

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

KLIMATIZACE ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



SOUHRN

Tato bakalářská práce se zaměřuje na problematiku chlazení a vytápění administrativní budovy v Horních Počernicích. Chlazení a vytápění je řešeno pouze klimatizačním systémem. V této práci jsou spočteny zisky objektu dle normy ČSN 73 0548 a ztráty objektu dle normy ČSN 06 0210. Pomocí komerčního programu TOSHIBA DesignAirs je na základě hodnot tepelných ztrát a zisků proveden návrh nového klimatizačního systému jako alternativa pro stávající systém LG.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Klimatizace, systém, tepelné zisky, tepelné ztráty, návrh, chlazení, vytápění

SUMMARY

This bachelor thesis is focused on the subject of air-cooling and heating of the administrative building in Horní Počernice. Air-cooling and heating here is only being solved with an air conditioning system. The building's heat gains in this thesis have been calculated in compliance with standard ČSN 73 0548 and heat losses in compliance with standard ČSN 06 0210. By means of commercial programme TOSHIBA DesignAirs, a project for new air conditioning system has been made based on the values of heat gains and losses as an alternative for a current LG system.

KEYWORDS:

Air conditioning, system, heat gains, heat losses, project, air-cooling, heating



Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Klimatizace administrativní budovy“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Miloše Laina, Ph.D. s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 21. 6. 2016

Pavel Jurinec



PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat svým rodičům, přítelkyni a přátelům za trpělivost a podporu během mého studia. Přítelkyni bych chtěl dále poděkovat za anglický překlad anotace této diplomové práce. Mé hlavní poděkování patří ale zejména dvěma pánům, a to vedoucímu diplomové práce Ing. Milošovi Lainovi, Ph.D. za ochotu a potřebné informace, které mi dodával během sepisování této práce, a také panu Jiřímu Kuntošovi z firmy Klima-Classic nejen za to, že mi pomohl zprostředkovat potřebný software TOSHIBA pro nový návrh, ale také za to, že si díky své ochotě udělal ve svém pracovně nabytém harmonogramu volný čas pro mne, mé problémy a dotazy. Dále bych chtěl poděkovat Petře Rajtrové a Janě Jandové za zprostředkování cenových nabídek.

Děkuji Vám z celého srdce.



OBSAH

1	SOUPIS POUŽITÉHO ZNAČENÍ	7
2	ÚVOD	9
3	HISTORIE KLIMATIZACE	10
4	VZDUCHOTEHNIČKÉ A KLIMATIZAČNÍ SYSTÉMY.....	12
4.1	Tepelná pohoda a rovnováha	12
4.2	Vzduchotechnické systémy	13
4.2.1	Přírozené větrání	13
4.2.2	Nucené větrání	13
4.3	Klimatizační systémy	14
5	ZDROJE CHLADU PRO KLIMATIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ	16
5.1	Chladivové systémy	17
5.2	Systémy umožňující paralelní ohřev a chlazení.....	18
5.3	Měření a posouzení stavu	20
5.3.1	Měření parametrů mikroklimatu.....	20
5.4	Kontrola klimatizačních zařízení.....	22
6	ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA P3 HORNÍ POČERNICE	23
6.1	O budově	23
6.2	Současný stav vzduchotechnického a klimatizačního systému	24
7	TEPELNÉ ZTRÁTY A ZISKY BUDOVY.....	26
7.1.1	Úvodní popis výpočtu	26
7.2	Tepelné ztráty.....	28
7.2.1	Vstupní hodnoty pro výpočet tepelných ztrát.....	28
7.2.2	Výsledné hodnoty ztrát kanceláří	30
7.3	Tepelné zisky budovy	31
7.3.1	Vnitřní tepelné zisky	31
7.3.2	Vnější tepelné zisky	32
7.3.3	Výsledné hodnoty zisků kanceláří.....	33
7.4	Extrémní případy	35
8	NOVÝ SYSTÉM TOSHIBA.....	36
8.1	Dimenzování systému pro klimatizaci kanceláří.....	36
8.1.1	Volba vnitřních a vnějších jednotek.....	36
8.2	Dimenzování systému pro technické a serverové místnosti	39
8.2.1	Stanovení tepelných zisků technických místností	39
8.2.2	varianty řešení	40
8.2.3	Split systém.....	40
8.2.4	MINI VRF-SMMS systém	40
8.2.5	Volba systému	41
9	ZÁVĚR	42



10	PŘÍLOHY	43
10.1	Systém TOSHIBA pro kanceláře.....	43
10.2	Systém TOSHIBA pro technické místnosti	43
10.3	Cenová nabídka systému pro kanceláře.....	43
10.4	Cenová nabídka systému pro technické místnosti (Split systémy).....	43
10.5	Cenová nabídka systému pro technické místnosti (Mini VRF-SMMS systém)	43
11	SOUPIS POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	44



1 SOUPIS POUŽITÉHO ZNAČENÍ

H	součinitel korekce na čistotu atmosféry	[-]
Q_E	tepelné ztráty v extrémním případě	[W, kW]
Q_P	tepelné ztráty prostupem	[W, kW]
Q_V	tepelné ztráty větráním	[W, kW]
U	součinitel prostupu tepla	[w/m ² ·K]
V	průtok vzduchu	[m ³ /h]
Z_E	tepelné zisky v extrémním případě	[W, kW]
Z_P	tepelné zisky prostupem	[W, kW]
Z_R	tepelné zisky radiací oknem	[W, kW]
Z_T	tepelné zisky od vnitřních trvalých zdrojů	[W, kW]
c	měrná tepelná kapacita vzduchu	[J/kg·K]
i	počet zaměstnanců	[ks]
j	počet návštěvníků	[ks]
n	fyzická činnost člověka	[-]
q	produkovaný tepelný tok	[W/m ²]
q_d	tepelný tok dýcháním	[W/m ²]
q_k	tepelný tok konvekcí	[W/m ²]
q_m	metabolický tepelný tok	[W/m ²]
q_s	tepelný tok sáláním	[W/m ²]



q_w	tepelný tok vypařováním	[W/m ²]
s_1	stínící součinitel pro zdvojené sklo	[-]
s_2	stínící součinitel stínících prostředků	[-]
t	teplota okolí	[°C]
t_e	teplota vnějšího prostředí	[°C]
t_{emax}	maximální teplota vnějšího prostředí v létě	[°C]
t_g	teplota kulového teploměru	[°C]
t_i	teplota vnitřního prostředí	[°C]
t_r	střední radiační teplota	[°C]
t_{zzt}	teplota za zpětným získáváním tepla	[°C]
w	rychlost proudění vzduchu	[°C]
ρ	hustota vzduchu	[kg/m ³]
η_{zzt}	účinnost zpětného získávání tepla	[-]
ρ	relativní vlhkost vzduchu	[%]



2 ÚVOD

V dnešní době je většina budov v zimním období vytápěná s přívodem čerstvého vzduchu, a v létě chlazená s úpravou vlhkosti a čistoty přiváděného vzduchu. Existují ovšem budovy, u kterých je jak vytápění, tak chlazení závislé pouze na instalované klimatizaci. Příkladem tohoto řešení je budova v Horních Počernicích, kde dochází k problémům udržování tepelné pohody v průběhu roku. Problémem může být nesprávné zvolení systému – v průběhu projektu byl zaměněn systém Daikin za systém LG, který má v momentálním stavu provozní problémy. Cílem této práce je spočítat tepelné ztráty a zisky budovy a navrhnout alternativní řešení se systémem od firmy Toshiba.



3 HISTORIE KLIMATIZACE

Velké a revoluční objevy po celém bytí našeho světa byly zpravidla otázkou náhody, štěstí a dosti také nechtěných omylů, které přinesly překvapivě velmi chutné ovoce. Jak to mohlo eventuálně být s vývojem člověka a jeho potřebami tepelné pohody ve svém skromném obydlí je rychle shrnuto v následujících odstavcích.

Při prohlížení historických záležitostí, kdy ještě nebyla žádná záznamová technika, je velice těžké odhadovat, co, kdy a jak se odehrálo. Při našich dosavadních vědomostech se můžeme jen domnívat, jak to s historií naší planety vůbec bylo. Protentokrát se odkážeme na Darwinovu evoluční teorii. V případě reálnosti této teorie nám s odkrýváním historických objevů a odehraných situací mohou pomoci jen archeologové a jejich umění rekonstruovat dané situace, složení předmětů, stavbu zvířat a evoluci samotného lidského druhu. Na základě těchto rekonstrukcí můžeme odhadovat, jak to bylo s prvním zdrojem tepelné pohody – ohněm.

Do doby než se náš předek Homo Erectus vzpřímil pro větší rozhled a přibližně před 400 000 lety zkrotil oheň, byl tento živel znám jen jako mocný, nahodilý a zároveň magický úkaz. Tento nezkrocený oheň přinášel velké nebezpečí, které dokonce přes lidskou pýchu přináší dodnes.

Homo Erectus nejspíše ve své africké jeskyni opracovával kameny. Když se jeden kámen o druhý otřel, vznikla jiskra, která možná vznítla jeho slaměné lože a tím vznikl první „umělý“ oheň – první zdroj tepelné pohody uvnitř obytné místnosti.^[11]

Jak šel čas, Homo Erectus předával zkušenosti dalším generacím a zdroj tepla se pomalu zdokonaloval. Jelikož klima po celé planetě není všude stejné, bylo jen otázkou času, kdy se pro zdroj tepla objeví opačná alternativa – zdroj chladu.

První zdroj chladu, takzvaný předchůdce klimatizace, byl instalován v roce 1902 mladým inženýrem Willisem Carrierem. Americké papírny požadovaly, aby se jejich papíry vlhkem nezmenšovaly, a tak neměnily barevnosti tisku. Carrier vycházel z objevu Michaela Faradaye, který deklaroval, že stlačený čpavek (NH₃) v kapalném stavu dokáže chladit, pokud je postupně vypouštěn z nádoby. Když Carrier nahradil toxický čpavek za méně nebezpečná alternativní média, rozmohla se instalace klimatizací v 60. letech minulého století ve velkém. Dodnes je velkou otázkou, která



chladiva v klimatizacích používat, tak aby nebyla nebezpečná pro atmosférický obal země. Stejně tak, aby neškodila pedosféře a hydrosféře.^[10]

Při předchozích objevech a jejich technickém zdokonalování, kdy je člověk schopný regulovat teplotu uvnitř obytných prostor, je momentálně nejdůležitější správně navrhnout jednotky chladu a tepla. Správnou teplotou a distribucí čerstvého vzduchu, kdy se lidé cítí spokojeně, totiž docílíme maximálních pracovních výkonů a tím i prestižnímu chodu firmy.



Obrázek 3-1 – Willis Carrier - [12]



4 VZDUCHOTEHNICKÉ A KLIMATIZAČNÍ SYSTÉMY

Pro lid jako takový je důležitá pohoda a mezi tyto pohody patří i tepelná pohoda. Tak lidé nazvali stav, kdy je prostředí jejich pobytu pocitově příjemné – tedy není průvan a není jim ani teplo, ani zima. Abychom docílili kvalitních podmínek uvnitř budov, vznikly právě tyto systémy, které nám pomáhají ustálit podmínky tak, aby bylo zajištěno kvalitní a komfortní prostředí, aby pro každého jedince byly ideální. Jelikož co člověk, to jiné požadavky na teplotu a stav okolí.

4.1 TEPELNÁ POHODA A ROVNOVÁHA

„Tepelná rovnováha těla a okolí je stav, při němž je zachována rovnost produkovaného tepelného toku q a toku tepla odímaného tělu okolím (konvekcí q_k , sáláním q_s , vypařováním q_w , dýcháním q_d , a vedením q_v) Hodnota q_v je tak malá, že ji lze zanedbat. Tepelná pohoda je subjektivní pocit, při němž je zachována tepelná rovnováha za optimálních hodnot fyziologických parametrů (tj. teploty kůže a maximálního tepelného toku odváděného vypařováním z povrchu mokré pokožky).

Při konstantní tělesné teplotě je rovnice tepelné rovnováhy

$$q_m - n = q = \pm q_k \pm q_s + q_w + q_d, \quad (1.0)$$

kde

- *tok tepla sdílený konvekcí $q_k = f(t, w)$,*
kde t (°C) je teplota vzduchu,
 w (m/s) je rychlost proudění vzduchu
- *tok tepla sdílený sáláním $q_s = f(t_r)$,*
kde t_r (°C) je střední radiační teplota
- *tok tepla odváděný vypařováním potu $q_w = f(t, \varphi)$,*
kde t (°C) je teplota vzduchu,
 φ (-) relativní vlhkost vzduchu
- *tok tepla odváděný dýcháním $q_d = f(t, \varphi)$,*
kde t (°C) je teplota vzduchu,
 φ (-) relativní vlhkost vzduchu.^[1]



Pokud se vyskytují na pravé straně rovnice kladná znaménka, veličiny pojednávají o předávání přebytečného tepla těla, které vzniklo právě fyzickou aktivitou, do okolních prostor. Typickým příkladem je sportovní hala a sportující jedinci. Může se ovšem stát, že tělo přijímá teplo z okolí. V tomto případě budou na pravé straně rovnice záporná znaménka, čili mínus. Typickým příkladem této situace je pracovní činnost ve slévárnách, kde pracovníci obsluhují vysoké pece tavící ocel. Pro lepší představu můžeme uvést příklad odpočívajícího člověka v sauně. V těchto případech nastává situace, kdy se na povrchu těla utváří kapičky potu, které se vypařují do prostoru, a tím tělo vyrovnává tyto toky tepla působící na člověka. K tomuto jevu dochází, i když je člověk v absolutním klidu.

4.2 VZDUCHOTECHNICKÉ SYSTÉMY

Vzduchotechnické systémy obstarávají větrání budov. Větráním je myšleno přivádění čerstvého vzduchu do budovy a odvádění znehodnoceného špinavého vzduchu, při čemž mohou být také odváděny přebytečné vnitřní tepelné zisky. Větrání se rozděluje na dva základní způsoby, a to:

- větrání přirozené,
- větrání nucené.

4.2.1 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ

Jedná se o větrání, které je obstaráváno samotnými fyzikálními zákony. Mezi hlavní typy přirozeného větrání patří aerace, která je hojně využívána v průmyslových halách a objemných objektech. Mimo aerace se můžeme také setkat s šachtovým odvětráváním lokálních míst, jako jsou například záchody, koupelny, sporáky nebo krbová kamna v obývacích místnostech.

4.2.2 NUCENÉ VĚTRÁNÍ

Nucené větrání je takové větrání, kdy si nepostačíme pouze s fyzikálními zákony a potřebujeme zařízení, které znehodnocený vzduch odvede nějakým způsobem z místnosti ven do okolí. Nucené větrání můžeme rozdělit na několik druhů, a to na místní přívod vzduchu, místní odsávání vzduchu a celkové větrání.^[3]



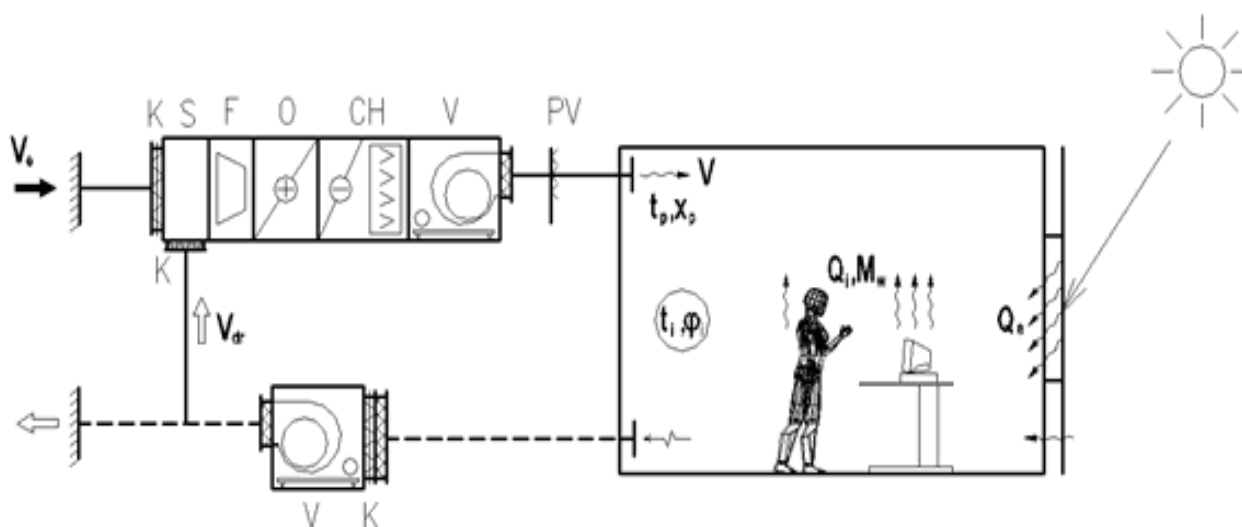
V naprosté většině budov však nestačí jen pouze větrat. Proto, aby se docílilo optimálních podmínek tepelné pohody, je nutné regulovat teplotu vzduchu v závislosti na venkovních a vnitřních podmínkách. Takovéto větrání s úpravou vzduchu zajistí klimatizační systémy.

4.3 KLIMATIZAČNÍ SYSTÉMY

Tyto systémy nejen, že umožňují větrání místností, ale také vzduch upravují na požadované teploty a vlhkosti, tak aby bylo zajištěno nejlepších podmínek pro jejich obyvatele či zařízení. Na obrázku 4-1 je znázorněno schéma klimatizačního zařízení. Toto zařízení slouží pro úpravu vzduchu ve vnitřním prostoru budovy.

Obecné zařízení na schématu je vybaveno ventilátory pro odvod a přívod vzduchu (V), ohřivačem přiváděného vzduchu (O). Toto zařízení je určeno pro zimní i letní režim. V případě zimního režimu využívá parního zvlhčovače (PV), pro případ letního režimu chladičového zařízení (CH).

Tak aby byl provoz klimatizačního systému co nejušpornější a tedy nejlevnější, opatřujeme jej směšovací komorou (S), která nám zajišťuje míchání ve správném poměru čerstvého přívodního vzduchu z okolí se vzduchem odváděným, který předává teplo čerstvému vzduchu. Z hygienických důvodů je zde instalován také filtr atmosférického vzduchu (F) a uzavírací klapky pro případ odstavení funkčnosti klimatizačního systému.



Obrázek 4-1 – Klimatizační jednotka – <http://www.tzb-info.cz/>



Proto, aby byl správně seřízen klimatizační systém, je nutné jej regulovat na základě proměnnosti okrajových podmínek v průběhu roku (tzn. Venkovního klimatu, vnitřních zátěží jak tepelných, tak vlhkostních). Z důvodu proměnnosti těchto podmínek je nejlepším řešením automatické řízení procesů úpravy vzduchu.

Mezi základní kategorie klimatizace se řadí:

- **Klimatizace komfortní** – upravuje prostředí z hlediska hygienických požadavků pro správné činnosti lidského organismu. Tato klimatizace se využívá v obytných a shromažďovacích prostorech (kina, motely apod.)
- **Klimatizace technologická** – upravuje prostředí z hlediska technologických požadavků pro správné činnosti výrobních strojů. Stejně tak tam, kde je kladen důraz na nadměrnou čistotu (výroba elektrotechnických součástí, farmacie atd.)

Klimatizace dále rozdělujeme:

- **Klimatizace dílčí** – slouží jen k částečné úpravě. Například pouhé chlazení v letních horkých měsících.
- **Klimatizace celková** – Tato klimatizace zahrnuje veškeré úpravy vzduchu po celý rok. To znamená teplota, vlhkosti a čistota vzduchu.
- **Klimatizace jednozónová** – Tento druh klimatizace upravuje vzduch právě v jednom jediném prostoru, respektive ve vícero prostorech, nicméně se stejnými charaktery provozu a tepelnými zátěžemi. Takovéto systémy jsou vybaveny pouze jednou klimatizační jednotkou, která je řízena čidly v jednotlivých zónách (prostorech).
- **Klimatizace vícezónová** – Tyto klimatizace jsou umísťovány do budov s vyšším počtem kanceláří (respektive místností). Teplý i chladný vzduch je po budově rozváděn vzduchovody. Alternativním řešením je rozvádění tepla a chladu vodním potrubím nebo chladivovým potrubím.^[2]



5 ZDROJE CHLADU PRO KLIMATIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ

Zdroje chladu rozdělujeme do několika skupin. První skupinou jsou zařízení se zdrojem chladu, které je založeno na oběhu chladiva (absorpční, kompresorové). Druhou skupinou jsou zařízení, která fungují principiálně na termoelektrickém chlazení (Peltierův článek). Poslední skupinou jsou alternativní zdroje chlazení, které využívají nízké teploty okolního prostředí (zemní a noční chlazení).

o **Kompresorové chlazení**

Proto, abychom získali chladící energii, se často využívá kompresního procesu chlazení. Při tomto procesu je chladivo nasáváno v plynném skupenství a dochází k jeho kompresi. Takto stlačené páry chladiva jsou ohřívány a dopravovány do kondenzátoru, kde se ochlazují a zpětně kondenzují v kapalinu. Při tomto procesu odevzdají teplo, které se využívá například k vytápění vnitřních prostorů. Tento proces je prováděn pomocí vzduchu, ale také můžeme použít jako alternativu vodu. Po výtlačku z kondenzátoru je chladivo v kapalném stavu transportováno skrze škrťací ventil, kde dochází ke snížení tlaku chladiva na takzvaný výparný tlak. Skrze škrťací ventil je chladivo dopraveno až do výparníku, kde se vypaří. Teplo k evaporaci je získáno z chladící vody, která je chlazená. Pak se celý cyklus opakuje.

Existují tyto druhy kompresorového chlazení, které jsou tříděny na základě druhu kompresoru:

- Se spirálovým kompresorem (scroll),
- S pístovým kompresorem,
- S turbokompresory,
- Se šroubovým kompresorem.^[6]



5.1 CHLADIVOVÉ SYSTÉMY

Dvě hlavní části klimatizačních chladivových systémů jsou venkovní jednotky a vnitřní jednotky. Obě jednotky jsou propojeny chladivovým potrubím (tím jsou myšleny dvě trubky, kdy jedna je pro plynné chladivo a druhá pro chladivo kapalné).

○ Venkovní jednotky

Venkovní jednotky se umísťují zpravidla na střeše, pokud jsou instalovány split systémy, tak je možné je umísťovat na venkovní obvodové stěně. Tyto jednotky obsahují kompresor, ventilátorové zařízení a v neposlední řadě výměník chladivo/venkovní vzduch.

○ Vnitřní jednotky

Tyto jednotky se umísťují ve vnitřních prostorách budovy. Tyto jednotky obsahují filtr, který čistí oběhový vzduch, dále ventilátorové zařízení pro zajištění oběhového vzduchu (pokud je přiváděn i venkovní vzduch, tak toto zařízení zajišťuje dopravu vzduchu smíšeného) a v neposlední řadě obsahuje také jako venkovní jednotka výměník tepla, který zajišťuje výměnu tepla mezi chladivem a vnitřním vzduchem.

Chladivové systémy se rozdělují do tří základních provedení, a to na split systémy jednozónové, vícezónové multisplit systémy s konstantním průtokem chladiva a na vícezónové multisplit systémy s proměnným průtokem chladiva.

○ Jednozónové split systémy

Jednozónové split systémy jsou určeny pro chlazení, ale také pro ohřev (v případě, že bude provedena instalace tepelného čerpadla) jedné jediné zóny (bytu, místnosti, administrativní místnosti). Je tvořen vnitřní a venkovní jednotkou, při čemž regulace je zajištěna termostatem, který je umístěn v dané zóně. Termostat pak funguje na metodě ON/OFF - zapíná a vypíná kompresor ve venkovní jednotce.



- **Vícezónové multisplit systémy s konstantním průtokem chladiva**

U tohoto systému je instalováno více vnitřních jednotek v poměru k jedné venkovní jednotce. Díky tomuto systému je pak možné chladit či vytápět více zón najednou. Regulace tepelného výkonu probíhá na základě umístěných termostatů do jednotlivých zón. Tyto termostaty pak uzavírají a otevírají přívody chladiva do vnitřních jednotek s následným odpojením kompresoru ve venkovní jednotce. Některé systémy obsahují ve venkovní jednotce více malých kompresorů, které zásobují jednotlivé zóny, tímto provedením je pak zajištěna snazší regulace výkonu chlazení či ohřevu.

- **Vícezónové multisplit systémy s proměnným průtokem chladiva**

V tomto případě je také na jednu jedinou venkovní jednotku chladivového systému instalováno více vnitřních jednotek (30 a více jednotek). Vnitřní jednotky obsahují výměníky tepla, které jsou vybaveny škrťacími ventily. Tyto ventily jsou regulovány na základě umístěných termostatů uvnitř místností. Ve venkovní jednotce je pak instalován kompresor s frekvenčním měničem. Frekvenční měnič obstarává proměnné otáčky kompresoru v závislosti na potřebném chladícím výkonu.

5.2 SYSTÉMY UMOŽŇUJÍCÍ PARALELNÍ OHŘEV A CHLAZENÍ

Systémy, které umožňují zároveň vytápět i chladit, jsou systémy multisplit s proměnným průtokem chladiva. S tímto systémem přišla na trh jako první firma Daikin, která jej pojmenovala jako systém VRV (Variable Refrigerant Volume) a svůj název si patentovala. Ostatní firmy proto využívají názvu VRF (Variable Refrigerant Flow). Princip systému je ovšem stejný.

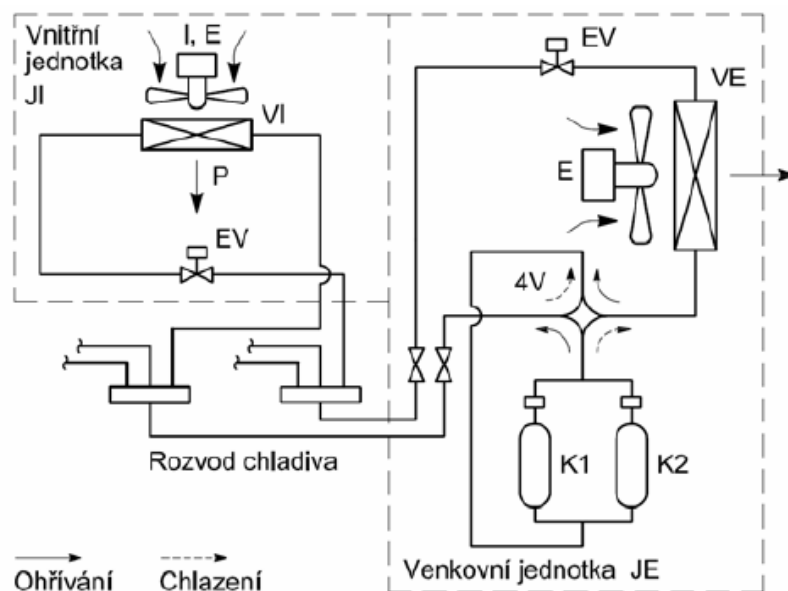
Tyto systémy s proměnným průtokem chladiva se vždy doplňují o jednodukalový vzduchový systém, který slouží pro přívod venkovního vzduchu tak, aby byly splněny hygienické požadavky.

Na obrázku 5-1 níže je uvedeno schéma systému, které nám z principiálního hlediska zobrazuje provedení paralelního chlazení a ohřevu. To znamená možnost přepínat z chladicího režimu do režimu vytápění tepelným čerpadlem tak, že



využijeme instalovaného čtyřcestného ventilu 4V. V režimu chlazení se stlačené páry transportují z kompresorů K1 a K2 skrze čárkovanou trasu do venku umístěného výměníku VE, který je ve funkci kondenzátorové. Tyto páry ve výměníku zkondenzují a tento kondenzát je dopravován do vnitřních jednotek. V tomto případě je škrtkovací ventil EV ve venkovní jednotce odstaven. Po expanzi tlaku škrtkovacím ventilem EV instalovaném ve vnitřní jednotce dochází ve výměníku VI k evaporaci kapalného chladiva. Díky fyzikálním zákonům dochází k ochlazení vzduchu I,E, který proudí skrze vnitřní jednotku. Páry chladiva jsou dále nasávány kompresorem přes škrtkovací ventil 4V.

Když přepneme do režimu tepelného čerpadla, tak stlačené páry z kompresoru (plnou trasou ventilu 4V) proudí do vnitřních jednotek do výměníků VI. Tam páry mění skupenství na kapalinu a tím předávají tepelnou energii k ohřevu vnitřního vzduchu I, E (tentokrát je škrtkovací ventil EV instalovaný ve vnitřní jednotce odstaven z funkce). Zkapalněné chladivo se dále dopravuje skrze venkovní jednotky, ve kterých po seškrtnutí ventilem EV dochází k evaporaci. V této chvíli se teplo potřebné k evaporaci odnímá venkovnímu vzduchu E vzduchu, který přes venkovní výměník prochází.^[2]



Obrázek 5-1 – Schéma systému s tepelným čerpadlem – [2]



5.3 MĚŘENÍ A POSOUZENÍ STAVU

Proto, aby byla maximalizována účinnost pracujících lidí, je potřeba, aby byla zajištěná tepelná pohoda uvnitř daného objektu. Na toto konto byly sepsány tři zákony platné pro Českou republiku. Ne vždy jsou však tyto zákony dodržovány, a tím nejsou zajištěny ani kvalitní podmínky pro lid obývající tyto prostory. Parametry vnitřního prostředí, kterým se věnují tyto zákony, se souhrnně nazývají mikroklima.

Tyto parametry jsou stanoveny na základě druhu vnitřních prostor, kde hlavním hlediskem je činnost, kterou lid v těchto prostorách vykonává.

5.3.1 MĚŘENÍ PARAMETRŮ MIKROKLIMATU

V zásadě se při kontrole měří tyto parametry:

- Teplota
- Vlhkost proudění vzduchu v prostředí
- Vlhkost vzduchu
- Měření tlakového spádu
- Měření částic nečistot ve vzduchu

MĚŘENÍ TEPLoty

Proto, abychom mohli posoudit tepelnou pohodu osob, nelze měřit klasickou pokojovou teplotu, nýbrž teplotu výslednou t_g [°C], což je jinými slovy teplota kulového teploměru. Tato teplota se měří právě kulovým teploměrem, což je teploměr se sondou, která je implementována do baňky kulového tvaru.



Obrázek 5-2 – Kulový teploměr – [17]



MĚŘENÍ RYCHLOSTI PROUDĚNÍ VZDUCHU V PROSTŘEDÍ

Proto, abychom mohli naměřit korektní data rychlosti proudění vzduchu ve vnitřních prostorech, je potřeba využít technických zařízení, která jsou schopna měřit velmi malé rychlosti proudění (v rozsahu 0,05 až 0,5 m/s). Pro tyto situace lze využít lopatkové anemometry – využívající mechanických účinků proudícího vzduchu nebo žárové anemometry.



Obrázek 5-3 – Anemometr – [17]

MĚŘENÍ VLHKOSTI VZDUCHU

Proto, abychom správně posoudili vlhkost vnitřního prostředí, je zapotřebí naměřit relativní vlhkost vzduchu, který se v daném prostředí vyskytuje. Relativní vlhkost je vlastně poměr mezi aktuálním množstvím vodních par ve vzduchu na množství par, které by se měly ve vzduchu o stejném tlaku a teplotě vyskytovat při jeho plném nasycení. Tato veličina je uváděna v procentech. Pro měření relativní vlhkosti se využívají kapacitní vlhkoměry, kdy se na hodnotu vlhkosti převádí kolísání elektrické kapacity čidla.^[17]



5.4 KONTROLA KLIMATIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ

Klimatizační systémy se v současné době kontrolují na základě dvou základních dokumentů a to na základě zákona č. 406/2000 Sb. O hospodaření energií, konkrétně novela č. 177/2006 Sb. a na něj navazující vyhlášky č. 277/2007 Sb. ze dne 19. října 2007 o kontrole klimatizačních systémů.

Klimatizační systém je komplexní řadou zařízení a prvků, které je třeba kontrolovat. Při pohledu na jednotlivé prvky, které je samostatně potřeba kontrolovat z rozdílných úhlů pohledu – spotřeba energie, ověření všech čidel, akčních členů, vnitřních parametrů, kvalita vzduchu nebo třeba ověření správného navrhování, je důležité ověřování energetických bilancí klimatizovaných prostor a monitorování provozu klimatizace. Kdyby probíhala takto detailní kontrola, nebyla by pro řadu majitelů přijatelná. Proto se provádí pouze vizuální kontrola a v případě nalezení viditelného defektu, či je viditelná špatná funkce chovající se odlišně od dostupné dokumentace, je třeba provést monitorování a analýzu tohoto systému, nebo ji alespoň majiteli doporučit.^[9]



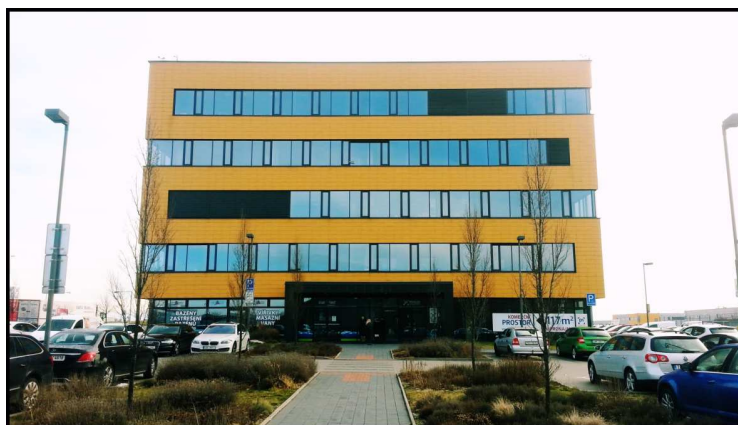
6 ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA P3 HORNÍ POČERNICE

6.1 O BUDOVĚ

Jedná se o moderní administrativní budovu, která nabízí vzdušné kancelářské prostory s vysokým standardem o výměře čtyři tisíce metrů čtverečních a přízemními obchodními prostory o výměře tisíce metrů čtverečních. Velikost jednotlivých prostor je pak přibližně od sta metrů čtverečních. V přízemním patře budovy se také nachází centrální recepce se správou areálu a restaurace, která je součástí objektu. Do vyšších pater budovy lze cestovat dvěma osobními výtahy. V případě evakuace či provozních problémů výtahu lze využít požární únikové schodiště.

Budova disponuje přízemím, které bylo v této práci zanedbáno z důvodu omezené dokumentace. Dále dalšími čtyřmi patry, která jsou pro projektanta vzduchotechniky prakticky totožná. Dále střešní nadstavbou obsahující strojovnu vzduchotechniky, zasedací kancelář, technickou místnost, kuchyňku a záchody. Okolo administrativní budovy A1 se nachází dostatek povrchových parkovacích míst pro zaměstnance a jejich zákazníky.

Budova je umístěna v dosud největším pražském průmyslovém parku Point Park Horní Počernice – Praha 9 na adrese Do Čertous 2658/1. Tato lokalita se pyšní výbornou dostupností, jak veřejnou dopravou pražského podniku, tak také osobními auty, protože je umístěna u přímého napojení na pražský dopravní okruh, což přináší rychlou dostupnost z nebo do centra Prahy, stejně tak ve směru na Mladou Boleslav, Liberce či Hradce Králové.



Obrázek 6-1 – Budova A1 Horní Počernice



6.2 SOUČASNÝ STAV VZDUCHOTECHNICKÉHO A KLIMATIZAČNÍHO SYSTÉMU

Realizace páteřních vzduchotechnických rozvodů, včetně strojovny VZT v nejvyšším šestém patře proběhla s přesným souladem projektu pro stavební povolení 06/2007. Po této realizaci na ně byly napojeny přívodní a odvodní rozvody vzduchu podle tehdejší dispozice jednotlivých místností.

Čerstvý vzduch je ze strojovny přiváděn přes VRF jednotky, které jsou napojeny na koncové elementy, nebo přímo do koncových elementů instalovaných v podhledu v jednotlivých místnostech. Znečištěný, odpadní vzduch je z místnosti odváděn přes perforovaný element nad podhled místnosti. Nad podhledem je dále s odpadním teplem přes centrální odvodní potrubí odváděn zpět do větrací jednotky ve strojovně.

Na jednoho zaměstnance na pracovišti je přiváděno množství vzduchu o průtoku 50 m³/h čerstvého vzduchu. Na návštěvníka je uvažován průtok vzduchu o velikosti 30 m³/h. Filtrace vzduchu probíhá v centrální větrací jednotce, kde probíhá ohřev na 22°C, v létě pak chlazení na 26°C. V zimním období pak dochází k vlhčení na minimální relativní vlhkost 35 %.

Doprovávané množství vzduchu vzduchotechnikou pro druhé nadzemní patro je 5110 m³/h (přestože v projektu pro stavební povolení je uvažované množství přiváděného vzduchu 6000 m³/h).^[4] V případě čtvrtého nadzemí je pak dopravované množství 6200 m³/h (v projektu pro stavební povolení bylo uvažováno jen 5900 m³/h).

Instalované rozvody vzduchotechniky pro odvětrání všech kancelářských prostor a rozvody VRV pro chlazení a vytápění těchto jednotlivých místností jsou v souladu s platnými předpisy, projektem pro stavební povolení z 06/2007 a s požadavky nájemců.

V prováděcí dokumentaci byly projektovány jednotky VRV na výrobce DAIKIN, ovšem během realizace byl zaměněny za výrobce LG. „*Technické parametry ve vztahu k požadavku zajištění parametrů vnitřního prostředí zůstaly zachovány.*



Původní dvojtrubkový systém byl rozšířen na třítrubkový, kdy každá vnitřní jednotka může libovolně topit, chladit a teplo i chlad si mezi sebou přímo předávat bez využití kompresoru venkovní jednotky. V souladu s původním návrhem jsou použity potrubní jednotky, které si nasávají vzduch v podhledu. Tepelně jej upraví (ohřev nebo chlazení) a přes ohebné potrubí je vzduch přiveden do místnosti. Odtud je vzduch nasáván zpět do podhledu přes perforovaný element. Ovládání vnitřních jednotek VRV je pomocí drátových ovladačů umístěných na zdi.^{45]}

Záměna systému DAIKIN za systém LG se zdá jako nesprávná volba dostupné varianty. U nízkých hodnot teploty pod bodem mrazu venkovní nezakryté kompresory, především ty, co nejsou zakryty stěnou strojovny v šestém nadzemí, namrzají a celý systém v budově odmítá spolupracovat. Stává se nečinným. Tento stav se nepodařilo potvrdit z důvodu teplé zimy. Stejně tak přestává pracovat podle objektivních informací při vysokých letních teplotách.



Obrázek 6-2 – Aktuálně instalované vnější jednotky klimatizace LG



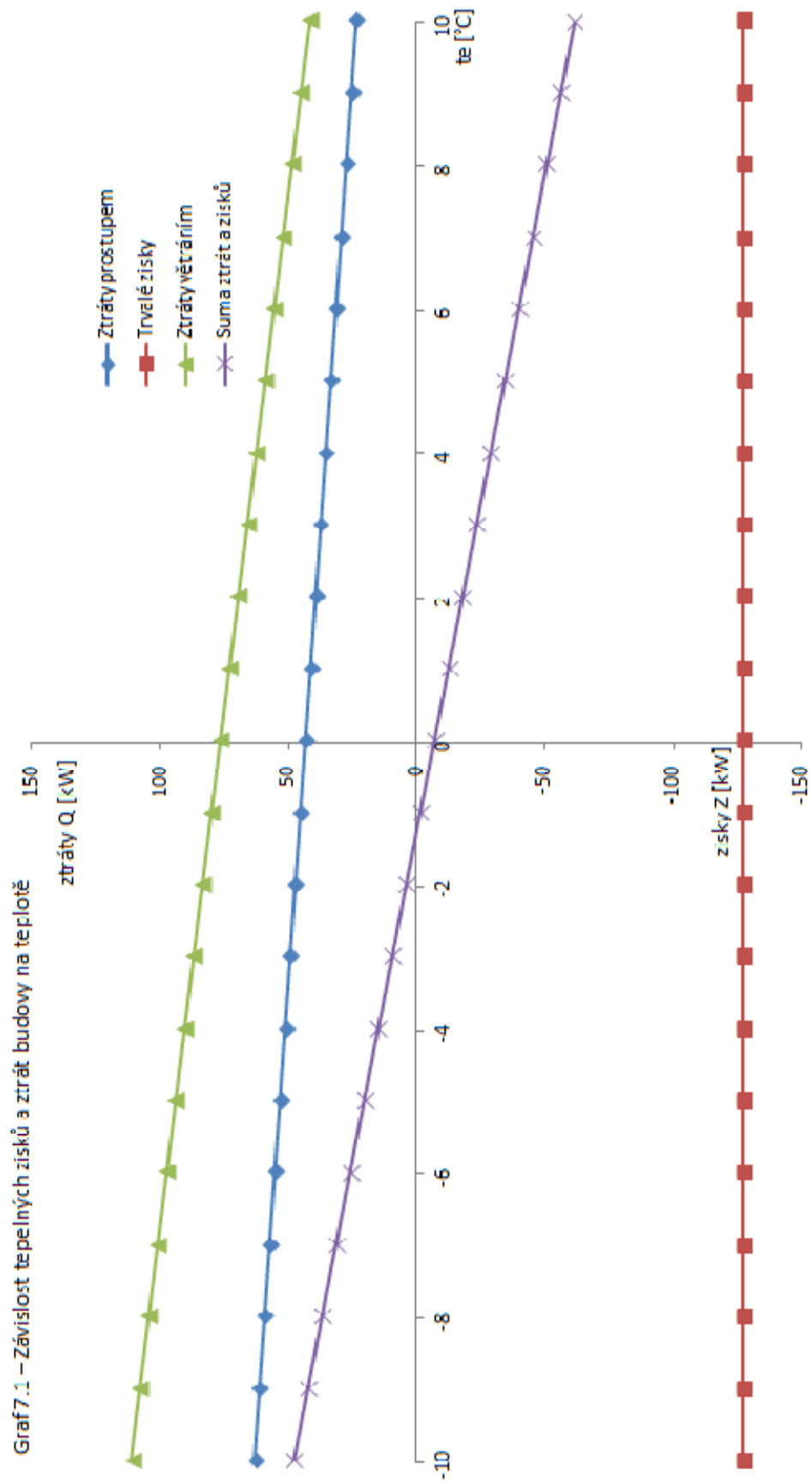
7 TEPELNÉ ZTRÁTY A ZISKY BUDOVY

Proto, abychom mohli navrhovat optimální klimatizační zařízení je potřeba vypočítat tepelné ztráty objektu pro zimní období a tepelné zisky objektu pro období letní. Zpravidla se tyto výpočty provádí pro extrémní venkovní podmínky, které mohou v daném lokálním místě nastat.

7.1.1 ÚVODNÍ POPIS VÝPOČTU

Budova byla rozdělena na jednotlivá patra. Jak již bylo zmíněno, na základě omezené dostupnosti dokumentací a výkresů nebylo řešeno přízemí budovy. Druhé, třetí a čtvrté nadzemní patra jsou z hlediska tepelných zisků a ztrát totožná, tudíž jsou dále řešena hromadně jako patro „x“. Páté nadzemní patro je prakticky také totožné s jedinou výjimkou, a tou je kontakt s vnějším prostředím skrze stropní konstrukci. Posledním nejvyšším šestým patrem je strojovna. Každé patro bylo rozděleno na dvě části – obálku a vnitřek budovy. Pomocí rozměrů z výkresové dokumentace byly spočítány plochy zdí. Na základě odečtených informací z výkresu byly od stěn odečteny otvory (okna, dveře), pro které se ztráta prostupem počítala zvláště z důvodu odlišných součinitelů prostupem tepla. Jelikož je budova administrativního typu, byla uvažována konstantní teplota ve všech místnostech. Z počátku byly spočteny ztráty i zisky prostupem a větráním pro každou místnost budovy, výsledky jsou uvedeny v grafu na následující stránce. Z grafu je zřetelné, že budova je při teplotě přibližně -1°C v rovnovážném stavu, to znamená, že nevykazuje žádné zisky ani ztráty.

Cílem této práce je navrhnutí nového systému, proto byly vybrány místnosti, do kterých se umístí nové vnitřní jednotky. Na rozdíl od stávajícího systému LG byly tyto místnosti ještě dále rozděleny na kancelářské místnosti a technické místnosti. Pro technické místnosti se znatelnými tepelnými zisky bude navržen samostatný systém chlazení. Kanceláře jsou zpravidla součástí obálky budovy. Pro tyto vybrané místnosti budou dále uváděny konkrétní hodnoty tepelných zisků a ztrát. Výsledky ostatních místností jsou zanedbatelné, tudíž je řešení jejich chlazení či vytápění řešeno přečerpáváním chladu či tepla z vybraných místností, do kterých budou instalovány nové jednotky.





7.2 TEPELNÉ ZTRÁTY

Tepelné ztráty budov mohou počítat dle dvou norem:

- **ČSN 06 0210** – Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění
- **ČSN EN 12831** – Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu

Prvně jmenovaná česká norma, která je již zrušena, je založena na fyzikální podstatě a výpočtech, které jsou na ní závislé. Druhá norma, a to evropská, je založena na ohromném množství opravných součinitelů.

Tepelné ztráty budovy se počítají pro zimní období, kdy je budovu potřeba vytápět. V tomto konkrétním případě se na základě dostupných informací a osobní návštěvy budovy zjistily technické vlastnosti budovy, a to jak tloušťky stěn, jejich vlastnosti, tak specifikaci oken. Po získání všech těchto informací nebylo nic jednoduššího než stanovit tepelné ztráty pomocí již zmiňované normy ČSN 060210.

7.2.1 VSTUPNÍ HODNOTY PRO VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

ZTRÁTY PROSTUPEM

Ve výpočtech se počítalo s následujícími vstupními hodnotami:

Tabulka 7-1 – Vstupní hodnoty pro výpočet ztrát prostupem

Součinitel prostupu tepla U [W/m ² ·K]	
Vnější stěny	0,3
Vnitřní stěny	2,2
Stropu do patra /podlahy	0,6
Stropu na střeche	0,3
Oken / venkovních dveří	1,1
Vnitřních dveří	2,2
Teplota [°C]	
t _e	-12
t _i	22



Rozměry kanceláří a samotných stěn včetně jejich výšek byly použity na základě dostupných výkresů. Součinitel prostupu tepla okny a dveřmi byl použit na základě dokumentace konkrétních modelů (modely z výrobních řad SAINT GOBAIN GLASS COOL-LITE ST).^[18]

ZTRÁTY VĚTRÁNÍM

Ztráty větráním se dělí na ztráty infiltrací, respektive průvzdušností a na ztráty nuceným větráním, kdy dochází k výměně vzduchu. Infiltrace při modelu instalovaných oken byla zanedbána. Průtok vzduchu na člověka byl uvažován totožný z dostupné dokumentace pro stavební povolení. Ve výsledku je celkový přiváděný vzduch na patro pro zaměstnance i návštěvníky dostačující, proto není potřeba řešit alternativní řešení vzduchotechniky.^[19]

Ve výpočtech se počítalo s následujícími vstupními hodnotami:

Tabulka 7-2 – Vstupní hodnoty pro výpočet ztrát větráním

Průtok vzduchu V [m ³ /h]	
Pro zaměstnance	50
Pro návštěvníka	30
Teplota [°C]	
t _e	-12
t _i	22
t _{zzt}	8,4
Hustota vzduchu [kg/m ³]	
ρ	1,2
Měrná tepelná kapacita vzduchu [J/kg·K]	
c	1010
Účinnost zpětného získávání tepla	
η _{zzt}	0,6



7.2.2 VÝSLEDNÉ HODNOTY ZTRÁT KANCELÁŘÍ

V následující tabulce jsou uvedeny vypočtené hodnoty pro kanceláře v druhém, třetím a čtvrtém patře. Tyto hodnoty byly spočteny podle normy ČSN 060210. Všechny místnosti mají kontakt s vnějším prostředím.

Tabulka 7-3 – Výsledné hodnoty tepelných ztrát pro zimní období pro x-té nadzemí

Kancelář	Ztráty				
	i [ks]	j [ks]	Q _P [W]	Q _V [W]	Z _T [W]
x.4	2	2	753	733	608
x.18	2	2	597	733	608
x.20	0	0	298	0	0
x.21	7	3	1589	2015	4080
x.22	2	1	309	595	1646
x.23	8	6	790	2656	2308
x.24	3	6	466	1511	1098
x.25	5	5	1672	1831	1520
x.26	3	3	345	1099	912
x.27	4	3	691	1328	2254
x.28	0	7	0	962	434
x.29	1	1	0	366	304
x.33	4	3	460	1328	1154
x.34	2	2	769	733	608
x.35	2	2	503	733	608
x.36	2	1	662	595	546
x.37	1	3	500	641	1528
x.38	1	3	324	641	428
x.39	8	3	1671	2244	2122
x.40	5	3	1144	1557	1396

V následující tabulce na další straně jsou uvedeny hodnoty pro páté nadzemní patro a strojovnu, která je současně nejvyšším šestým nadzemním patrem budovy. Tato strojovna obsahuje dvě zasedací místnosti, které je potřeba vytápět nebo chladit. Zasedací místnosti jsou z větší části prosklené, dále umožňují skrze prosklené dveře vyjít na střechu budovy. Přesto si můžeme povšimnout, že ztráty větráním jsou přibližně o polovinu hodnoty ztráty prostupem vyšší.



Tabulka 7-4 – Výsledné hodnoty tepelných ztrát pro zimní období pro páté nadzemí a strojovnu

Kancelář	Ztráty				
	i [ks]	j [ks]	Q _P [W]	Q _V [W]	Z _T [W]
5.4	3	6	1102	1511	1098
5.18	2	0	866	458	484
5.20	0	0	583	0	0
5.21	4	0	2155	916	3168
5.22	2	0	529	458	484
5.23	4	0	1355	916	968
5.24	4	0	798	916	968
5.25	8	0	2386	1831	1936
5.26	1	2	534	504	366
5.27	6	0	1074	1374	1452
5.33	1	0	682	229	242
5.34	1	0	1048	229	242
5.35	1	0	711	229	242
5.36	2	0	898	458	484
5.37	0	8	674	1099	496
5.38	0	6	440	824	372
5.39	8	3	2138	2244	3222
5.40	5	3	2083	1557	2496
6.3a	0	20	1919	2747	5200
6.3b	0	20	1919	2747	5200

7.3 TEPELNÉ ZISKY BUDOVY

V případě výpočtu tepelných zisků klimatizovaných prostorů se využívá normy ČSN 730548, podle které byly také zisky budovy v Horních Počernicích spočteny.

7.3.1 VNITŘNÍ TEPELNÉ ZISKY

Vnitřními tepelnými zisky se rozumí tepelné zisky od strojů, technologického vybavení. Dále tepelných zisků od lidí obývajících dané místnosti. Tyto informace byly získány na základě doložených výkresů a dodatečném překontrolování při osobní návštěvě. V tomto případě mohou být informace zavádějící, protože tyto informace byly získané od zaměstnanců na recepcích firem, nebo dokonce samotných



pracujících. Při komunikaci s nimi bylo evidentní, že nejeví přílišnou ochotu se s danými čísly podělit, zřejmě z důvodu časového a pracovního presu. Proto jen narychlo oznámili nějaké číslo na základě jejich domněnky, nikoliv na přesném spočtení. Tepelné zisky od osvětlení taktéž nebyly započteny, protože jejich přesné rozmístění není zjistitelné.

Byly uvažovány následující hodnoty tepelných zisků od trvalých zdrojů:

Tabulka 7-5 – Uvažované hodnoty tepelných zisků od trvalých vnitřních zdrojů tepla

Tepelné zisky [W]	
Zaměstnanec	62
Návštěvník	62
Stolní počítač	145
Monitor	35
Sporák	1460
Svítlidla ve strojovně	30
Chladnička	237
Myčka	145
Rychlovarná konvice	70
Velká kopírka	1100
Server	2500

7.3.2 VNĚJŠÍ TEPELNÉ ZISKY

Vnější tepelnými zisky se rozumí zisky prostupem obálkou budovy, kdy je venkovní vzduch teplejší než vnitřní a také tepelné zisky radiací od slunečního záření. Zisky od sluneční radiace je potřeba stanovit pro každou hodinu alespoň vždy pro 21. den kalendářních měsíců. V tomto výpočtu byly vypočteny hodnoty pro měsíce březen, duben, květen, červen, červenec, září, říjen, listopad. Následně pak byly zjištěny maximální hodnoty pro každou místnost. Den i hodina je pro každou místnost odlišná, protože u tohoto výpočtu je zejména důležitá orientace stěn vůči světovým stranám. Může se stát, jak se stalo i při tomto výpočtu, že maximální hodnota od sluneční radiace se vyskytuje v měsíci březnu nebo listopadu. V těchto případech je pak zapotřebí uvážit, zdali není vhodnější zvolit měsíc, kdy je sice hodnota sluneční radiace nižší, ale za to je venkovní teplota vzduchu teplejší a tudíž i větší zisky prostupem.



Pro výpočet vnějších tepelných zisků bylo nutné stanovit několik součinitelů a dalších vstupních hodnot s přihlédnutím na postavení budovy (průmyslová zóna) a stínících prvků (žaluzie). Tyto hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce 7-6.

Tabulka 7-6 – Vstupní hodnoty součinitelů pro výpočet tepelných zisků kanceláří

Součinitel	
Korekce na čistotu atmosféry H	0,85
Stínící součinitel pro zdvojené okno s_1	0,9
Stínící součinitel stínících prostředků s_2	0,15
Teplota [°C]	
t_{emax}	30
t_i	26

7.3.3 VÝSLEDNÉ HODNOTY ZISKŮ KANCELÁŘÍ

Tabulka 7-7 – Výsledné hodnoty tepelných zisků pro letní období pro x-té nadzemí

Kancelář	Zisky					
	i [ks]	j [ks]	Z_p [W]	Z_v [W]	Z_T [W]	Z_R [W]
x.4	2	2	-54	-431	608	1591
x.18	2	2	-43	-431	608	1261
x.20	0	0	-22	0	0	631
x.21	7	3	-311	-1185	4080	3154
x.22	2	1	-34	-350	1646	519
x.23	8	6	-88	-1562	2308	1329
x.24	3	6	-52	-889	1098	783
x.25	5	5	23	-1077	1520	1979
x.26	3	3	22	-646	912	134
x.27	4	3	43	-781	2254	268
x.33	4	3	-33	-781	1154	973
x.34	2	2	-150	-431	608	1563
x.35	2	2	8	-431	608	858
x.36	2	1	11	-350	546	1129
x.37	1	3	8	-377	1528	853
x.38	1	3	5	-377	428	553
x.39	8	3	25	-1320	2122	1978
x.40	5	3	80	-916	1396	482



Tabulka 7-8 – Výsledné hodnoty tepelných zisků pro letní období pro páté nadzemí a strojovnu

Kancelář	Zisky					
	i [ks]	j [ks]	Z _P [W]	Z _V [W]	Z _T [W]	Z _R [W]
5.4	3	6	-54	-889	1098	1591
5.18	2	0	-43	-269	484	1261
5.20	0	0	-22	0	0	631
5.21	4	0	-311	-539	3168	3154
5.22	2	0	-34	-269	484	519
5.23	4	0	-88	-539	968	1329
5.24	4	0	-52	-539	968	783
5.25	8	0	23	-1077	1936	1979
5.26	1	2	22	-296	366	134
5.27	6	0	43	-808	1452	268
5.33	1	0	-33	-135	242	973
5.34	1	0	-150	-135	242	1563
5.35	1	0	8	-135	242	858
5.36	2	0	11	-269	484	1129
5.37	0	8	8	-646	496	853
5.38	0	6	5	-485	372	553
5.39	8	3	25	-1320	3222	1978
5.40	5	3	80	-916	2496	482
6.3a	0	20	20	-1616	5200	1665
6.3b	0	20	24	-1616	5200	2399

V předchozích tabulkách si můžeme povšimnout, že v některých případech jsou nejmarkantnějším zdrojem tepelných zisků vnitřní trvalé zdroje. Tyto místnosti jsou především obývány administrátory nebo projektanty, kteří mají z pracovních důvodů potřebu vlastnit například velkou kopírku. Dále můžeme z tabulek vyčíst záporné hodnoty u tepelných zisků prostupem. Pro každou místnost je třeba volit den kdy je nejvyšší hodnota sluneční radiace mimo jiné na základě sluneční deklinace a orientace stěny s oknem vůči světovým stranám. Místnosti, které vykazují záporné hodnoty u prostupu, tedy ztráty jsou ozářeny slunečními paprsky o největší intenzitě v chladných měsících, například v listopadu. Pro tyto situace je lepší zanechat tyto dny jako dny s nejvyššími tepelnými zisky pro dané místnosti. Když byly přepočítány zisky prostupem tepla ve dnech s o něco nižšími hodnotami sluneční radiace



v měsících, kdy je venkovní vzduch teplejší (například červen), byly celkové zisky místnosti nižší než v chladných měsících. Hodnota sluneční radiace má v tomto případě vyšší váhu v konečném výsledku než hodnota prostupu skrze okno a stěnu.

7.4 EXTRÉMNÍ PŘÍPADY

V konečné fázi je pro samotné dimenzování systému nutné stanovit hodnoty extrémních případů. Tím se rozumí v případě zimního období součet tepelných ztrát prostupem a větráním, kdy nejsou trvalé zisky (od lidí, strojů atd.) započítány. K této situaci dochází například o víkendech nebo v nočních hodinách. V případě letního období dochází k extrémnímu stavu při současném působení sluneční radiace skrze okna, tepelnými zisky prostupem, tepelnými zisky větráním a tepelnými zisky od vnitřních zdrojů.^[20]

Tabulka 7-9 – Extrémy pro x-té nadzemí

Kancelář	Q_E [W]	Z_E [W]
x.1	733	608
x.2	275	124
x.3	275	124
x.4	1485	2254
x.18	1329	1913
x.20	298	652
x.21	3603	7544
x.22	904	2200
x.23	3446	3725
x.24	1977	1933
x.25	3503	3477
x.26	1444	1024
x.27	2019	2479
x.28	962	434
x.29	366	304
x.33	1788	2160
x.34	1502	2321
x.35	1236	1458
x.36	1257	1665
x.37	1141	2373
x.38	965	975
x.39	3915	4075
x.40	2700	1798

Tabulka 7-10 – Extrémy pro páté nadzemí a strojovnu

Kancelář	Q_E [W]	Z_E [W]
5.4	2613	2744
5.18	1324	1789
5.20	583	652
5.21	3070	6632
5.22	987	1038
5.23	2270	2385
5.24	1714	1803
5.25	4218	3893
5.26	1038	478
5.27	2448	1677
5.33	911	1248
5.34	1277	1955
5.35	940	1092
5.36	1356	1603
5.37	1773	1341
5.38	1264	919
5.39	4381	5175
5.40	3640	2898
6.3a	4666	6885
6.3b	4666	7623



8 NOVÝ SYSTÉM TOSHIBA

8.1 DIMENZOVÁNÍ SYSTÉMU PRO KLIMATIZACI KANCELÁŘÍ

8.1.1 VOLBA VNITŘNÍCH A VNĚJŠÍCH JEDNOTEK

Vnitřní jednotky se zvolí na základě extrémních hodnot jednotlivých místností. Venkovní jednotky se zvolí na základě sum extrémních hodnot místností na patře. Jednotky Toshiba jsou konstruovány tak, že mají vždy vyšší chladicí výkon, než topný. V případě stavu objektu v Horních Počernicích dochází taktéž k vyšším hodnotám v letním období, než v zimním, můžeme tedy brát jako stěžejní chladicí výkon a dle něj volit jednotky o správném výkonu.

Nový systém obsahuje celkem 4 venkovní jednotky. Každému jednomu patru náleží právě jedna venkovní jednotka s výjimkou strojovny. Vnitřní jednotky v zasedacích místnostech ve strojovně jsou napojeny k venkovní jednotce pro páté nadzemní patro. Venkovní jednotky jsou voleny o výkonu 110% potřebné zátěže. Hodnoty jednotlivých pater a názvy volených vnějších jednotek Toshiba z katalogu^[14] jsou uvedeny v tabulce 8-1:

Tabulka 8-1 – Volba vnějších jednotek

Nadzemí	Extrémy		Parametry venkovní jednotky		
	Q_E [kW]	Z_E [kW]	Název jednotky	Topný výkon [kW]	Chladicí výkon [kW]
x	37,1	45,6	MMY-AP2214FT8-E	63	56
5	38,7	42,2	MMY-AP2214FT8-E	63	56
6	13,1	14,8			



Obrázek 8-1 – Vnější jednotka Toshiba – [13]



Nový systém pro celý objekt obsahuje 86 vnitřních jednotek. Pro druhé, třetí a čtvrté nadzemní patro je rozmístění zátěží totožné, proto jsou jednotky o stejných výkonech instalovány podle stejného schématu. V tabulce níže je výpis mezistropních standardních jednotek Toshiba z katalogu^[14] pro druhé, třetí a čtvrté nadzemní patro.

Tabulka 8-2 – Volba vnitřních jednotek pro x-té nadzemí

Kancelář	Extrémy		Parametry vnitřní jednotky		
	Q _E [kW]	Z _E [kW]	Název jednotky	Topný výkon [kW]	Chladicí výkon [kW]
x.4	1,5	2,3	AP0096BHP-E	3,2	2,8
x.18	1,3	1,9	AP0076BHP-E	2,5	2,2
x.20	3,9	8,2	AP0306BHP-E	10	9
x.21					
x.22	0,9	2,2	AP0096BHP-E	3,2	2,8
x.23	3,4	3,7	AP0156BHP-E	5	4,5
x.24	2,0	1,9	AP0076BHP-E	2,5	2,2
x.25	3,5	3,5	AP0126BHP-E	4	3,6
x.26	1,4	1,0	AP0076BHP-E	2,5	2,2
x.27	2,0	2,5	AP0096BHP-E	3,2	2,8
x.33	1,8	2,2	AP0096BHP-E	3,2	2,8
x.34	1,5	2,3	AP0096BHP-E	3,2	2,8
x.35	1,2	1,5	AP0076BHP-E	2,5	2,2
x.36	1,3	1,7	AP0076BHP-E	2,5	2,2
x.37	1,1	2,4	AP0096BHP-E	3,2	2,8
x.38	1,0	1,0	AP0076BHP-E	2,5	2,2
x.39	3,9	4,1	AP0156BHP-E	5	4,5
x.40	2,7	1,8	AP0076BHP-E	2,5	2,2

Ke každé vnitřní jednotce je umístěn ovladač pro regulaci teploty kromě jednotky pro místnosti x.20, x.21 a 5.20, 5,21. Pro tyto místnosti je navržena jen jedna vnitřní jednotka, proto je opatřena dvěma kabelovými ovladači. Systém je centrálně řízen a monitorován pomocí ovladače SM1280ETLE. Jak již bylo zmíněno, vnitřní jednotky pro zasedací místnosti ve strojovně jsou napojeny k venkovní jednotce pro 5. nadzemí. Zapojení jednotek je podle totožného schématu, nicméně pro 5. nadzemí je jiné rozdělení zátěží od vnitřních zdrojů tepla, proto byly vnitřní



jednotky instalovány o odpovídajících výkonech. Uvedené výkony a názvy jednotek z katalogu^[14] pro tento systém jsou uvedeny v následující tabulce 8-3:

Tabulka 8-3 – Volba vnitřních jednotek pro páté nadzemí a strojovnu

Kancelář	Extrémy		Parametry vnitřní jednotky		
	Q _E [kW]	Z _E [kW]	Název jednotky	Topný výkon [kW]	Chladicí výkon [kW]
5.4	2,6	2,7	AP0126BHP-E	4	3,6
5.18	1,3	1,8	AP0076BHP-E	2,5	2,2
5.20	3,7	7,3	AP0276BHP-E	9	8
5.21					
5.22	1,0	1,0	AP0076BHP-E	2,5	2,2
5.23	2,3	2,4	AP0156BHP-E	5	4,5
5.24	1,7	1,8	AP0076BHP-E	2,5	2,2
5.25	4,2	3,9	AP0156BHP-E	5	4,5
5.26	1,0	0,5	AP0076BHP-E	2,5	2,2
5.27	2,4	1,7	AP0076BHP-E	2,5	2,2
5.33	0,9	1,2	AP0076BHP-E	2,5	2,2
5.34	1,3	2,0	AP0076BHP-E	2,5	2,2
5.35	0,9	1,1	AP0076BHP-E	2,5	2,2
5.36	1,4	1,6	AP0076BHP-E	2,5	2,2
5.37	1,8	1,3	AP0076BHP-E	2,5	2,2
5.38	1,3	0,9	AP0076BHP-E	2,5	2,2
5.39	4,4	5,2	AP0186BHP-E	6,3	5,6
5.40	3,6	2,9	AP0076BHP-E	2,5	2,2
6.3a	4,7	6,9	AP0246BHP-E	8	7,1
6.3b	4,7	7,6	AP0276BHP-E	9	8



Obrázek 8-2 – Vnější jednotka Toshiba –[13]



Na základě takto zvolených bylo využito zapůjčeného softwaru od firmy Klima-Classic. Program Toshiba DesignAirs umožňuje navrhnout kompletní sestavu klimatizačního systému včetně rozměrů potrubí. Díky tomuto softwaru byla zpracována technická zpráva, která je přílohou číslo 10.1 této diplomové práce. Přílohou 10.3 je cenová nabídka tohoto systému, kde jsou uvedeny aktuální ceny jednotlivých komponentů.

8.2 DIMENZOVÁNÍ SYSTÉMU PRO TECHNICKÉ A SERVEROVÉ MÍSTNOSTI

Pro technické místnosti, které mají značné tepelné zisky, například místnosti se servery, či jiným elektrotechnickým zařízením byl vyprojektován systém, který není napojen na jednotky pro klimatizování kanceláří. Tyto místnosti vykazují pouze vysoké tepelné zisky, nikoliv ztráty. Pro tuto situaci není zapotřebí třítrubkového systému, který umožňuje paralelní topení a chlazení, ale jen systému dvojtrubkového.

Toto řešení bylo zvoleno z následujících důvodů:

- Investiční náklady,
- Provozní náklady,
- Bezpečnostní hledisko.

Bezpečnost je stěžejním kritériem pro volbu takto odděleného systému. V dnešní době elektroniky, kdy veškerá komunikace probíhá přes elektronickou poštu či například vzdálené přístupy k jiným přístrojům je právě prováděno přes firemní servery. Dalo by se nadneseně říci, že pokud selže chod serveru, firma je v danou chvíli neexistující. Proto se volí samostatný systém, který při výpadku chlazení celé budovy bude schopen chladit příslušné místnosti. Dalším kritériem jsou provozní náklady. Ve dnech kdy není potřebné chlazení v kancelářích, nemusí se neustále periodicky zapínat velká venkovní jednotka s vysokou spotřebou energie.

8.2.1 STANOVENÍ TEPELNÝCH ZISKŮ TECHNICKÝCH MÍSTNOSTÍ

Tepelnými zisky v těchto místnostech se rozumí zisky od serverů a jiného elektrotechnického vybavení. Tyto hodnoty byly odečteny z dostupných výkresů skutečného stavu objektu a jsou uvedeny v následující tabulce:



Tabulka 8-4 – Tepelné zisky technických místností

Tepelné zisky technických místností [W]	
x.7	2500
x.31	2500
5.7	2500
5.31	2500

8.2.2 VARIANTY ŘEŠENÍ

Existují dvě následující varianty řešení této situace:

1. Split systémy
2. Mini VRF-SMMS systém

8.2.3 SPLIT SYSTÉM

Jelikož se nejedná o programovací centra obsahující velké serverové místnosti (je třeba řešit chladné a teplé uličky), ale jedná se jen o malou místnost s malým serverem, je vhodné využít split systému. Pro každou místnost by byla tedy instalována vnitřní a vnější jednotka. Jednotky byly zvoleny z aktuálních katalogových listů^[15] TOSHIBA RAS RESIDENTIAL 2016/17. Zvolené jednotky a jejich počty jsou uvedené v tabulce níže.

Tabulka 8-5 – Tabulka zvolených split jednotek

Vnější jednotka TOSHIBA	Chladicí výkon [kW]	Počet kusů
RAV-SP564ATP-E	5	8
Vnitřní jednotka TOSHIBA	Chladicí výkon [kW]	Počet kusů
RAV-SM566KRTP-E	1,2 až 5,6	8

Každá vnitřní nástěnná jednotka RAV-SM566KRTP je opatřena kabelovým ovladačem RBC-AMT32E, který slouží pro regulaci teploty v konkrétní místnosti. Přílohou 10.4 je cenová nabídka, kde jsou uvedeny ceny všech komponentů, dle aktuálního ceníku.

8.2.4 MINI VRF-SMMS SYSTÉM

Druhým řešením chlazení technických místností je volba VRF-SMMS systému. Tento systém se vyznačuje vysokou spolehlivostí, účinností a hlavně vysokou



bezpečností (zajištění funkce chlazení, a tím funkce serverového zařízení). Tento systém obsahuje jednu venkovní jednotku, na které jsou napojeny vnitřní nástěnné jednotky. Z katalogového listu^[16] TOSHIBA BUSSINESS R410A Byly zvoleny následující jednotky:

Tabulka 8-6 – Tabulka zvolených VRF-SMMS jednotek

Vnější jednotka TOSHIBA	Chladicí výkon [kW]	Počet kusů
MMY-MAP0804HT8P-E	22,4	1
Vnitřní jednotka TOSHIBA	Chladicí výkon [kW]	Počet kusů
MMK-APO0093H	2,8	8

V tomto případě je opět každá vnitřní jednotka opatřena kabelovým ovladačem typu RBC-AMT32E. Systém je centrálně řízen a monitorován pomocí ovladače SM1280ETLE. Technická zpráva Mini VRF-SMMS systému je přílohou číslo 10.2 této diplomové práce. Přílohou 10.5 je cenová nabídka, kde jsou uvedeny ceny všech komponentů, dle aktuálního ceníku.



Obrázek 8-3 – Vnitřní nástěnná jednotka Toshiba – [13]

8.2.5 VOLBA SYSTÉMU

Osobně bych volil variantu s jednotkami split. Jedná se o spolehlivější variantu. V případě poruchy venkovní jednotky lze udělat snadnou, okamžitou výměnu, aniž by ostatní technické místnosti pocítily nějakou změnu. Dalším kritériem volby je kritérium finanční. V případě split systému se jedná o výhodnější variantu v podobě investičních a provozních nákladů. Dále je na uvážení, jestli místnosti vůbec řešit odděleným způsobem od kancelářských prostor. Z energetického hlediska to totiž není optimálním řešením. V případě zapojení chladících jednotek v technických místnostech na společný systém s kancelářskými prostory lze v chladných měsících využít přečerpávání tepla právě z těchto ziskových technických místností, aniž by byla potřeba klimatizačním systémem kanceláře vytápět.



9 ZÁVĚR

Z hodnot, které byly získány výpočtem dle norem ČSN 060210 a ČSN730548 je zřejmé, že původní jednotky byly částečně poddimenzované či naddimenzované. V tomto případě z toho vyplývá, že při vysokých letních teplotách jednotky nezvládají uchládit zátěže a naopak v zimním období nezvládají vytápět, a tím vytvářet optimální tepelnou pohodu. Nový návrh systému je rozdělen na klimatizační systém pro kancelářské prostory na systém pro technické místnosti. Toto řešení bylo zvoleno z důvodu bezpečnosti chodu serverových zařízení a také ekonomických důvodů, kdy klesly hodnoty provozních nákladů ve dnech, kdy není potřeba chladit či vytápět kancelářské prostory. Na pováženou je řešení napojení chladících jednotek na centrální systém (jako je tomu u současného systému od LG) chlazení pro kancelářské prostory z energetického hlediska. V případě tohoto návrhu je možné v chladnějších měsících přečerpávat teplo do kanceláří bez nutnosti vytápění. Aktuální chlazení technických místností systému LG je právě zapojeno na centrální systém chlazení celé budovy. Přesto je možné, že tento stav zapojení, nesprávná údržba systému může mít vliv na problémy, které se v systému projevují. Jelikož tyto jednotky byly prvně instalovaným prototypem LG tohoto typu je možné, že nejsou schopny splnit provozně dané podmínky v tomto klimatickém regionu. Zvolené jednotky Toshiba (případně jiných výrobců) by mohli být optimálním řešením pro tuto administrativní budovu v Horních Počernicích. Nicméně je třeba uvést, že nebylo počítáno s vnitřními zisky od osvětlení. Počty zaměstnanců a návštěvníků jsou voleny na základě informací získaných od jednotlivých firem při návštěvě objektu. Tyto informace mohou být nepřesné z důvodu důvěryhodnosti získaných informací. Nicméně jednotky byly zvoleny s patřičnou rezervou, tudíž by tyto nejistoty měly být pokryty.



10 PŘÍLOHY

10.1 SYSTÉM TOSHIBA PRO KANCELÁŘE

Technická zpráva nového návrhu systému pro kancelářské prostory

10.2 SYSTÉM TOSHIBA PRO TECHNICKÉ MÍSTNOSTI

Technická zpráva MINI-VRF systému TOSHIBA pro technické místnosti

10.3 CENOVÁ NABÍDKA SYSTÉMU PRO KANCELÁŘE

10.4 CENOVÁ NABÍDKA SYSTÉMU PRO TECHNICKÉ MÍSTNOSTI (SPLIT SYSTÉMY)

10.5 CENOVÁ NABÍDKA SYSTÉMU PRO TECHNICKÉ MÍSTNOSTI (MINI VRF-SMMS SYSTÉM)



11 SOUPIS POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

- [1] Prof. Ing. František Drkal, CSc., Ing. Miloš Lain, Ph.D., Ing. Jan Schwarzer, Ph.D., Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D. *Vzduchotechnika*. Praha 2009
- [2] Prof. Ing. František Drkal, CSc., Ing. Miloš Lain, Ph.D., Ing. Jan Schwarzer, Ph.D., Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D. *Klimatizace a průmyslová vzduchotechnika*. Praha 2009
- [3] Prof. Ing. František Drkal, CSc., Ph.D., Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D. *Větrání*. Praha 2013
- [4] Ing. Krpata, *Technická zpráva pro kolaudaci 2. NP*. 2010
- [5] Ing. Krpata, *Technická zpráva pro kolaudaci 4. NP*. 2009
- [6] <http://www.topin.cz/download.php?idx=69756&di=7>
- [7] <http://www.klimatizacedodomu.cz/www-klimatizacedodomu-cz/eshop/29-1-O-KLIMATIZACICH>
- [8] http://www.komerc.cz/cz/dokumenty/jak_funguje_klimatizace_a_tepelne_cerpadlo.pdf
- [9] <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/9048-kontroly-klimatizacnich-zarizeni>
- [10] http://www.technet.idnes.cz/prvni-klimatizace-se-rozjela-1902d3h/tec_tecnika.aspx?c=A120716_090458_tec_tecnika_mla
- [11] <https://www.novinky.cz/veda-skoly/227930-evropane-zacali-pouzivat-ohen-az-pred-400-000-lety-do-te-doby-se-trasli-zimou.html>
- [12] <http://1901robotfighter.com/characters/>
- [13] <http://www.climamarket.bg/vynshno-tqlo-toshiba-mmy-ap2214ft8-e.html>



- [14] Klima-Classic. *Toshiba Business R410A VRF systémy pro velké aplikace.* 2015/16
- [15] Klima-Classic. *Ceník Toshiba RAS RESIDENTAL RAV LIGHT COMMERCIAL.* 2016/17
- [16] Klima-Classic. *Ceník Toshiba business R410A Pro střední a velké projekty.* 2016/17
- [17] <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9217-technika-a-zpusoby-mereni-parametru-vnitriho-prostredi>
- [18] Saint-Gobain Glass. *SGG Cool-Lite ST.* 2008
- [19] ČSN 06 0210:1994. *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění.* Praha: Český normalizační institut, 1994
- [20] ČSN EN 73 0548:1985. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů.* Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1985
- [21] Logo v záhlaví. <http://multimedia.cvut.cz/media/documents/LogoCVUT.jpg>