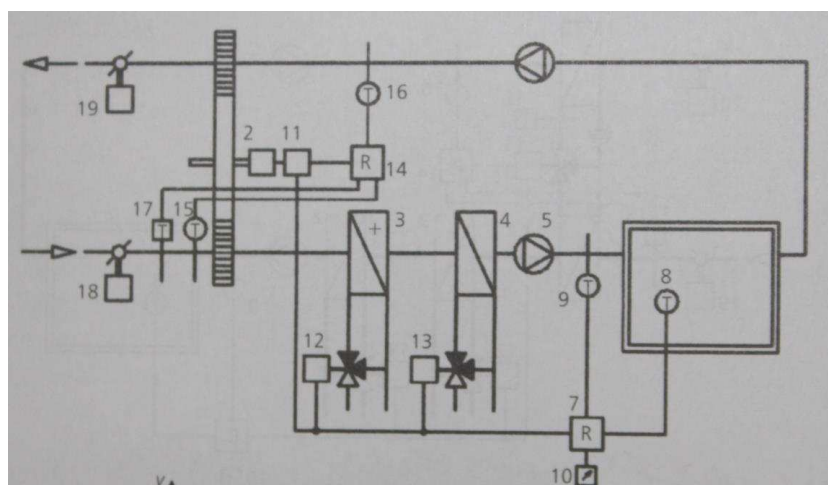
Vzájemně propojením zavíráním klapek vnějšího a odpadního vzduchu při současném otvírání klapky oběhového vzduchu se do studeného vnějšího vzduchu je přimícháváno více teplého vzduchu odváděného z prostoru.



Obrázek 24: Sekvenční působení ventilu chladiče a ohříváče [8]

Regulace rotačního výměníku zpětného získávání tepla

V regulačních rotačních výměnících tepla v klimatizační technice, se používá hygroskopická akumulární látka, která rotuje mezi potrubím vnějšího vzduchu a potrubím odpadního vzduchu. Při tomto procesu dochází k výměně tepla a vlhkosti. Stupeň výměny se dá ovlivňovat otáčkami rotoru a umožňuje přizpůsobovat výkon regulací. K řízení otáček se instalují tyristorové regulátory otáček, které je možné přenastavit proudovým signálem 4 až 20 mA, kde jako regulovaná veličina je teplota vzduchu v potrubí za rotačním výměníkem, teplota přiváděného vzduchu a prostorová teplota.



Obrázek 25: Regulace rotačního výměníku zpětného získávání tepla [6]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 POPIS OBJEKTU

Vzduchotechnické zařízení je navrhováno do objektu firmy SFINX Holešov, který je specializovaným závodem společnosti Nestlé Česko s.r.o., který se zaměřuje na výrobu nečokoládových cukrovinek, především pod značkami JOJO a BON PARI. V diplomové práci je řešena místnost č. 102 COOLING 1.



Obrázek 26: Letecký pohled na objekt

Tabulka 9: Okrajové podmínky v lokalitě Holešov

Lokalita	Holešov
Nadmořská výška	232 m n. m.
Zimní venkovní výpočtová teplota	-12 [°C]
Letní venkovní výpočtová teplota	32 [°C]

5.1 Popis výrobního procesu

Pro výrobu nečokoládových cukrovinek se používá želatina. Želatina je kolagen z částečně hydrolyzovaných kůží, pojiv, vazovic a kostí zvířat. K výrobě želé se používají pouze hovězí a vepřové kůže a kosti. Do varných kádí z nerezové oceli se vloží buď vepřové nebo hovězí kůže a procesem horkovodní extrakce se získají želatinové várky s různými koncentracemi a odběrnou kvalitou. Přeměna získané suspenze na rosol probíhá v tepelném výměníku, kde dochází nejprve ke zmrazení a pak k následné sterilizaci při velké teplotě, což zajišťuje absolutní zdravotní nezávadnost a mikrobiologickou čistotu želatiny. Vzniklé želé putuje do licího zařízení, kde se nalévá do dřevěných kárátek (speciální dřevěné formy pro výrobu želé). Do dřevěných kárátek se proseje škrobový pudr a následně se povrch pudru vyhladí.

Do hladkého povrchu se vtisknou sádrovými tvořítky otisky výrobků. Nalité želé putuje do prostorů určených k chladnutí, kde nastává vlastní proces želírování. Proces želírování trvá 24 hodin.



Obrázek 27: Želé v kárátku

Tabulka 10: Vlastnosti želé

Měrná tepelná kapacita	1,9 [kJ/(kgK)]
Vstupní teplota	90 [°C]
Výstupní teplota	22 [°C]

5.2 Popis místnosti COOLING 1

Místnost COOLING 1 je používána ke skladování želé v kárátkách (formách). V tomto prostoru probíhá postupně chladnutí nalitého želé. Proces chladnutí trvá 24 hodin, následně je želé odvezeno na balicí linky.

Tabulka 11: Požadavky na vnitřní prostředí

Vnitřní teplota θ_i	22 [°C]
Relativní vlhkost vzduchu φ	<30 [%]

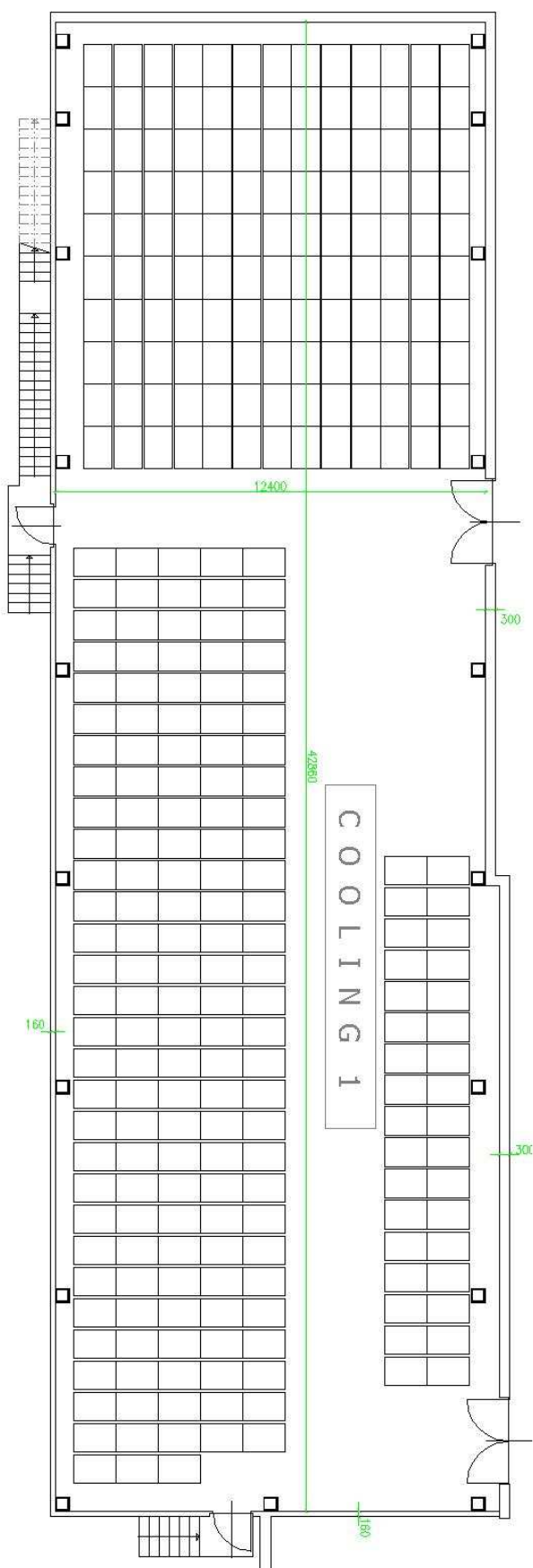
Rozměry místnosti:

Tabulka 12: Rozměry místnosti

Umístění místnosti	1. nadzemní patro
Šířka	12,4 [m]
Délka	42,86 [m]
Výška	5,58 [m]
Plocha	531,46 [m ²]
Obvod	110,52 [m]
Objem	2965,57 [m ³]
Kapacita místnosti	312 [stohů]

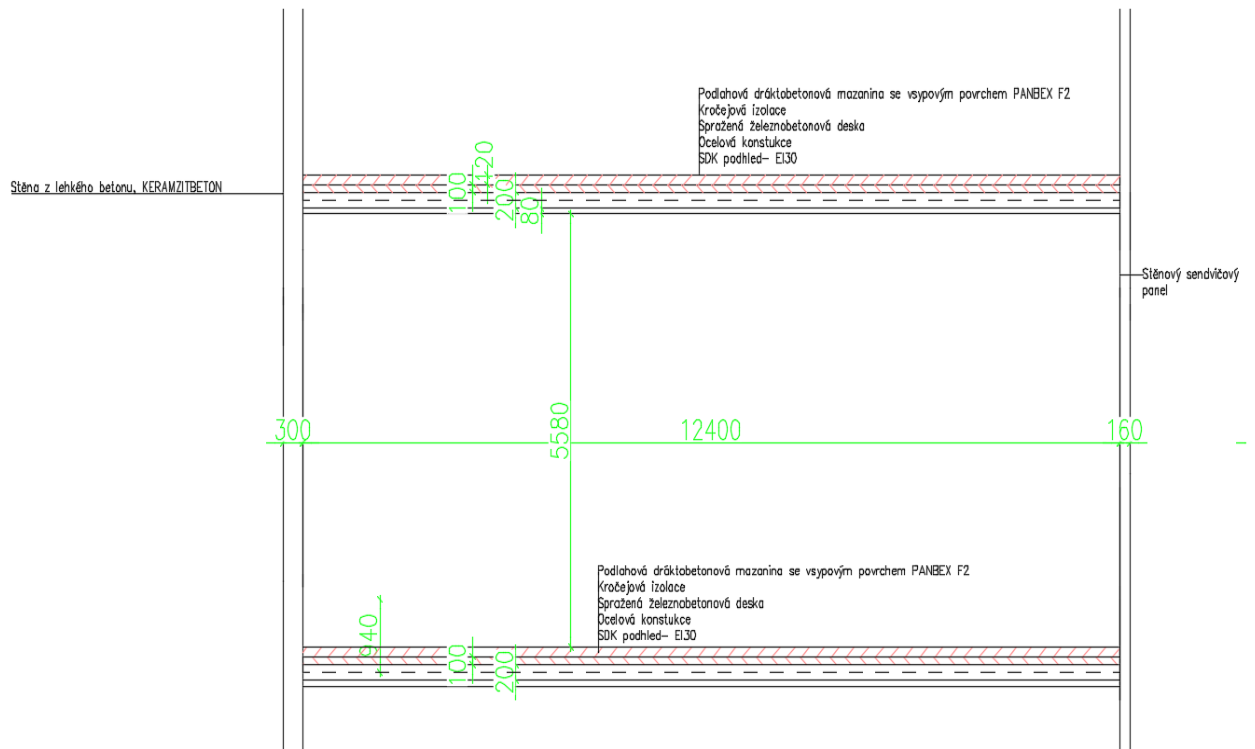


Obrázek 28: Místnost COOLING 1



Obrázek 29: Půdorys místnosti COOLING1

5.2.1 Skladba stěn



Obrázek 30: Řez místností

Vnější stěna

Vnější stěna je postavena ze stěnových sendvičových panelů s izolačním jádrem z minerální vlny.



Obrázek 31: Stěnový sendvičový panel

Vlastnosti stěny:

Tabulka 13: Skladba venkovní stěny

Tloušťka stěny	0,16 [m]
----------------	----------

Hmotnost stěny	28,91 [Kg/m ²]
Součinitel prostupu tepla U	0,279 [W/ m ² K]

Vnitřní stěna

Vnitřní stěna je postavena z panelů z lehkého keramického betonu, který se vyrábí ze speciálních cypřišových jílu.



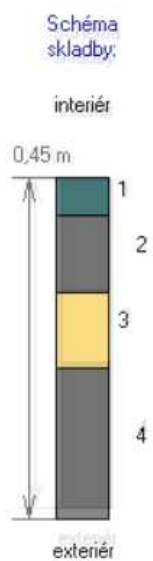
Obrázek 32: Panel z betonu na vnitřní straně

Vlastnosti stěny:

Tabulka 14: Vlastnosti vnitřní stěny

Tloušťka stěny	0,30 [m]
Objemová hmotnost stěny	700 [Kg/m ³]
Součinitel prostupu tepla U	0,751 [W/ m ² K]

Podlaha

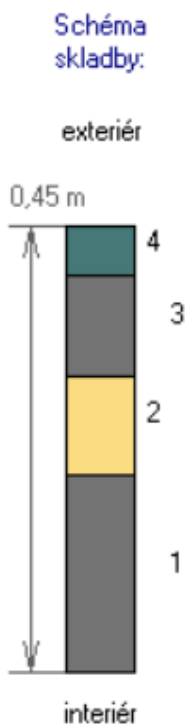


Obrázek 33: Skladba podlahy

Tabulka 15: Skladba podlahy

Vrstva	Název	Tloušťka vrstvy [m]
1	Epoxidové pryskyřice	0,05
2	samonivelační stěrková hmota	0,1
3	Isover N	0,1
4	Železobeton 2	0,2
Součinitel prostupu tepla U		0,298 [W/ m ² K]

Strop



Obrázek 34: Skladba stropu

Tabulka 16: Skladba stropu

Vrstva	Název	Tloušťka vrstvy [m]
1	Železobeton 2	0,2
2	Isover N	0,1
3	samonivelační stěrková hmota	0,1
4	Epoxidové pryskyřice	0,05
Součinitel prostupu tepla U		0,298 [W/ m ² K]

6 VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ A ZTRÁT

Výpočet tepelných zisků byl proveden podle normy ČSN 73 0548 a výpočet tepelných ztrát byl proveden pomocí ČSN EN 12831.

6.1 Výpočet tepelných zisků

Výpočet tepelných zisků od osvětlení

Výpočet tepelných zisků od osvětlení dle vztahu

$$Q_{SV} = q_{sv} \cdot S_{OSV} \text{ [W]} \quad (2.1)$$

$$Q_{SV} = 4783,176 \text{ [W]}$$

kde

q_{sv} je měrný tepelný tok od osvětlení [W/m^2]

S_{OSV} je osvětlená plocha [m^2]

Výpočet tepelných zisků od výrobků ze žele

$$Q_r = M \cdot Cp \cdot (\theta_2 - \theta_1) \text{ [W]} \quad (2.2)$$

$$Q_r = 92245 \text{ [W]}$$

kde

Q_r je tepelný zisk od výrobků [W]

M je hmotnost tok dopravovaných výrobků [kg/s]

Výpočet tepelných zisků od lidí

$$Q_l = n_l \cdot 6,2 \cdot [36 - \theta_i] \text{ [W]} \quad (2.3)$$

$$Q_l = 434 \text{ [W]}$$

kde

Q_l je produkce tepla od lidí [W]

n_l je počet osob [-]

θ_i je vnitřní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

Tepelná zátěž stěnami

Venkovní stěny mají tloušťku stěny 160 mm, výpočet tepelné zátěže byl proveden dle vztahu pro středně těžké stěny.

$$Q_l = n_l \cdot 6,2 \cdot [36 - \theta_i] [W] \quad (2.4)$$

$$Q_s = 2568 [W]$$

kde

U_{st} je součinitel prostupu tepla stěnou [W/m^2K]

S_{st} je plocha stěny [m^2]

θ_{rm} je průměrná rovnícná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin [$^{\circ}C$]

$\theta_{r\Psi}$ je rovnícná sluneční teplota v době Ψ dřívější [$^{\circ}C$]

m je součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou [-]

Ψ je fázové posunutí teplotních kmitů [-]

6.2 Výpočet tepelných ztrát

Výpočet byl proveden dle platné normy ČSN EN 12831

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} [W] \quad (2.5)$$

$$\Phi_i = 3526 [W]$$

Kde

Φ_i je celková projektovaná tepelná ztráta vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{T,i}$ je projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{V,i}$ je projektovaná tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

7 NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY

Jako vzduchotechnické zařízení pro tento prostor byl zvolen model jednozónové klimatizační jednotky. Klimatizační systém musí být navržen tak, aby pokryl tepelné zisky a produkci vlhkosti od želatinových produktů, které se skladují v tomto prostoru. Při stanovení množství přiváděného čerstvého venkovního vzduchu do klimatizačního prostoru bylo vycházeno z nařízení vlády, kde je předepsáno minimální množství čerstvého vzduchu. V prostoru je dodržován požadavek minimálního množství čerstvého větracího vzduchu, který nesmí klesnout pod 15 % celkového množství přiváděného vzduchu.

Vzduchotechnická jednotka, podle zadání investorem, bude dodávána italskou společností Sinteco, která se specializuje na dodávky vzduchotechnických jednotek pro potravinářský provoz.



Obrázek 35: Vzduchotechnika Sinteco [19]

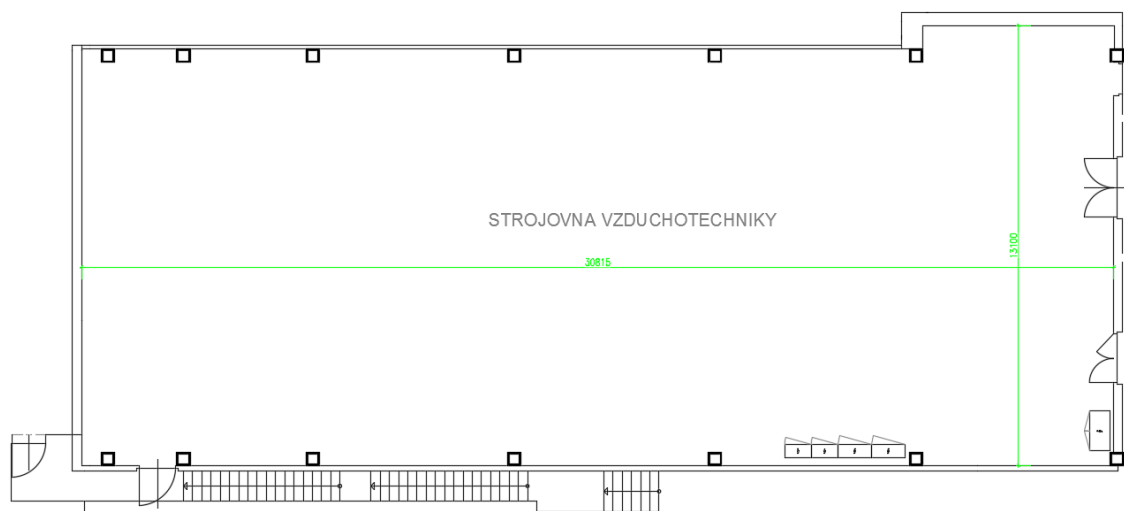
7.1 Vzduchotechnická strojovna

Vzduchotechnická jednotka bude umístěna ve vzduchotechnické strojovně, která se nachází v 2. NP haly. Ze vzduchotechnické strojovny bude rozváděn vzduch přímo do provozní místnosti COOLING 1.

Rozměry vzduchotechnické strojovny

Tabulka 17: Rozměry vzduchotechnické strojovny

Výška	4,08 [m]
Délka	30,82 [m]
Šířka	13,10 [m]



Obrázek 36: Půdorys vzduchotechnické strojovny

7.2 Parametry vzduchotechnické jednotky

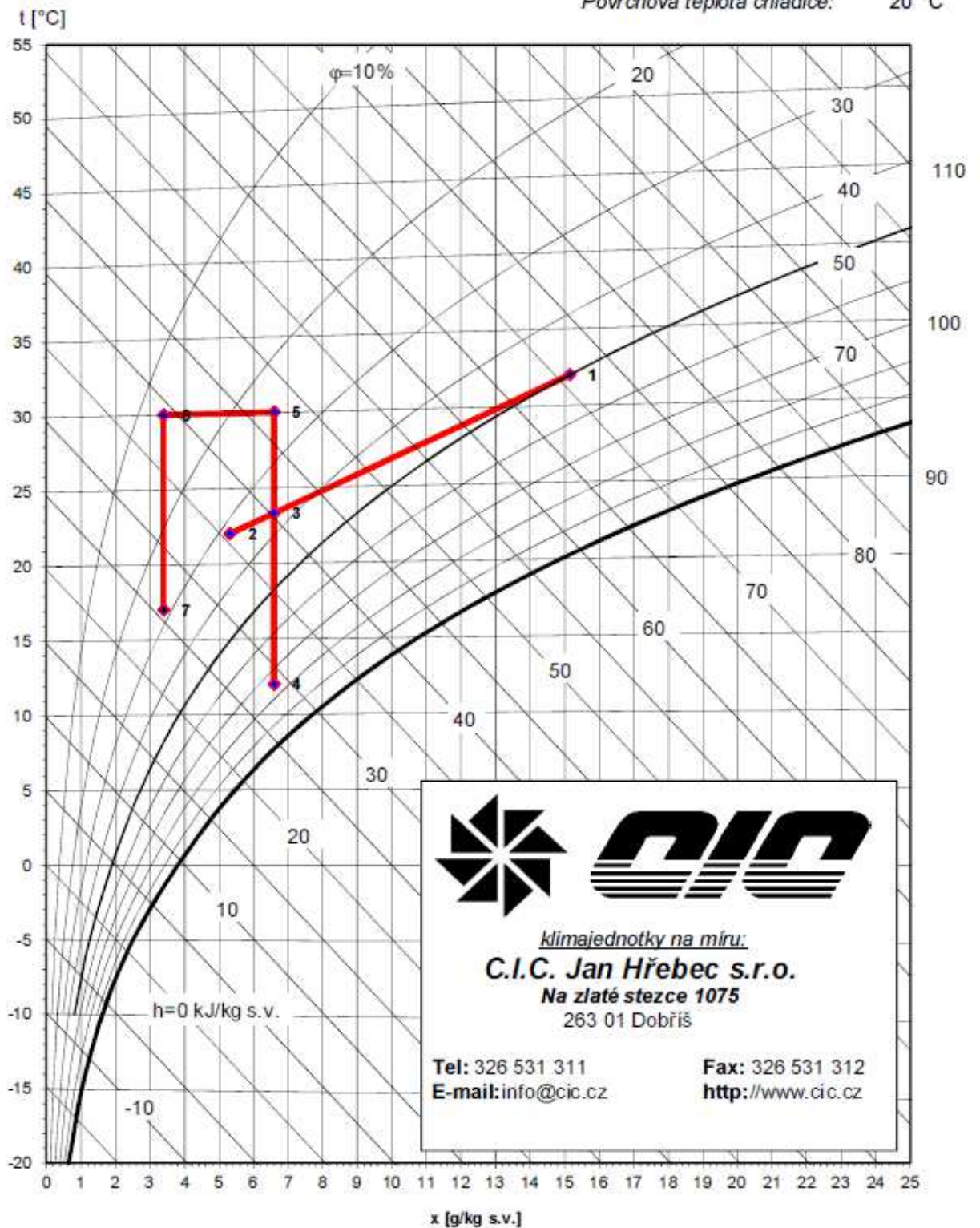
Při volbě vzduchotechnické jednotky vycházím z výpočtů z psychometrického diagramu podle Molliera.

Tabulka 18: Parametry vzduchotechnické jednotky

Celkový přiváděný vzduch	38883 [m ³ /h]
Cirkulační vzduch	33050 [m ³ /h]
Čerstvý vzduch	5832 [m ³ /h]

Psychrometrický diagram dle Molliera

Tlak vzduchu: 100 kPa
 Max. vlhkost při úpravách: 100 %
 Povrchová teplota chladiče: 20 °C



Obrázek 37: Psychrometrický diagram dle Molliera v letním období

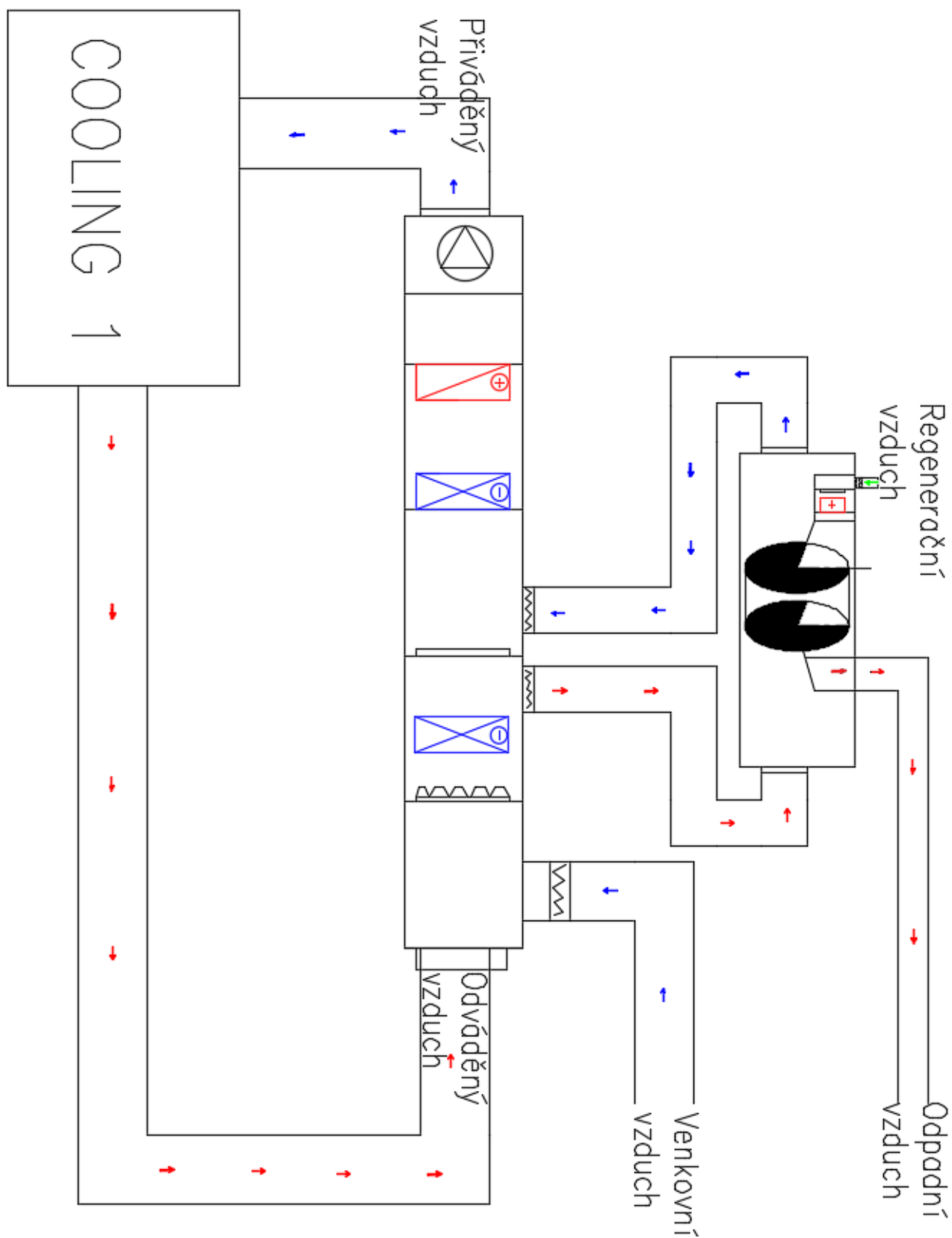
K navržení vzduchotechnické jednotky bylo potřebné zjistit technické parametry prostoru, ve kterém bude vzduchotechnická jednotka používána k chlazení, vytápění nebo větrání, tedy objem místnosti, tepelné zisky v letním období a tepelné ztráty v zimním období. Dále bylo potřebné stanovit teplotu vnitřního vzduchu, relativní vlhkost a intenzitu výměny vzduchu.

Popis navržené vzduchotechnické jednotky

Vzduchotechnická jednotka obsahuje klapky, filtry, jednotku pro zpětné získávání tepla, směšovací komoru, chladič, ohřívač, ventilátor.

Ve vzduchotechnické jednotce probíhají následující úpravy vzduchu:

Nejprve se odváděný vzduch ve směšovací komoře smísí s čerstvým přiváděným vzduchem, tento vzduch se následně předchladí na 12 °C především z toho důvodu, aby se nemusel tento vzduch k odvlhčení ohřívat na vysoké teploty. Smíšený vzduch se ohřeje dle požadavku výrobce adsorpční jednotky alespoň o 16°C, aby bylo možné vzduch odvlhčit. Nasycený vzduch je vyfukován jako odpadní vzduch. Odvlhčený teplý vzduch adsorpční jednotky je vrácen do vzduchotechnické jednotky, kde je schlazen a následně ohříván na požadovanou teplotu.



Obrázek 39: Navržená vzduchotechnická jednotka

7.2.1 Části vzduchotechnické jednotky

Vzduchotechnická jednotka je navržena jako soubor zařízení, sestavený z komor, které lze uspořádat dle požadované úpravy vzduchu a prostorových požadavků. Základní funkční prvky, které tvoří vzduchotechnickou jednotku jsou klapky, filtry, jednotka pro zpětné získávání tepla, směšovací komora, chladič, ohřívač, ventilátor.

Ve vzduchotechnické jednotce dochází k termodynamickým úpravám vzduchu zahrnující procesy směšování, ohřevu, chlazení, odvlhčování, při kterých dochází ke změnám teploty a vlhkosti vzduchu.

Ohřívač

Vlastnosti páry:

Tabulka 19: Vlastnosti páry

Tlak páry	0,63 [MPa]
Teplota páry	160 [°C]
Měrný objem	0,3156 [m ³ /kg]
Měrná hmotnost	3,1666[kg/m ³]
Měrná entalpie páry	2756,2[kJ/kg]
Měrná entalpie kapaliny	670,2 [kJ/kg]

Výkon předehřívače	212,5 [kW]
Výkon ohřívače	30,3 [kW]

Chladič

Chladicí kapalina

Tabulka 20: Chladicí kapalina

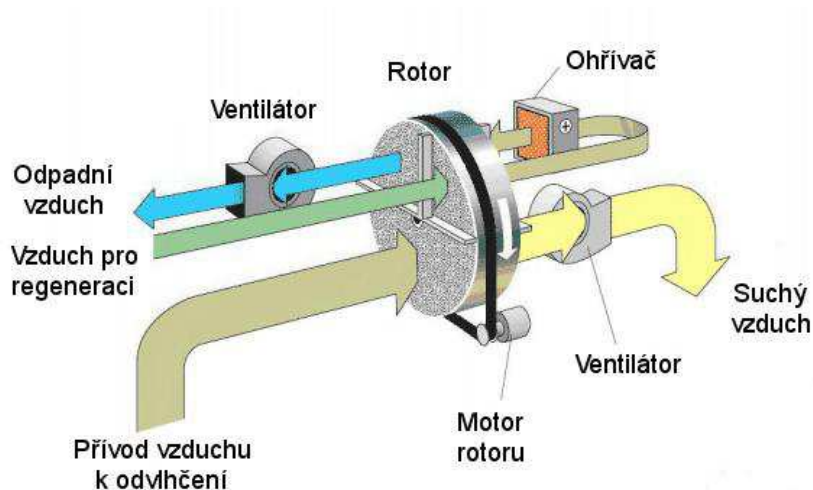
Vstup	3 [°C]
Vratka	7 [°C]

Výkon před-chladiče	221,2 [kW]
Výkon chladiče	85,4 [kW]

Adsorpční odvlhčování

Prostor bude odvlhčován pomocí adsorpčního odvlhčovacího zařízení, které je určeno pro odvlhčování vzduchu na velmi a extrémně nízké úrovni. Materiál nanesený na matici rotoru se nazývá silikagel. Tento materiál má jedinečnou schopnost odvlhčovat procházející vzduch na principu molekulového síta.

Adsorpční odvlhčovače pracují s permanentně se otáčejícím silikagel rotorem. Princip tohoto odvlhčování je, že plocha rotoru je rozdělena na dvě části (poměr 3:1). Na první, větší z nich, probíhá odvlhčování. Vlhkost procházejícího vzduchu ulpívá ve vnitřní struktuře silikagelu. Rotor se trvale otáčí a sytí vlhkostí, dokud nedosáhne polohy v menším tzv. regeneračním sektoru. Zde dochází k vyvazování zadržené vlhkosti pomocí proudu jiného horkého regeneračního vzduchu. Velmi vlhký regenerační vzduch je pak jako odpadní vyfukován nejčastěji mimo objekt.



Obrázek 40: Adsorbční odvlhčování [23]

Tabulka 21: Parametry adsorpční jednotky

Výkon ohřívače	136 [kW]
Odpařené vlhkosti	45 [kg/h]
Regenerační vzduch	5832 [m ³ /h]

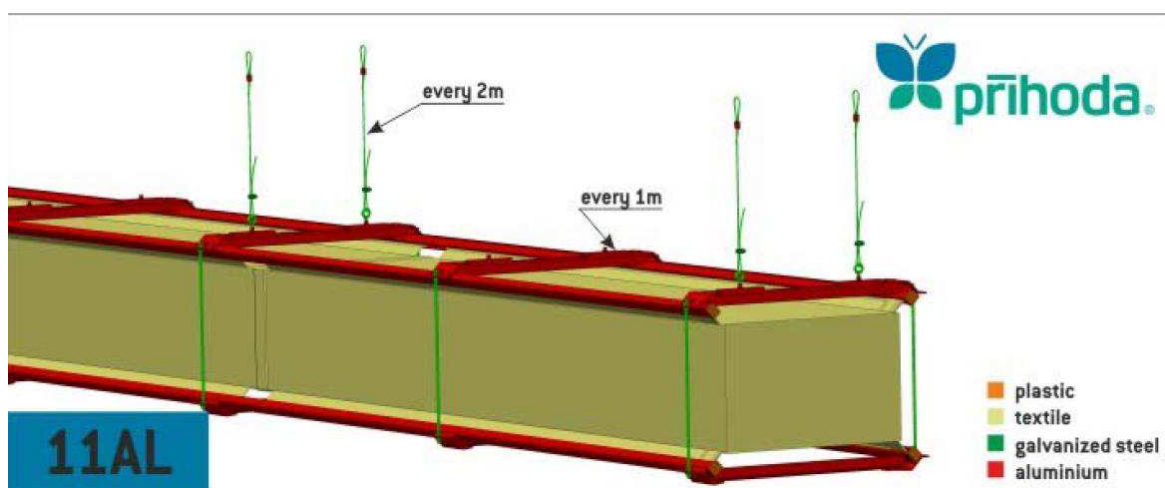
Adsorpční jednotka byla navržena od firmy Sinteco, která pracuje s parním ohřívačem.

8 ROZVOD VZDUCHU

Vzduch je do místnosti rozváděn pomocí tkaninového potrubí a vyústků od firmy PRIHODA s.r.o.

8.1 Odsávací potrubí

Odsávací potrubí je vyrobeno ve čtyřhranném průřezu. U čtyřhranného potrubí je hlavní podmínkou správného fungování odsávání dokonalé vypnutí tkaniny v podélném i příčném směru. Odsávaný vzduch je do vyústky nasáván perforací, kterou lze libovolně rozmístit po celé délce potrubí. Požadavek na rovnoměrný odvod vzduchu je umožněn pomocí postupné změny rozteče nebo velikosti otvorů. Tento druh odsávacího potrubí lze použít zejména tam, kde je vyžadováno pravidelné a dokonalé čištění potrubí. Odsávací tkaninové potrubí lze poměrně snadno vytáhnout z nosné konstrukce, oddělit díly pomocí zipů a vše vyprat.



Obrázek 41: Odsávací potrubí [17]

Tabulka 22: Parametry odsávacího potrubí

Množství odváděného vzduchu	38888 [m ³ /h]
Rozměry	1800x900 [mm]
Rychlost proudění	6,5 [m/s]

8.2 Přívodní potrubí

Přívodní potrubí, které přivádí vzduch na místo určení, je vyrobeno z neprodyšné tkaniny. V přívodním potrubí se budou nacházet odbočky, přechody a tvarovky. Vzduch je z tkaničkového potrubí distribuován různě velkými a různě rozmístěnými otvory.



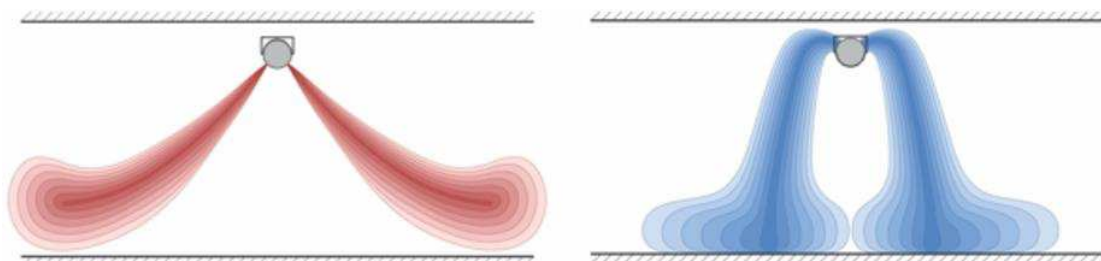
Obrázek 42: Přívodní potrubí [17]

8.3 Vyústky

Vzduch je do místnosti přiváděn pomocí velkoobjemových vyústek, které jsou rozmístěny na boku místnosti. Pro lepší distribuci vzduchu v místnosti byly pro doplnění velkoobjemových vyústek zvoleny membránové vyústky, které jsou rozmístěny v uličkách.

8.3.1 Membránová vyústka

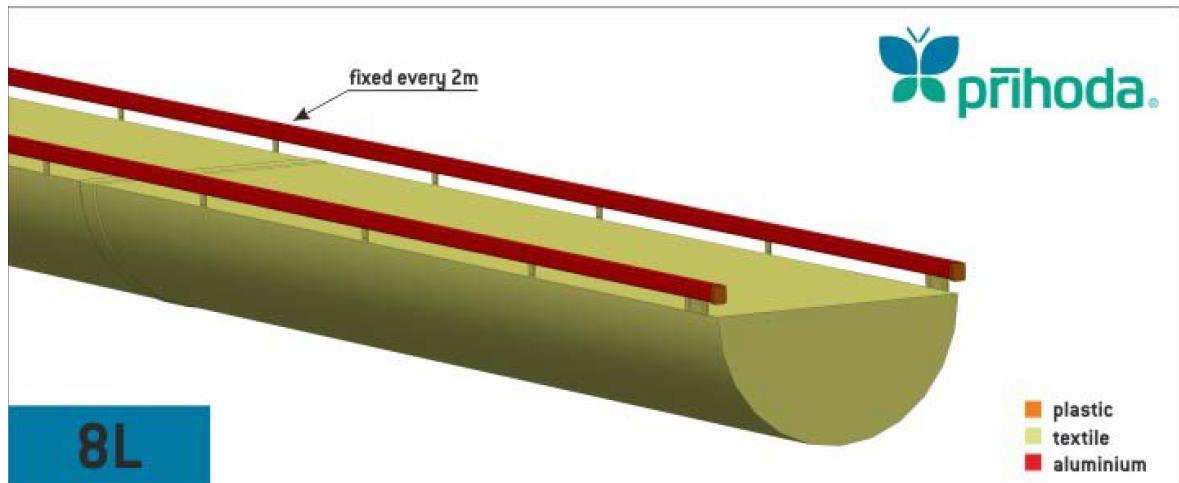
Membrána, která je vyrobená z lehké neprodyšné tkaniny a je všita horizontálně do středu vyústky. Začátek membrány je přichycen ke klapce ovládané servomotorem. Díky tomu lze volit mezi dvěma polohami, většinou chlazení nebo vytápění. V případě topení membrána zakrývá horní polovinu vyústky a vzduch vystupuje řadami otvorů směrem dolů. V případě chlazení membrána zakrývá spodní polovinu a vzduch vystupuje pouze vzhůru skrz tkaninu nebo mikroperforaci.



Obrázek 43: Membránová vyústka [17]

8.3.2 Velkoobjemová tkaninová vyústka

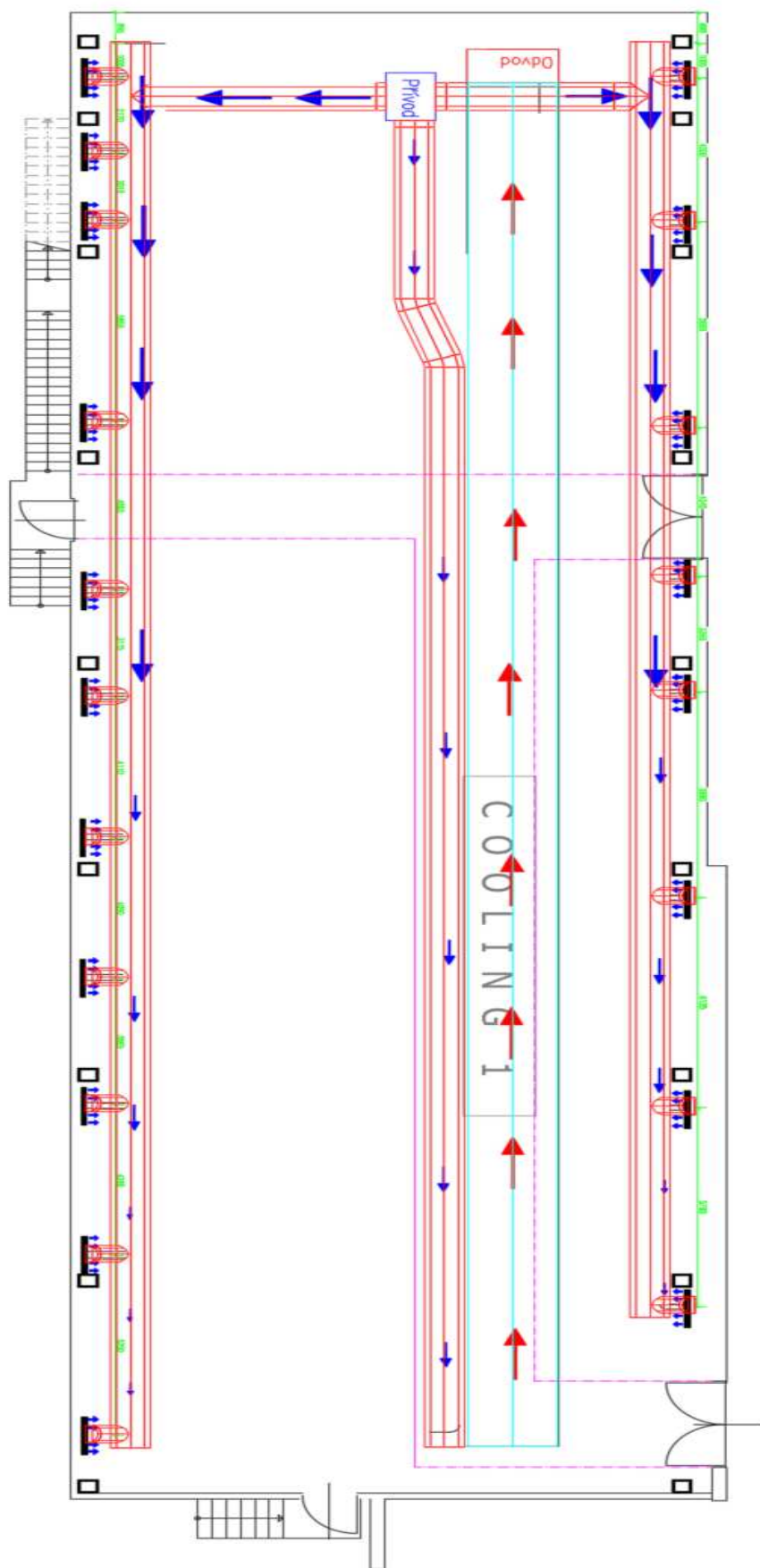
Vnitřní konstrukce velkoobjemové tkaninové vyústky s dvojitou stěnou a neprodyšnou membránou umožňuje přepínání směru proudění. Vzduch je směřován vodorovně skrz perforovanou tkaninu. Velkoobjemová tkaninová vyústka je kromě klapky z nerezového drátu vyrobena z tkaniny a výrobek lze prát v pračce. Vyústka je velmi lehká a velmi snadno se instaluje, stačí ji připojit k přívodu vzduchu.



Obrázek 44: Velkoobjemová tkaninová vyústka [17]

Tabulka 23: Parametry velkoobjemové vyústky:

Množství přiváděného vzduchu	1156 [m ³ /h]
Rozměry	500x225 [mm]
Rychlost proudění	6,3 [m/s]



Obrázek 45: Návrh distribuce vzduchu

9 NÁVRH OSVĚTLENÍ

Základem návrhu osvětlovací soustavy je stanovení požadavků, podle kterých bude možné navrhnout systém řízení osvětlovací soustavy a bude možné vybrat konkrétní komponenty.

9.1 Požadavky na osvětlení

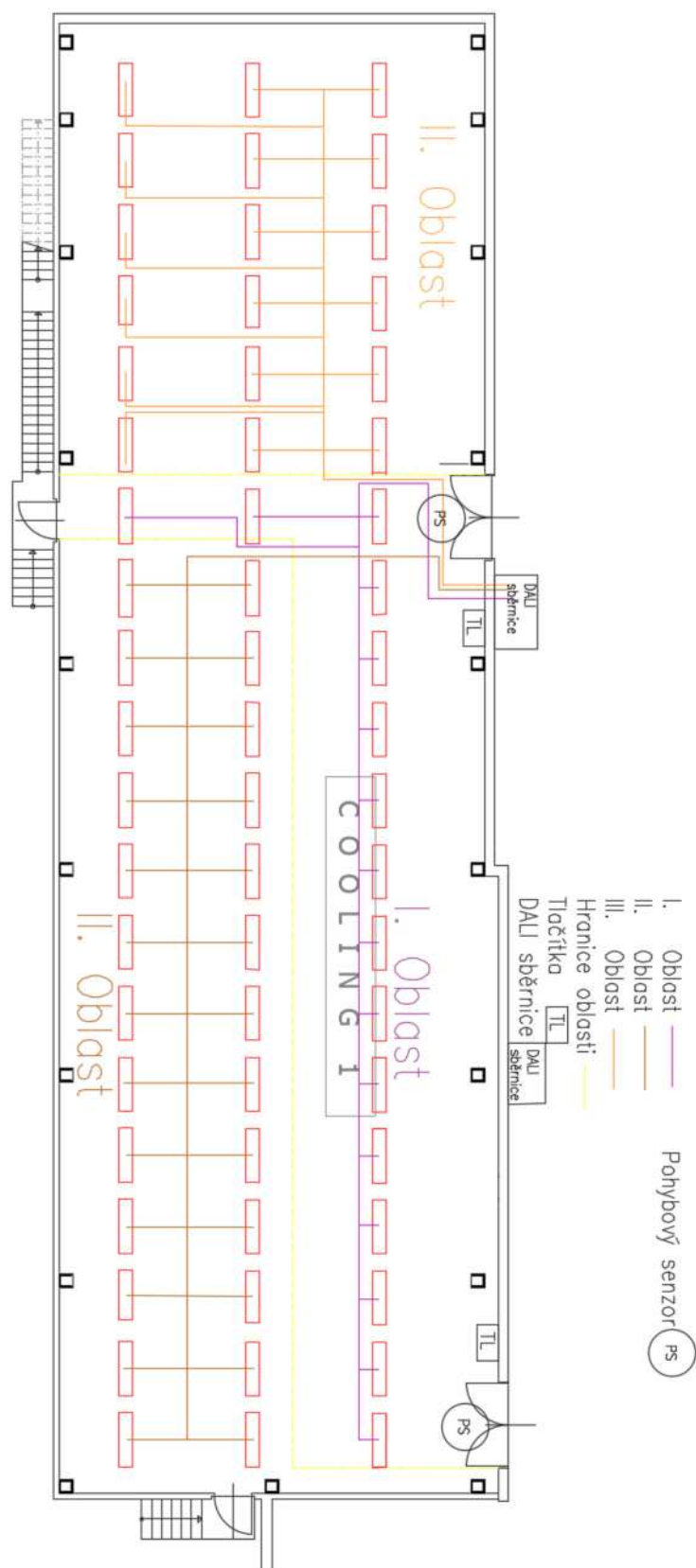
Hlavním požadavkem na osvětlení v prostoru COOLING 1 je zaměření se na minimalizaci provozních nákladů.

Hlavní možností snížení provozních nákladů je snížení celkového příkonu osvětlovací soustavy tak, aby nedošlo ke snížení udržované (potřebné) osvětlenosti místnosti, například možností řízení osvětlovací soustavy v závislosti na pohybu osob v prostoru a instalace stmívatelných předřadníků pracující s protokolem DALI.

9.2 Řízení osvětlovací soustavy

Navržená osvětlovací soustava bude řízena řídicí jednotkou, která je schopna spolupracovat se systémem DALI. Každé svítidlo bude vybaveno stmívatelným předřadníkem z důvodu, aby bylo možné pracovat se systémem DALI.

Prostor je rozdělen na tři oblasti, kde první oblast se nachází v pohybových zónách a je řízena pomocí pohybových senzorů. Pohybové senzory jsou umístěny u vstupních a výstupních vrat do místnosti. Druhá a třetí oblast je skladovací prostor, kde se intenzita osvětlení bude řídit podle kapacity skladovacího místa.



Obrázek 46: Návrh osvětlovací soustavy

9.3 Zvolená zařízení pro osvětlovací soustavu

Z důsledku toho, že v prostoru se nenachází okna ani jiné povrchy propouštějící přirozené světlo budou navržena zařízení pro osvětlovací soustavu takové, aby bylo možné příkon soustavy regulovat na základě přítomnosti osob v tomto prostoru.

9.3.1 Volba vhodného světelného zdroje

Pro prostor byl vybrán jako světelný zdroj zářivka LUMILUX T5 HE od firmy OSRAM s výkonem 35 wattů. Zářivka je vhodná pro použití do průmyslových prostorů a její výhodou je dobrý světelný tok a dlouhá životnost. Tento světelný zdroj je vhodný pro provoz se stmíváním až do 1 %.



Obrázek 47: LUMILUX T5 HE

Tabulka 24: Parametry LUMILUX T5 HE

Jmenovité napětí	209 [V]
Jmenovitý výkon	35,00 [W]
Měrný výkon (ECG 25 °C)	94 [lm/W]
Jmenovitý příkon	35,50 [W]
Index podání barev Ra	≥80
Měřený světelný tok	1200 [lm]
Barva světla	830
Průměr trubice	16 [mm]

Životnost	24000 [h]
Patice	G5

9.3.2 Volba vhodného zářivkového svítidla

Na základě vybraného světelného zdroje a podmínek vnitřního prostředí uvažovaného prostoru bylo zvoleno zářivkové svítidlo PRIMA T5 PC, které je vhodné do průmyslového prostředí s vysokými stropy. Svítidlo je s paticí G5 pro dva světelné zdroje, které mají příkon 35 wattů. Svítidlo má krytí IP 66 a díky tomu odolá prachu a vlhku. Byla vybrána varianta, která má digitálně stmívatelný předřadník a nerezové klipy.



Obrázek 48: Zářivkové svítidlo s DALI předřadníkem

Tabulka 25: Základní parametry svítidla

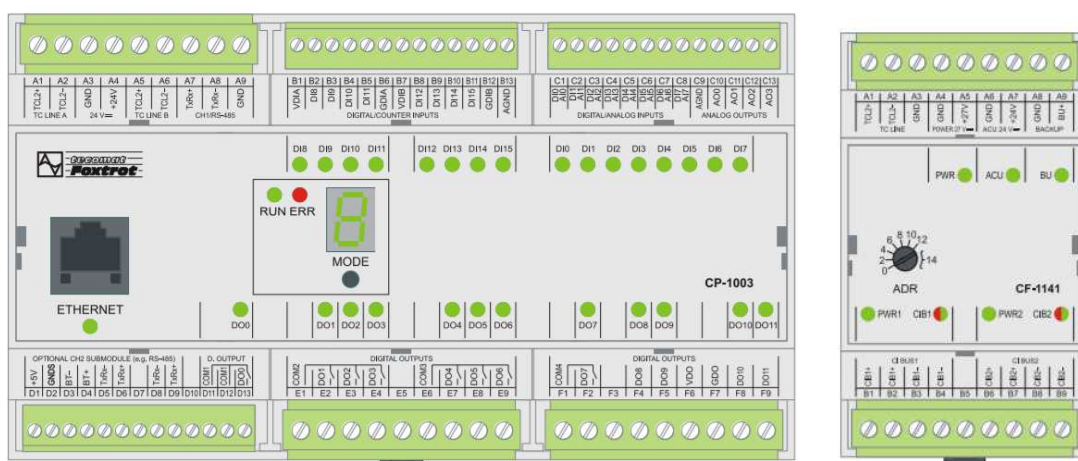
Název	PRIMA 254 ACc ERT5 DALI
Světelné zdroje	2x35[W]
Účinnost svítidla	92 [%]
Hmotnost	2,2 [kg]
Předřadník	Digitálně stmívatelný předřadník T5 DALI

9.3.3 Komponenty pro řízení osvětlovací soustavy

K řízení osvětlovací soustavy bude využita řídicí jednotka, elektronické předřadníky a pohybové senzory. Všechny komponenty budou navrhovány tak, aby mohly komunikovat pomocí sběrnice DALI.

Řídicí jednotka

K řízení osvětlovací soustavy byla vybrána řídicí jednotka od firmy TECO. Programovatelný automat Tecomat Foxtrot CP-1003, který představuje malý kompaktní automat s možností modulárního rozšíření. Tento automat je určen pro řízení technologií v nejrůznějších oblastech průmyslu. Ke komunikaci po sběrnici bude využíván modul CF-1141, který realizuje komunikaci s CIB periferními jednotkami a získaná data předává po systémové komunikační sběrnici TCL2 do nadřazené centrální jednotky.



Obrázek 49: Programovatelný automat Tecomat Foxtrot CP-1003 [16]

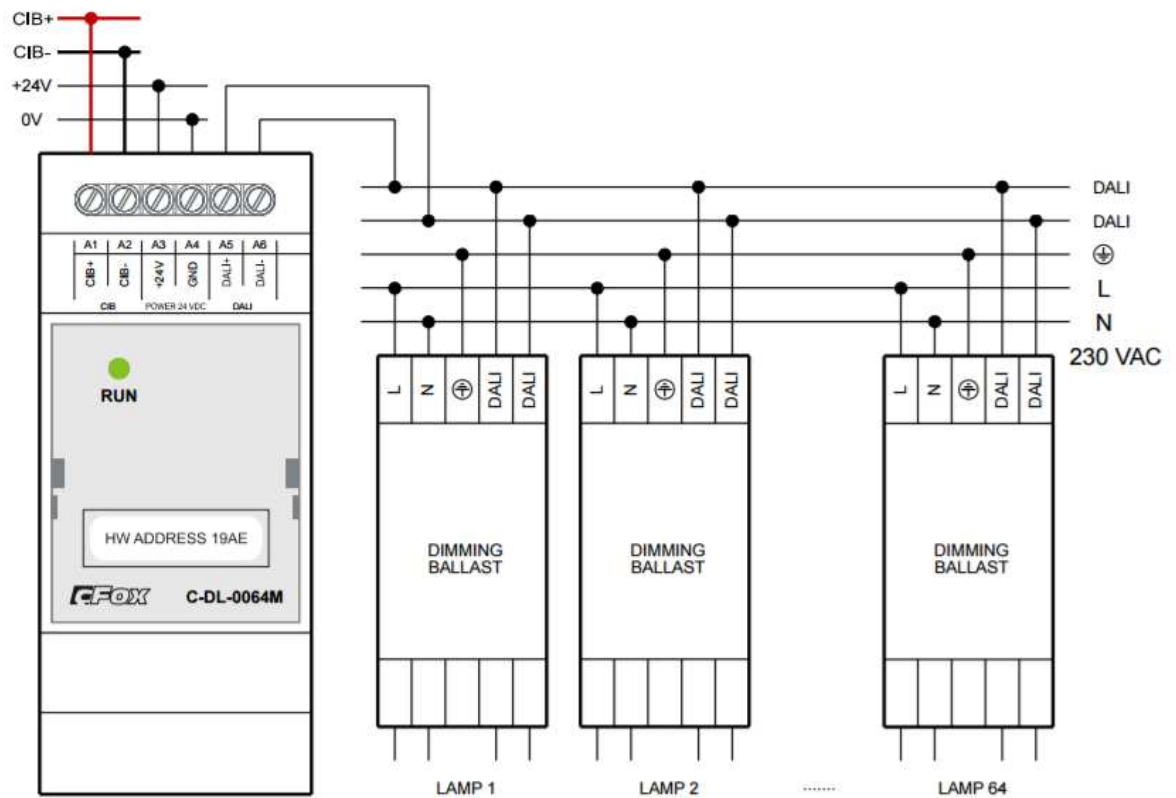
Převodník CIB/DALI C-DL-0064M

Modul C-DL-0064M je převodník protokolů CIB-DALI, který je určen pro připojení osvětlovacích zařízení s protokolem DALI. Signály sběrnic CIB a DALI jsou převedeny na šroubovací svorky. Napájení modulu je z externího zdroje mimo sběrnici CIB. Převodník má implementovanou systémovou podporu pro adresaci připojených DALI osvětlovacích modulů. Převodník pracuje na DALI sběrnici jako DALI master a podporuje základní zapojení DALI sběrnice, tzn. s jedním masterem.

Tabulka 26: Převodník CIB/DALI C-DL-0064M [16]

Počet předřadníků	Maximálně 64
-------------------	--------------

Typická spotřeba	30 [mA]
Galvanické oddělení DALI od CIB	Ne
Maximální spotřeba z externího zdroje 24 V	320 [mA]
Rozměry	106 × 92 × 35[mm]



Obrázek 50: Převodník CIB/DALI C-DL-0064M[16]

Pohybový senzor

Pohybové senzory budou umístěny při vchodu a východu z místnosti.



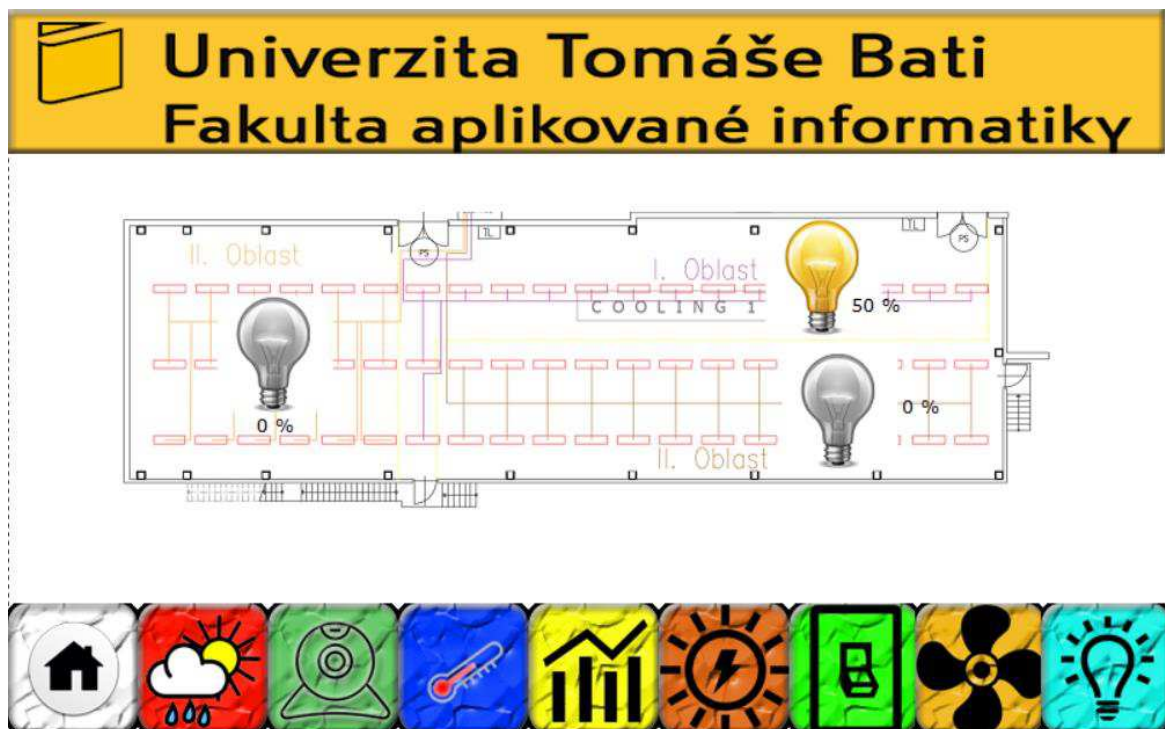
Obrázek 51: Pohybový senzor [16]

Tabulka 27: Parametry pohybového senzoru

Systémový výkon	0,6 [W]
Maximální instalační výška	13 [m]
Plocha detekce	18 [m ²]
Úhel detekce	100 [°]
Stupeň krytí	IP [20]

9.3.4 Systém SCADA

Systém SCADA umožňuje obsluhu provozu sledování a regulaci osvětlení pomocí vzdáleného přístupu. Obsluha má možnost nastavení intenzity osvětlení od 1 % do 100 % nebo osvětlení úplně vypnout. V systému lze nastavit režimy například pro den a noc nebo víkendový provoz.



Obrázek 52: Ukázka SCADA systému pro osvětlení

9.3.5 Cenová kalkulace

Tabulka 28: Cenová kalkulace osvětlení

Název	Počet	Cena	Celkem
TECOMAT FOXTROT CP-1003	1	13 500,00 Kč	13 500,00 Kč
CFox – Systémové moduly pro sběrnici CIB CF-1141	1	4 500,00 Kč	4 500,00 Kč
Převodník CIB/DALI C-DL-0064M	1	6 790,00 Kč	6 790,00 Kč
Detektor pohybu	2	890,00 Kč	1 780,00 Kč
LUMILUX T5 HE	60	79,00 Kč	4 740,00 Kč
Zářivkové svítidlo PRIMA T5 PC	60	1 474,00 Kč	88 440,00 Kč
Celkem		119 750,00 Kč	

10 NÁVRH MĚŘENÍ A REGULACE

Hlavním cílem navrženého měření a regulace je optimalizace nákladů na provoz vzduchotechnické jednotky zajišťující větrání, klimatizaci, odvlhčování a teplovzdušné vytápění prostoru COOLING 1. Vzduchotechnická jednotka je řízena časovými programy dle požadavků na využívání obsluhovaného prostoru, přičemž je využívána rekuperace tepla pomocí rotačního výměníku pro zpětné získávání tepla a vlhkosti, ekonomické směšování oběhového a čerstvého vzduchu při zajištění hygienického minima čerstvého vzduchu.

U vzduchotechnické jednotky pracující s čerstvým vzduchem jsou použity na vstupu a odtahu klapky pohony, které jsou řízeny spojitě nebo dvoupolohově ovládány vratnou pružinou – při ztrátě ovládacího napětí se uzavírají.

Uzavírací klapky na přívodu a odtahu u vzduchotechnické jednotky, kde není použit frekvenční měnič pro řízení otáček ventilátoru, jsou ovládány společně s ventilátorem od pomocného kontaktu stykače příslušného ventilátoru. Uzavírací klapky na sekčních odbočkách vzduchotechnického potrubí jsou pro přívod a vrat ovládány společným povelům a stav (poloha) jednotlivých klapky je signalizován. Na filtrech je kontrolována tlaková diference znamenající zanesení filtru.

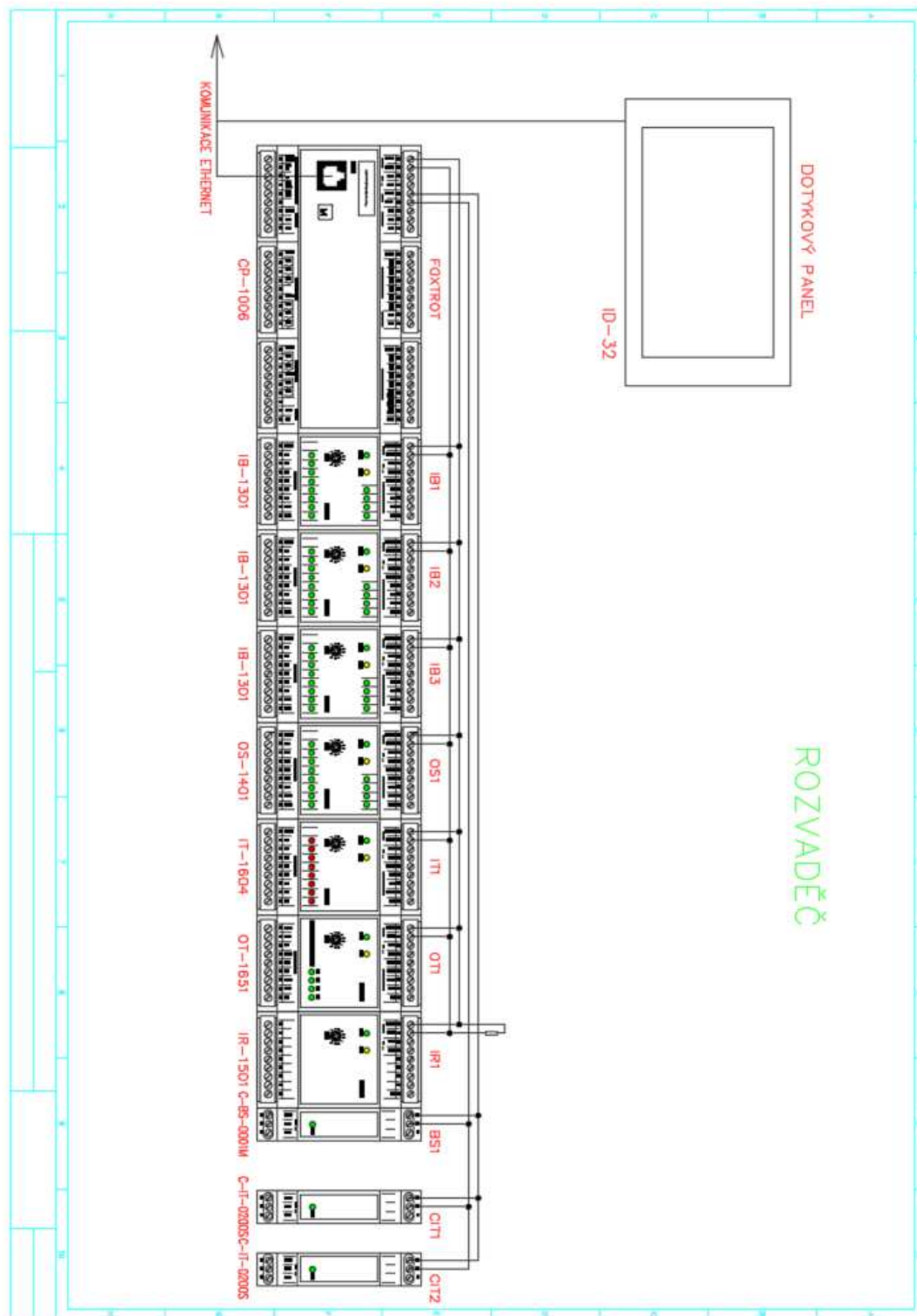
U ventilátorů s řemenovým pohonem je kontrolována tlaková diference znamenající skutečný chod ventilátoru. Tlaková diference je kontrolována rovněž u osových ventilátorů, kde chod podmiňuje činnost jiného důležitého zařízení. V případě nedosažení tlakové diference v časovém limitu je signalizována porucha zařízení a jednotka je vypnuta jako celek.

10.1 Řídicí systém

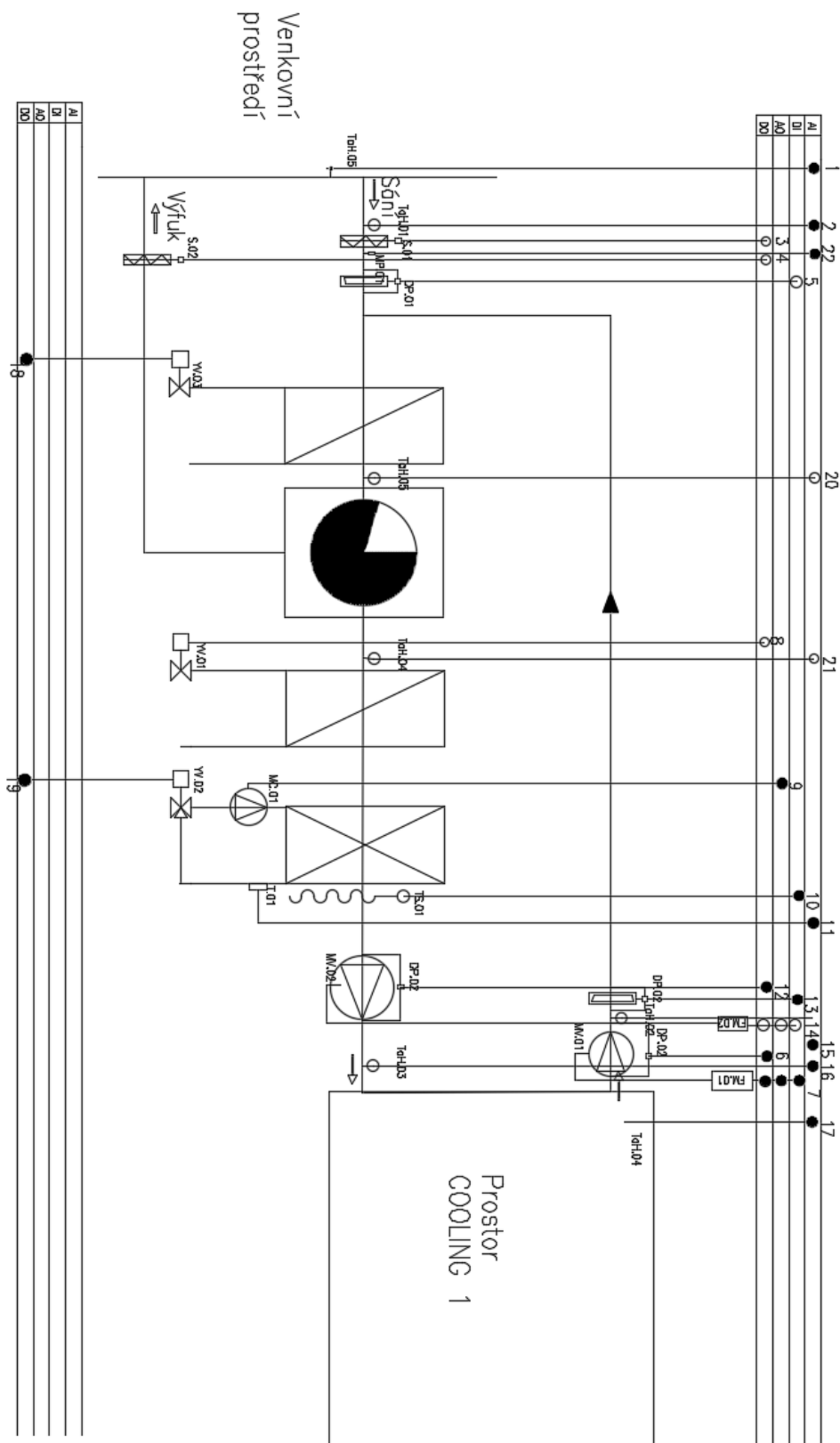
Řídicí systém tvoří autonomní programovatelné jednotky – podstanice (regulátory). Podstanice zajistí zpracování veškerých úloh kontroly a řízení v reálném čase. Podstanice se vstupními a výstupními (I/O) stranami bude modulového provedení s možností umístit I/O moduly mimo vlastní procesorové jednotky. Podstanice mezi sebou komunikují po systémové sběrnici.

Obsluha technologie bude mít možnost místního ovládání pomocí ovládacího panelu zabudovaného na čelní desce rozvaděče. Na ovládacím panelu budou na displeji zobrazovány stavy fyzikálních veličin a stavy připojeného zařízení, lze měnit žádané hodnoty, vyhodnocované meze, časové režimy, zapínat a vypínat jednotlivá zařízení nebo funkční celky a

identifikovat poruchová hlášení. Jako řídicí systém byl zvolen programovatelný automat od firmy TECO.



Obrázek 53: Schéma řídicího systému v rozvaděči



Obrázek 54: Návrh měření a regulace

Tabulka 29: Seznam zařízení měření a regulace

Číslo	Označení	Typ	Zařízení	V/V
1	TaH	Monitoring	Měření teploty a vlhkosti	AI
2	TaH	Monitoring	Měření teploty a vlhkosti	AI
3	S	Řízení	Servopohon	DO
4	S	Řízení	Servopohon	DO
5	DP	Monitoring	Diferenční spínač tlaku	DI
6	DP	Monitoring	Diferenční spínač tlaku	DI
7	MV	Řízení a monitoring	Motor ventilátoru	DI/AO/DP
8	YV	Řízení	Servopohon pro ventil směšovacího uzlu	DO
9	MC	Řízení	Oběhové čerpadlo	AO
10	TS	Monitoring	Protimrazová ochrana	DI
11	T	Monitoring	Měření teploty	AI
12	DP	Monitoring	Diferenční spínač tlaku	DI
13	DP	Monitoring	Diferenční spínač tlaku	DI
14	MV	Řízení a monitoring	Motor ventilátoru	DI/AO/DP
15	TaH	Monitoring	Měření teploty a vlhkosti	AI
16	TaH	Monitoring	Měření teploty a vlhkosti	AI
17	TaH	Monitoring	Měření teploty a vlhkosti	AI
18	YV	Řízení	Servopohon pro ventil směšovacího uzlu	DO
19	YV	Řízení	Servopohon pro ventil směšovacího uzlu	DO
20	TaH	Monitoring	Měření teploty a vlhkosti	AI
21	TaH	Monitoring	Měření teploty a vlhkosti	AI
22	MP	Monitoring	Měření průtoku	AI

10.2 Použité komponenty měření a regulace

Řídící jednotka

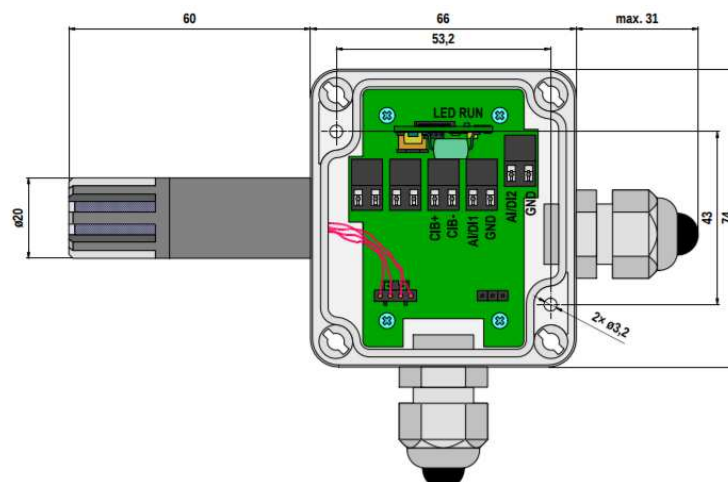
Jako řídicí jednotka byl vybrán programovatelný automat PLC Tecomat Foxtrot CP-1006, který je vybaven třinácti víceúčelovými vstupy.



Obrázek 55: PLC Tecomat Foxtrot CP-1006 [16]

Měření teploty a vlhkosti

Pro měření teploty a vlhkosti bylo zvoleno čidlo C-RQ-0400H-P. Tento modul pro měření relativní vlhkosti a teploty se připojuje ke sběrnici CIB a umožňuje připojit dva univerzální vstupy samostatně použitelné jako binární nebo analogové. Modul je určen pro měření relativní vlhkosti a teploty vzduchu bez agresivních příměsí v interiérech, exteriérech a ve vzduchotechnických kanálech. Je vestavěn do instalační plastové krabice, která je vybavena dvěma plastovými průchodkami pro kabel průměru 4,5÷7 mm opatřené vyjímatelnými záplečkami. Konstrukční provedení modulu zaručuje stupeň krytí IP 54.



Obrázek 56: Měření teploty a vlhkosti [16]

Servopohon Belimo LM 230 A-S

Klapkový servopohon Belimo LM-A, který slouží pro přestavování vzduchotechnických klapek ve vzduchotechnických a klimatizačních zařízeních budov.



Obrázek 57: Klapkový servopohon Belimo [20]

Diferenční tlakový spínač Huba Control

Manostat HUBA CONTROL se využívá ve vzduchotechnických jednotkách na kontrolu zanesení filtrů, chodu ventilátorů a v systémech pro kontrolu zvlhčovačů vzduchu.



Obrázek 58: Manostat HUBA CONTROL [20]

Čidlo rychlosti vzduchu QVM62.1

Snímač se využívá k regulaci průtoku vzduchu na konstantní hodnotu, pro vyrovnání kolísání tlaku regulace přívodu nebo na odtahu), nebo pro měření a sledování rychlosti proudění ve vzduchových kanálech. Tento snímač lze využít také pro regulaci objemového průtoku vzduchu pomocí spojitého řízení otáček ventilátoru.



Obrázek 59: Čidlo rychlosti vzduchu QVM62.1[18]

10.3 SCADA systém

Po vytvoření návrhu systému pro měření a regulaci je nutné vytvořit obslužný systém SCADA, který umožňuje navrhnutý systém monitorovat a také regulovat, který je komplexní systém pro grafickou reprezentaci technologického procesu. Systém umožňuje sledovat jednotlivé stavy vzduchotechniky ale i nastavovat žádané hodnoty. Do systému bude možné vstupovat přes webové rozhraní.

Hlavními požadavky na obslužný systém SCADA je jednoduché uspořádání a srozumitelné ovládání systému s možností do systému vstupovat přes přenosná zařízení. Systém SCADA musí umožňovat nastavit hlavní parametry pro zajištění optimálních podmínek uvnitř místnosti. Pro ovládání systému je potřeba se přihlásit, aby bylo zamezeno nežádoucím přístupům nepovolaných osob.



Obrázek 60: Úvodní stránka SCADA systému

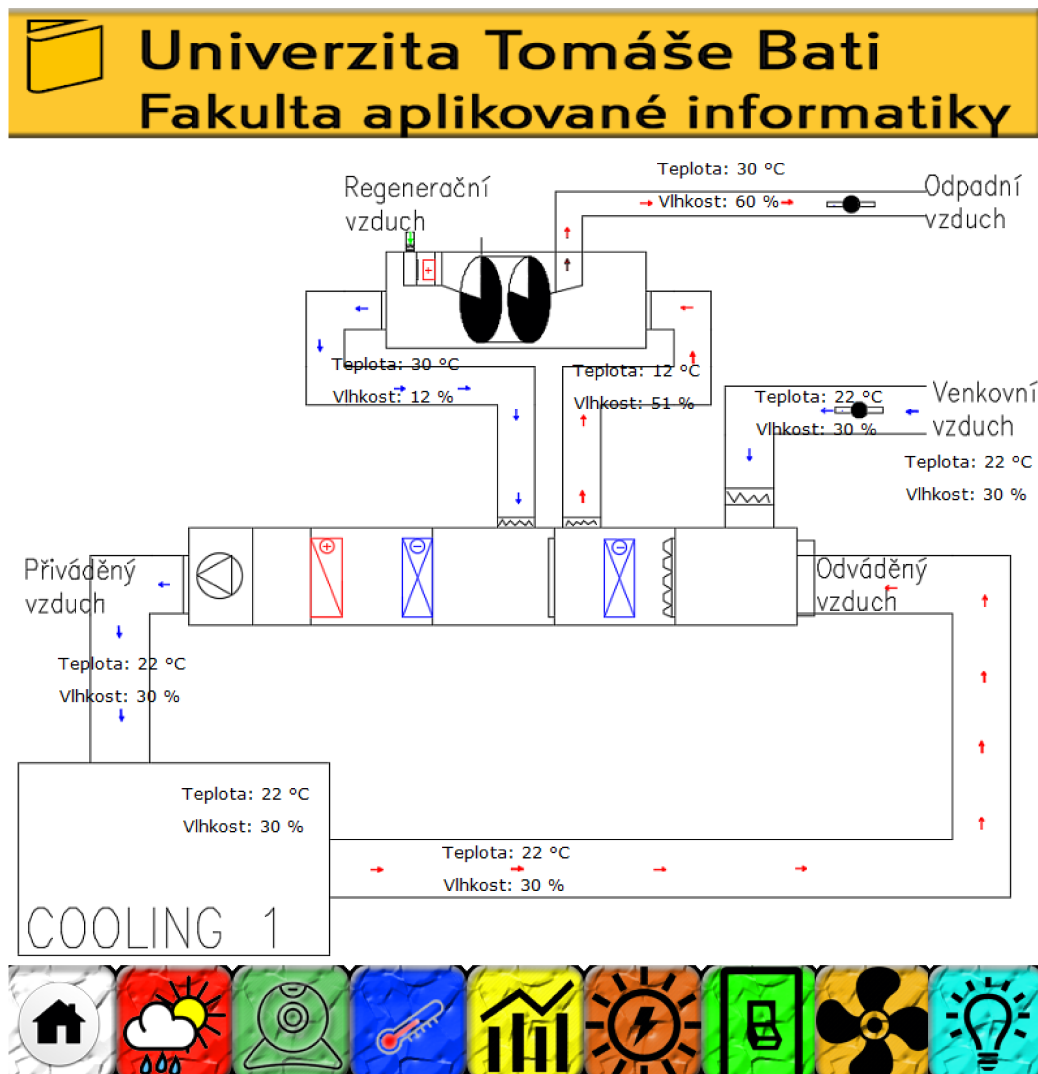
Po přihlášení do systému SCADA je umožněno uživateli přístup do jednotlivých částí systému. Ve výběrovém menu je možné vybrat požadovanou záložku.

10.4 Sledování teploty a vlhkosti

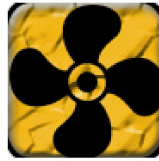
V záložce, která slouží ke sledování teploty a vlhkosti má možnost obsluha systému sledovat hodnoty teploty a vlhkosti v reálném čase. Vlhkost a teplotu lze sledovat ve vzduchotechnické jednotce, v místnosti a venkovním prostředí.



Obrázek 61: Záložka pro sledování teploty a vlhkosti

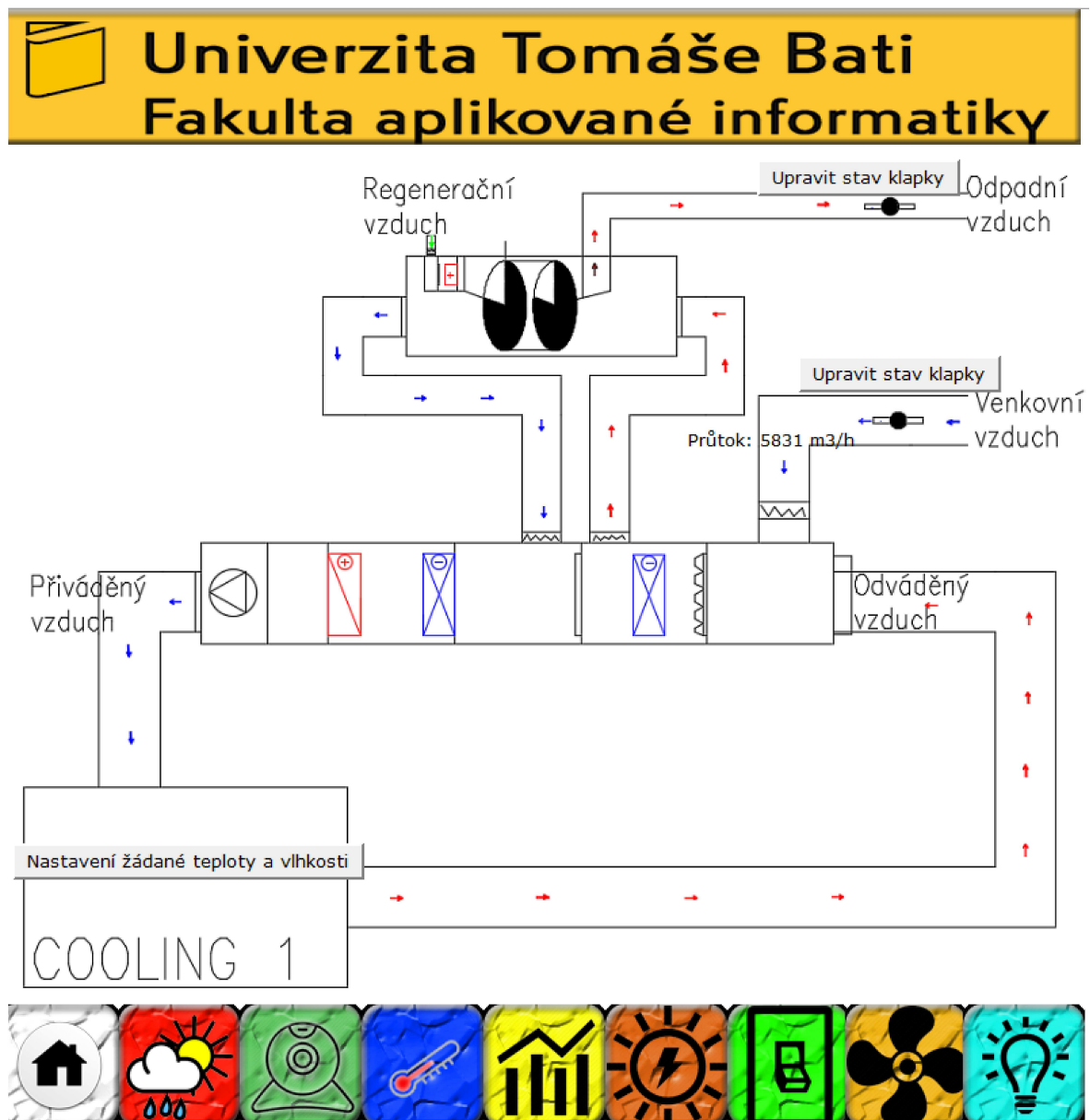


Obrázek 62: sledování aktuální teploty a vlhkosti v systému



Obrázek 63: Záložka pro regulaci systému

Pomocí obslužného systému SCADA je možné regulovat přívodní a odvodní klapku. Na filtrech je kontrolována tlaková diference znamenající zanesení filtru, při zanesení filtru systémem upozorní obsluhu.

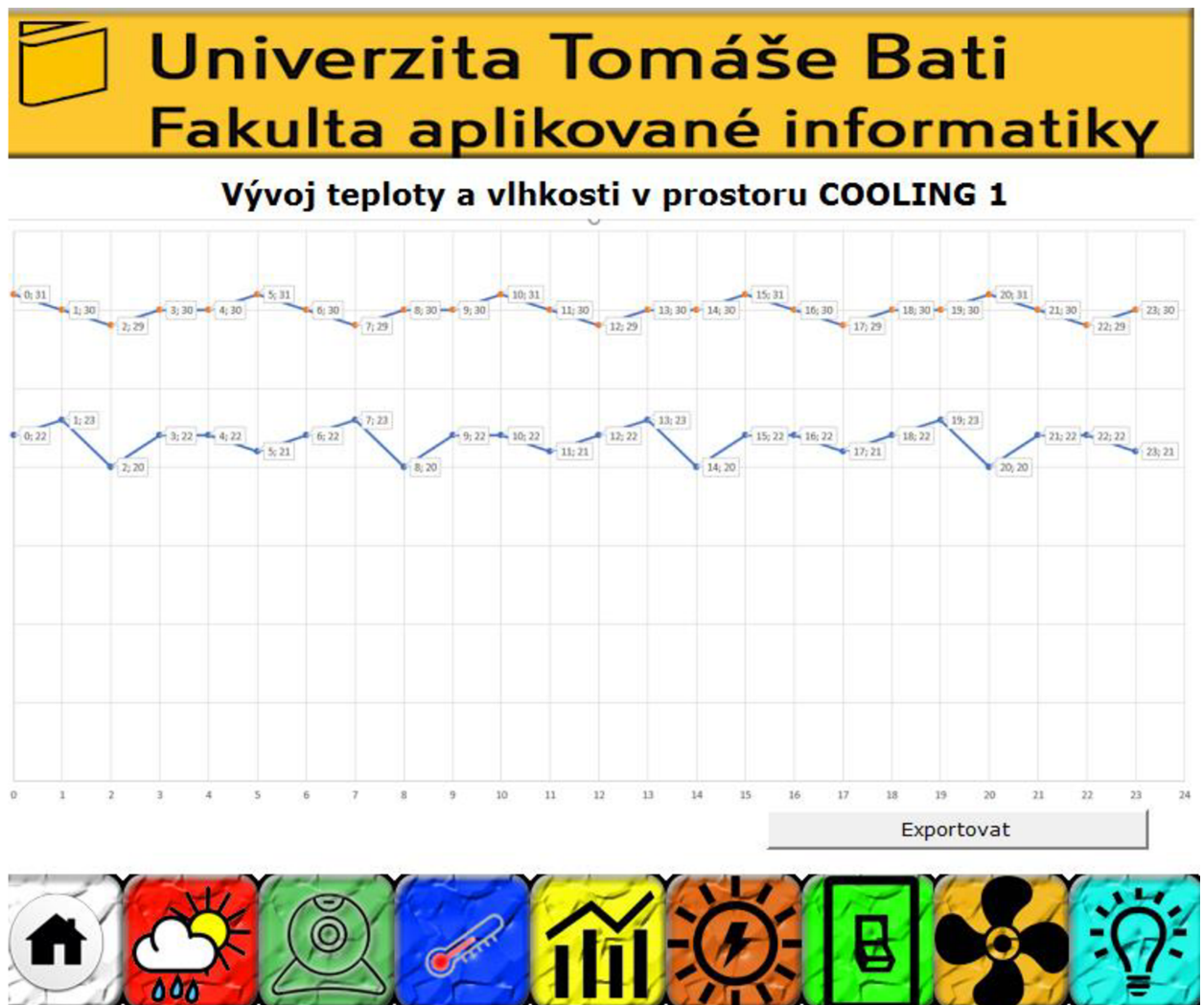


Obrázek 64: SCADA regulace systému

Obsluha systému může v záložce, která slouží k vytváření bodového grafu vývoje teploty a vlhkosti za dané časové období a následně si tento graf může exportovat. Obsluha si může zvolit časové období nebo zvolit dané čidlo vlhkosti a teploty, které chce sledovat.



Obrázek 65: Záložka k vytváření bodového grafu



Obrázek 66: Zobrazení grafů v systému SCADA

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byla aplikace konkrétního řešení vzduchotechnické jednotky v prostředí potravinářského průmyslu. Vzduchotechnické zařízení je navrhováno do objektu firmy SFINX Holešov, který je specializovaným závodem společnosti Nestlé Česko s.r.o. a který se zaměřuje na výrobu nečokoládových cukrovinek, především pod značkami JOJO a BON PARI. V diplomové práci byla řešena místnost č. 102 COOLING 1. Místnost COOLING 1 se používá ke skladování želé nalitého v kárátkách (formách). Hlavní důraz při návrhu vzduchotechnické jednotky byl kladen na zajištění optimálních podmínek vnitřního prostředí pro výrobu želatinových výrobků a na zajištění energeticky hospodárného provozu v budově. Při zpracovávání dílčích návrhů a změn byla situace vždy prodiskutována s investorem a jeho požadavky přispívaly ke konkrétním řešením.

Před samotným návrhem vzduchotechnické jednotky bylo potřeba stanovit základní parametry a požadavky na vnitřní prostředí. Navrhované řešení vychází z výpočtu tepelných ztrát pro zimní období a tepelných zisků pro letní období. Z výpočtů je vytvořen psychrometrický výpočet letního a zimního provozu. Na základě psychrometrického výpočtu byla zvolena optimální vzduchotechnická jednotka, která je umístěna do strojovny vzduchotechniky, kde probíhá úprava vzduchu a následně pomocí navrženého rozvodu potrubní sítě je vzduch rozváděn do prostoru. Podle požadavku investora byla zvolena vzduchotechnická jednotka od firmy Sinteco, která je určena pro použití v potravinářském průmyslu. Vzduchotechnická jednotka je navržena jako soubor zařízení sestavený z komor, které lze uspořádat dle požadované úpravy vzduchu a prostorových požadavků. Základní funkční prvky, které tvoří vzduchotechnickou jednotku jsou klapky, filtry, regenerační rotační výměník, směšovací komora, chladič, ohřívač, ventilátor.

Navržená osvětlovací soustava bude řízena řídicí jednotkou, která je schopna spolupracovat se systémem DALI. Proto bude také každé svítidlo vybaveno stmívatelným předřadníkem, schopným s tímto systémem spolupracovat. Osvětlovací soustava bude řízena programovatelným automatem od firmy TECO.

Hlavními požadavky na vnitřní prostředí pro výrobu želatinových výrobků bylo udržení optimální teploty a vlhkosti v prostoru. K dosažení těchto podmínek bylo nutné využití integrovaných řídicích systémů (počítačové a komunikační techniky), které jsou schopny reagovat na potřeby obsluhy a zajistit optimální podmínky vnitřního prostředí a také snížit energetickou spotřebu, potřebnou k udržení optimálního stavu prostředí a tím snížit náklady na

provoz budovy. Řídicí systém umožňuje integrovat procesy probíhající v provozu budovy (řízení vzduchotechnické jednotky a řízení osvětlení v daném prostoru) do jednoho celku.

Hlavním cílem navrženého měření a regulace bylo snížení nákladů na provoz vzduchotechnické jednotky. Vzduchotechnická jednotka je řízena časovými programy dle požadavků na využívání obsluhovaného prostoru. Obsluha technologie bude mít možnost místního ovládní pomocí ovládacího panelu zabudovaného na čelní desce rozvaděče. Na ovládacím panelu budou na displeji zobrazovány stavy fyzikálních veličin a stavy připojeného zařízení, lze měnit žádané hodnoty, vyhodnocované meze, časové režimy, zapínat a vypínat jednotlivá zařízení nebo funkční celky a identifikovat poruchová hlášení. Jako řídicí systém byl zvolen programovatelný automat od firmy TECO.

Po vytvoření návrhu systému pro měření a regulaci byl vytvořen obslužný systém SCADA, který umožňuje navržený systém řízení monitorovat a také regulovat. Systém umožňuje nejen sledovat jednotlivé stavy vzduchotechniky, ale i nastavovat požadované hodnoty. Do systému SCADA je možné vstupovat přes webové rozhraní.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

Master's thesis is focused on the application of a specific solution of the air-handling unit in the environment of the food industry. The air-conditioning equipment is proposed to the SFINX Holešov company, which is a specialized factory of Nestlé Česko s.r.o. and which focuses on the production of non-chocolate confectionery, mainly under the brands JOJO and BON PARI. In the diploma thesis room No. 102 COOLING 1 was solved. The COOLING 1 room is used for storage of jelly poured in cakes (molds). The main emphasis on the design of the air-conditioning unit was to ensure the optimal conditions of the internal environment for the production of gelatine products and to ensure the energy-efficient operation of the building. When preparing partial proposals and changes, the situation was always pro-discussed with the investor and his requirements contributed to concrete solutions.

Before the design of the air-conditioning unit, it was necessary to set basic parameters and requirements for the indoor environment. The proposed solution is based on calculating the heat losses for the winter season and the heat gains for the summer season. The calculations are based on the psychrometric calculation of summer and winter operation. Based on the psychrometric calculation, an optimal air-conditioning unit was selected, which is located in the air-engine room where the air treatment is being carried out, and the air distribution is then distributed through the proposed piping network. As required by the investor, an air-handling unit from Sinteco was chosen for use in the food industry. The air handling unit is designed as a set of devices assembled from the chambers, which can be arranged according to the required air treatment and spatial requirements. The basic functional elements that make up the air handling unit are dampers, filters, regenerative rotary exchanger, mixing chamber, radiator, heater, fan.

The proposed lighting system will be controlled by a control unit that is capable of collaborating with the DALI system. Therefore, each luminaire will also be equipped with a dimming gear capable of working with the system. The TECO programmable machine will be used for control. The SCADA system will be used to control the lighting system

The main requirements for the indoor environment for the production of gelatine products were to maintain the optimal temperature and humidity in the room. To achieve these conditions, it was necessary to use integrated control systems (computer and communication technology) that are capable of responding to the needs of the operator and to ensure the

optimal conditions of the indoor environment and also to reduce the energy consumption necessary to maintain the optimum environment and thereby reduce operating costs buildings. The control system makes it possible to integrate the processes running in the building's operation (air-conditioning unit control and lighting control in a given space) into one system.

The main objective of the proposed measurement and regulation was to reduce the cost of operating an air-technical unit. The air-handling unit is controlled by time programs according to the requirements for the use of the service area. Technologist will be able to locally control with a control panel built into the front panel of the switchboard. The control panel displays the states of physical quantities and the status of the connected equipment, adjusting setpoints, evaluated limits, time modes, switching on and off individual devices or functional units and identifying fault messages. As a control system, a programmable machine from TECO was chosen.

After creating the design of the system for measurement and control, a SCADA service system was created, which allows the designed process control system to monitor and regulate. The system allows not only to monitor individual ventilation states, but also to set the required values. The SCADA system can be accessed through the web interface.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] AMERICAN SOCIETY OF HEATING a REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. *2005 ASHRAE handbook: fundamentals*. 2005. Atlanta, Ga: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditionin, 2005. ISBN 1931862710.
- [2] FANGER, P. O. *Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering*. New York: McGraw-Hill, 1970. ISBN 0070199159.
- [3] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha : Český normalizační institut, 2007.
- [4] ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha : Český normalizační institut, 1985.
- [5] ČSN EN 12831 . *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*. Praha : Český normalizační institut, Březen 2012.
- [6] ČSN EN ISO 7730. *Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu*. Praha: Český normalizační institut, listopad 2006.
- [7] CHYSKÝ, Jaroslav, et al. *Větrání a klimatizace*. Vyd. 3. Praha : Česká matice technická, 1993. 490 s. ISBN 80-91574-0-8.
- [8] SZÉKYOVÁ, Marta. *Větrání a klimatizace*. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-8076-037-3.
- [9] RECKNAGEL .. HRSG. VON ERNST-RUDOLF SCHRAMEK. *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik: einschließlich Warmwasser- und Kältetechnik ; [07/08]*. 73. Aufl. München [u.a.]: Oldenbourg-Industrieverl, 2007. ISBN 3835631047.
- [10] GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. Brno: ERA, 2005. Technická knihovna. ISBN 807366027X.
- [11] *Tepelné zisky od vnitřních zdrojů* [online]. [cit. 2017-02-15]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/3065-tepelne-zisky-od-vnitrich-zdroju>
- [12] *Model řízení vzduchotechnické jednotky* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/regulace-vetrani-klimatizace/9796-model-rizeni-vzduchotechnicke-jednotky>
- [13] *Co je to vlastně Free cooling?* [online]. [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/8799-co-je-to-vlastne-free-cooling>

- [14] MAURER, Karel. *Vzduchotechnická zařízení: pro 3. a 4. ročník SPŠ stavební[sic] studijního oboru TZB*. Vyd. 3., přeprac., (V Sobotáles vyd. 1.). Praha: Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86817-21-0.
- [15] *Vzduchotechnika* [online]. [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/VZT/Vzduchotechnika.pdf
- [16] *Teco a.s.: Průmyslová automatizace, Inteligentní budovy, Smart Grid* [online]. [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://www.tecomat.com/>
- [17] *Výrobce tkaninových potrubí a vyústek* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.prihoda.com/cs/>
- [18] *Produkty pro měření a regulaci* [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <https://www.siemens.com/cz/cz/home.html>
- [19] *Vzduchotechnické jednotky* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.sinteco.com/it/>
- [20] *Produkty pro měření a regulaci* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.bola.cz/>
- [21] *Produkty pro měření a regulaci* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.marinfo.cz/>
- [22] *Produkty pro měření a regulaci* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://www.marsystems.cz/>
- [23] *Komplexní řešení problematiky zvlhčování a odvlhčování* [online]. [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://flair.cz/>
- [24] *Vzduchotechnické jednotky* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.remak.eu/cs>
- [25] *Distribuční elementy* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.systemair.com/cz/Ceska/>
- [26] *Zářivky* [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: http://www.osram.cz/osram_cz/index.jsp
- [27] *Svídla* [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://www.trevos.cz/>
- [28] *Umělé osvětlení vnitřního prostředí* [online]. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/1303-umele-osvetleni-vnitriho-prostredi>
- [29] *Umělé osvětlení vnitřního prostředí* [online]. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/osvetleni>

- [30] ČSN EN 12665. *Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení*. Praha : Český normalizační institut, únor 2012

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

θ_r	je střední radiační teplota [$^{\circ}\text{C}$]
A	je tabulková hodnota v závislosti na rychlosti proudění [-]
θ_a	je teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]
SCADA	je Supervisory Control And Data Acquisition
V_E	je průtok venkovního vzduchu [m^3/h]
O	je vnitřní objem místnosti [m^3]
V_p, V_o	je průtok přiváděného a odváděného vzduchu [m^3/s]
t_p, t_o	je teplota přiváděného a odváděného vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]
C_p, C_o	je koncentrace škodlivin a odváděného vzduchu [mg/m^3]
Q	je tepelná zátěž [W]
M	je tok produkovaných škodlivin [mg/s]
E	je venkovní vzduch
Od	je odpadní vzduch
VJ	je větrací jednotka
F	je filtr
Sm	je směšovací komora
F	je filtr
Oh	je ohřívač
Ch	je chladič
Zv	je zvlhčovač
Ve	je ventilátor
E	je venkovní vzduch
Ob	je oběhový vzduch
P	je přiváděný vzduch
O	je odváděný vzduch

O_d	je odpadní vzduch
Q_{za}	je tepelná zátěž místnosti [W]
M_w	je produkce vlhkosti [kg/s]
V_i	je vnitřní objem každé místnosti – vytápěného nebo nevytápěného prostoru [m ³]
A_k	je plocha každé stavební konstrukce [m ²]
U_k	je součinitel prostupu tepla každé stavební konstrukce [W/(m ² ·K)]
Ψ_l	je lineární ztrátový součinitel každého tepelného mostu [W/(m·K)]
l_l	je délka každého lineárního tepelného mostu [m]
Φ_i	je celková projektovaná tepelná ztráta vytápěného prostoru [W]
$\Phi_{T,i}$	je projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W]
$\Phi_{V,i}$	je projektovaná tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]
$H_{T, ie}$	je měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru do exteriéru obvodovým pláštěm [W/K]
$H_{T, iue}$	je měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru do exteriéru nevytápěným prostorem [W/K]
$H_{T, ig}$	je měrná tepelná ztráta prostupem zeminou z vytápěného prostoru do zeminy za ustáleného stavu [W/K]
$H_{T, ij}$	je měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru do sousedícího vytápěného prostoru, který je vytápěn na výrazně jinou teplotu [W/K]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schéma celkového větrání průmyslové haly [15]	14
Obrázek 2: Vzduchová sprcha [8]	15
Obrázek 3: Ústřední odsávací zařízení od strojů [15].....	16
Obrázek 4: Větrání aerací [15].....	17
Obrázek 5: Klimatizační systém jednozónový [15].....	19
Obrázek 6: Vícezónový klimatizační systém [15].....	20
Obrázek 7: Schéma průtoku vzduchu ve větracích a klimatizačních zařízeních [15]	22
Obrázek 8: Přímý free cooling [13]	24
Obrázek 9: Free cooling vestavěný do jednotky [13]	24
Obrázek 10: PPD jako funkce PMV [6]	31
Obrázek 11: Schéma zpětného získávání tepla [15]	35
Obrázek 12: Výměníky typu vzduch – vzduch [8]	36
Obrázek 13: Výměníky z tepelných trubic [8].....	37
Obrázek 14: Zařízení s regeneračními výměníky tepla [8].....	37
Obrázek 15: Pohyb slunce po obloze a orientace stěny [4]	41
Obrázek 16: Sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu [4]	42
Obrázek 17: Oslunění oken [4]	45
Obrázek 18: Bilance tepelných toků na venkovní stěně [4]	47
Obrázek 19: Schéma složek vnitřní tepelné zátěže [11]	48
Obrázek 20: Osvětlená plocha [11]	49
Obrázek 21: Regulace prostorové teploty [8]	58
Obrázek 22: Sekvenční působení ventilu ohříváče-chladiče [8]	59
Obrázek 23: Využití nočního chladu [8].....	59
Obrázek 24: Sekvenční působení ventilu chladiče a ohříváče [8]	60
Obrázek 25: Regulace rotačního výměníku zpětného získávání tepla [6].....	60
Obrázek 26: Letecký pohled na objekt	62
Obrázek 27: Želé v kárátku.....	63
Obrázek 28: Místnost COOLING 1	64
Obrázek 29: Půdorys místnosti COOLING1	65
Obrázek 30: Řez místností.....	66
Obrázek 31: Stěnový sendvičový panel.....	66
Obrázek 32: Panel z betonu na vnitřní straně	67

Obrázek 33: Skladba podlahy	68
Obrázek 34: Skladba stropu	69
Obrázek 35: Vzduchotechnika Sinteco [19]	72
Obrázek 36: Půdorys vzduchotechnické strojovny	73
Obrázek 37: Psychrometrický diagram dle Molliera v letním období.....	74
Obrázek 38: Psychrometrický diagram dle Molliera v zimním období.....	75
Obrázek 39: Navržená vzduchotechnická jednotka	77
Obrázek 40: Adsorbční odvlhčování [23].....	79
Obrázek 41: Odsávací potrubí [17].....	81
Obrázek 42: Přívodní potrubí [17].....	82
Obrázek 43: Membránová vyústka [17]	82
Obrázek 44: Velkoobjemová tkaninová vyústka [17]	83
Obrázek 45: Návrh distribuce vzduchu	84
Obrázek 46: Návrh osvětlovací soustavy.....	86
Obrázek 47: LUMILUX T5 HE.....	87
Obrázek 48: Zářivkové svítidlo s DALI předřadníkem	88
Obrázek 49: Programovatelný automat Tecomat Foxtrot CP-1003 [16].....	89
Obrázek 50: Převodník CIB/DALI C-DL-0064M[16]	90
Obrázek 51: Pohybový senzor [16]	91
Obrázek 52: Ukázka SCADA systému pro osvětlení	92
Obrázek 53: Schéma řídicího systému v rozvaděči	94
Obrázek 54: Návrh měření a regulace	95
Obrázek 55: PLC Tecomat Foxtrot CP-1006 [16].....	97
Obrázek 56: Měření teploty a vlhkosti [16].....	97
Obrázek 57: Klapkový servopohon Belimo [20].....	98
Obrázek 58: Manostat HUBA CONTROL [20].....	98
Obrázek 59: Čidlo rychlosti vzduchu QVM62.1[18]	99
Obrázek 60: Úvodní stránka SCADA systému.....	99
Obrázek 61: Záložka pro sledování teploty a vlhkosti	100
Obrázek 62: sledování aktuální teploty a vlhkosti v systému.....	100
Obrázek 63: Záložka pro regulaci systému.....	101
Obrázek 64: SCADA regulace systému.....	101
Obrázek 65: Záložka k vytváření bodového grafu.....	102
Obrázek 66: Zobrazení grafů v systému SCADA	102

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Tabulka hodnot součinitele A v závislosti na proudění vzduchu	29
Tabulka 2: Stupnice tepelných pocitů [6]	30
Tabulka 3: Doporučované maximální teploty vzduchu v jednotlivých měsících.....	39
Tabulka 4: Sluneční deklinace δ v jednotlivých měsících.....	39
Tabulka 5: Hodnoty azimutu stěny y pro jednotlivé světové strany.....	40
Tabulka 6: Doporučované hodnoty znečištění atmosféry pro jednotlivé měsíce v roce [4]	41
Tabulka 7: Příklady stínících součinitelů pro různá provedení oken a různé druhy stínění	44
Tabulka 8: Produkce tepla od osvětlení odpovídající produkci tepla pro různé pracoviště.....	50
Tabulka 9: Okrajové podmínky v lokalitě Holešov	62
Tabulka 10: Vlastnosti žele	63
Tabulka 11: Požadavky na vnitřní prostředí	63
Tabulka 12: Rozměry místnosti	64
Tabulka 13: Skladba venkovní stěny	66
Tabulka 14: Vlastnosti vnitřní stěny	67
Tabulka 15: Skladba podlahy	68
Tabulka 16: Skladba stropu	69
Tabulka 17: Rozměry vzduchotechnické strojovny.....	73
Tabulka 18: Parametry vzduchotechnické jednotky	73
Tabulka 19: Vlastnosti páry	78
Tabulka 20: Chladicí kapalina	78
Tabulka 21: Parametry adsorpční jednotky	80
Tabulka 22: Parametry odsávacího potrubí	81
Tabulka 23: Parametry velkoobjemové vyústky:	83
Tabulka 24: Parametry LUMILUX T5 HE.....	87
Tabulka 25: Základní parametry svítidla	88
Tabulka 26: Převodník CIB/DALI C-DL-0064M [16].....	89
Tabulka 27: Parametry pohybového senzoru.....	91
Tabulka 28: Cenová kalkulace osvětlení	92
Tabulka 29: Seznam zařízení měření a regulace	96

