

# **System tvorby mikroklimatu a řídící systém pro budovu zahrnující administrativní a zdravotnickou ambulantní část - se zdrojem tepelné energie - CZT - horká voda**

The system of production microclimate and control system for buildings, including administrative and medical patient care - with the source of thermal energy - district heating - hot water

Bc. Tomáš Duga

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš DUGA**  
Osobní číslo: **A09695**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**

Téma práce: **Systém tvorby mikroklimatu a řídicí systém pro budovu zahrnující administrativní a zdravotnickou ambulantní část - se zdrojem tepelné energie - CZT - horká voda**

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte systém tvorby mikroklimatu a řídicí systém pro budovu zahrnující administrativní a ambulantní část - se zdrojem tepelné energie - CZT - horká voda.
2. Zpracujte studie energeticky úsporných budov obdobného typu, zahrnující možné systémy techniky prostředí.
3. Zpracujte aplikace poznatků na konkrétní objekt zahrnující vhodný systém pro tvorbu mikroklimatu budovy (klimatizace, ústřední teplovodní vytápění), EPS, EZS.
4. Zpracujte návrh systémů a jejich integrace, SCADA a komunikační brány s protokolem TCP/IP, napojení na vzdálené záchranné systémy.
5. Udělejte technicko-ekonomické hodnocení vybrané části projektu.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. DANIELS, K.: **TECHNIKA BUDOV**. Jaga Group, v.o.s. Bratislava 2003. ISBN 80-88905-63-X
2. **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.
3. SMOLÍK, J. a kol.: **Technika prostředí** . SNTL Praha 1970
4. CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: **Větrání a klimatizace**. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8
5. VALENTA, V. a kol.: **TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3**. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2
6. RECKNAGEL - SPRENGER - SCHRAMEK - Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. Ouldenbour Verlag GmbH, München, 2003. ISBN 3-835673104-7
7. JELÍNEK, V., HOUŠKOVÁ, M., PAVLÍČEK, I., PETROVÁ, M.: **Technická zařízení budov**. Podklady pro projekty. Vydavatelství ČVUT Praha, 1993. ISBN 80-01-00586-0

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Martin Zálešák, CSc.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

**25. února 2011**

Termín odevzdání diplomové práce:

**3. června 2011**

Ve Zlíně dne 25. února 2011

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Cieľom diplomovej práce je návrh systému tvorby mikroklimy a riadiacich systémov pre budovu zahrňujúci administratívnu a ambulantnú časť. Ako zdroj vykurovania a výroby TÚV je zvolený horúcovodný CZT. Práca tiež zahŕňa štúdiu energetických budov obdobného typu. Ďalej sa tu nachádza rozbor klimatizácie a vzduchotechniky, ústredného teplovodného vykurovania, EPS a EZS. Na základe týchto poznatkov bol spracovaný návrh systémov a ich integrácia, SCADA a komunikačné brány s protokolom TCP/IP. Na záver je v práci uvedené technicko-ekonomické hodnotenie vybranej časti projektu.

Kľúčové slová: energetický úsporné budovy, vzduchotechnika, vykurovanie, CZT, KNX, SCADA, EPS, EZS

## **ABSTRACT**

The aim of this diploma thesis is to design a micro-climate generating system and control systems for a building consisting of administrative and ambulatory sections. As a heating-source and hot water production unit a hot-water district heating was chosen. A study of energy-efficient buildings of a similar type is included. Furthermore, the thesis examines air-conditioning, central hot-water heating, fire detection and electronic security alarm. Based on these findings, a design of systems and their integration was done, including SCADA and communication interfaces with TCP/IP protocol. Finally, a technical-economical evaluation of a selected part of the project is mentioned.

Keywords : energy-efficient buildings, air-conditioning, heating, district heating, KNX, SCADA, fire detection and electronic security alarm

Týmto by som chcel poďakovať vedúcemu mojej diplomovej práce, Ing. Martinovi Zálešákovi, CSc. za cenné rady pri tvorbe práce, ale i za čas a profesionálne vedenie pri jej spracovaní.

Taktiež by som sa touto cestou chcel poďakovať mojim rodičom, ktorí ma počas celého štúdia podporovali.

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce 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/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou 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/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské 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/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují 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

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 VONKAJŠIE PROSTREDIE</b> .....	<b>12</b>
1.1 KLIMATICKÉ PODMIENKY .....	12
1.1.1 Teploty vonkajšieho vzduchu .....	12
1.1.2 Intenzita slnečného žiarenia .....	12
1.1.3 Vlhkosť a entalpia .....	12
1.1.4 Vietor.....	13
1.1.5 Škodliviny vo vonkajšom vzduchu .....	13
<b>2 VNÚTORNÉ PROSTREDIE</b> .....	<b>14</b>
2.1 TEPELNÉ PARAMETRE.....	14
2.1.1 Operatívna teplota .....	14
2.1.2 Vlhkosť vzduchu .....	15
2.1.3 Rýchlosť prúdenie vzduchu .....	16
2.1.4 Klasifikácia tepelného prostredia .....	17
2.2 HYGIENICKÉ PARAMETRE.....	18
2.2.1 Mikroklima.....	18
2.2.2 Nadmerné teplo a vlhkosť .....	18
2.2.3 Zápachy (odóry) .....	19
2.2.4 Toxické škodliviny.....	19
2.2.5 Oxid uhličitý.....	20
2.2.6 Aerosólové škodliviny .....	20
2.2.7 Mikrobiologické škodliviny .....	21
2.2.8 Ionizačné škodliviny .....	21
2.2.9 Hluk.....	22
<b>3 TVORBA VNÚTORNEJ MIKROKLÍMY</b> .....	<b>23</b>
3.1 ZDROJE ENERGIE .....	23
3.1.1 Neobnoviteľné zdroje.....	24
3.1.2 Obnoviteľné zdroje.....	24
<b>4 CENTRALIZOVANÉ ZÁSOBOVANIE TEPLOM</b> .....	<b>25</b>
4.1 VÝROBA TEPLA V TEPLÁRŇACH .....	25
4.2 PRIMÁRNE ROZVODY CZT .....	27
4.2.1 Bezkanálové vedenie.....	28
4.2.2 Napätie v potrubí.....	29
4.2.3 Tepelné straty potrubia.....	30
4.3 ODOVZDÁVAJÚCA STANICA TEPLA .....	33
4.3.1 Princípy a rozdelenie odovzdávacích staníc .....	34
<b>5 AUTOMATIZÁCIA BUDOV</b> .....	<b>38</b>

5.1	CENTRALIZOVANÉ SYSTÉMY RIADENIA .....	38
5.2	DECENTRALIZOVANÉ SYSTÉMY RIADENIA.....	39
5.3	BACNET .....	39
5.4	AUTOMATIZÁCIA BUDOV SOM SYSTÉMOM LONWORKS .....	40
5.5	EURÓPSKA INŠTALAČNÁ ZBERNICA KNX/EIB .....	40
5.5.1	Použitie KNX/EIB .....	41
5.5.2	Prístroje na zbernici KNX/EIB .....	42
5.5.3	Topológia KNX/EIB .....	43
5.5.4	Prenosové média .....	44
5.5.5	Komunikácia KNX.....	44
5.5.6	Softvér KNX/EIB .....	46
<b>6</b>	<b>ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY A ICH HODNOTENIE.....</b>	<b>47</b>
6.1	ROZDELENIE BUDOV PODĽA POTREBY TEPLA NA VYKUROVANIE.....	47
6.2	NÍZKOENERGETICKÉ BUDOVY .....	47
6.3	PASÍVNE BUDOVY.....	48
6.4	NULOVÉ A PLUSOVÉ BUDOVY.....	48
6.5	ÚSPORNÉ ZDROJE ENERGIE.....	48
6.5.1	Tepelné čerpadlá .....	48
6.5.2	Solárne kolektory .....	49
6.5.3	Fotovoltaické panely .....	49
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>51</b>
<b>7</b>	<b>NÁVRH TECHNICKÉHO ZARIADENIA BUDOVY.....</b>	<b>52</b>
7.1	POPIS BUDOVY, OKRAJOVÝCH PODMIENOK A NÁVRH TZB.....	52
7.1.1	Skladba konštrukcií budovy.....	56
7.1.2	Energetická úspornosť budovy.....	60
7.2	VÝPOČET TEPELNÝCH STRÁT PODĽA ČSN EN 12831 .....	61
7.2.1	Celková návrhová tepelná strata vykurovaných priestorov .....	61
7.2.2	Návrhová teplotná strata prestupom tepla.....	61
7.2.3	Návrhová tepelná strata vetraním.....	62
7.2.4	Výpočet tepelného vykurovacieho výkonu .....	63
7.2.5	Celková tepelná strata budovy .....	63
7.3	VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKOV .....	64
<b>8</b>	<b>NÁVRH VZUCHOTECHNIKY .....</b>	<b>65</b>
8.1	VZDUCHOTECHNIKA V HALE BUDOVY.....	66
8.1.1	Návrh rozvodov vzduchu haly .....	70
8.2	VZDUCHOTECHNIKA V OPERAČNEJ MIESTNOSTI .....	71
<b>9</b>	<b>NÁVRH SYSTÉMU NA OHREV TUV A VYKUROVANIE.....</b>	<b>76</b>
9.1	NÁVRH TÚV .....	78
9.2	NÁVRH VYKUROVANIA .....	81
9.2.1	Vykurovacie telesá .....	82
9.2.2	Návrh vykurovacích telies v severnej časti budovy .....	83
9.2.3	Výpočet tlakových strát.....	83
9.2.4	Výber čerpadla .....	87
9.2.5	Návrh zabezpečovacích zariadení vykurovacej sústavy a TÚV .....	87



9.2.5.1	Návrh expanznej nádoby .....	89
<b>10</b>	<b>ELEKTRICKÁ POŽIARNA SIGNALIZÁCIA.....</b>	<b>91</b>
<b>11</b>	<b>INTEGROVANÝ BEZPEČNOSTNÝ SYSTÉM .....</b>	<b>93</b>
<b>12</b>	<b>RIADIACE SYSTÉMY BUDOVY .....</b>	<b>95</b>
12.1	RIADENIE A REGULÁCIA VZDUCHOTECHNIKY.....	96
12.2	RIADENIE A MONITORING VYKUROVACIEHO SYSTÉMU.....	100
12.3	RIADENIE A MONITORING SYSTÉMU PRE PRÍPRAVU TÚV .....	103
<b>13</b>	<b>VIZUALIZÁCIA SYSTÉMU.....</b>	<b>105</b>
<b>14</b>	<b>TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOTENIE .....</b>	<b>109</b>
14.1	NÁKLADY NA VYKUROVANIE A OHREV TÚV .....	109
14.2	NÁKLADY SPOJENÉ S VYBUDOVANÍM VYKUROVACIEHO SYSTÉMU.....	110
14.3	NÁKLADY NA VYBUDOVANIE RIADIACEHO SYSTÉMU .....	110
14.4	TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOTENIE REKUPERAČNÉHO VÝMENNÍKA VSTUPNEJ HALY .....	111
<b>ZÁVER</b>	.....	<b>115</b>
<b>ZÁVER V ANGLIČTINE</b>	.....	<b>117</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	.....	<b>119</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b>	.....	<b>121</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	.....	<b>122</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b>	.....	<b>124</b>
<b>ZOZNAM PRÍLOH</b>	.....	<b>125</b>

## ÚVOD

Neustále rastúce ceny energií a zvyšujúce sa nároky na komfort moderných budov majú za následok, že čoraz viac prenikajú moderné technológie aj do bežných administratívnych budov. Tieto technológie boli v minulosti používané len v moderných business a kongresových centrách. Majitelia takýchto bežných administratívnych budov, sú pod tlakom zo strany nájomcov a rastúcich prevádzkových nákladov donútený investovať do modernizácie budovy.

Zníženie prevádzkových nákladov budov sa dosahuje výmenou otvorových výplní, zateplením obvodového plášťa, modernizáciou zdrojov vykurovania a ohrevu TUV, nahradením prirodzeného a energeticky náročného vetrania oknami, použitím vzduchotechniky s rekuperačnými jednotkami a použitím obnoviteľných zdrojov energie.

Akokoľvek energeticky a ekonomicky efektívne sú jednotlivé, vyššie spomenuté technológie a riešenia, ich nevhodným vyprojektovaním a použitím, môže dôjsť k celkovej degradácii systému TZB a plytvaním energií.

Moderné budovy si vyžadujú použitie moderných prístupov k riadeniu jednotlivých technológií, a to aj systému budovy ako technologického celku. Podobne ako zlým návrhom aj nekvalitne spracovaným riadením a reguláciou dochádza k degradácii systémov, k zníženiu užívateľského komfortu a tým pádom aj k zníženiu ceny nehnuteľnosti. K riadeniu systémov budov sa z toho dôvodu v súčasnosti pristupuje ako k celku na čo sa v hojnej miere využívajú inteligentné riadiace systémy na báze zbernicových systémov.

Neodmysliteľnou súčasťou modernej budovy je integrovaný bezpečnostný systém. Tento systém sa skladá z prvkov EZS, EPS, SKV a iných, ktoré zvyšujú bezpečnosť, komfort užívateľov, nájomcov a vlastníkov bytov.

Obsahom tejto práce na nasledujúcich stránkach je zobrazenie technických parametrov administratívnej budovy a jej modernizácia použitím už spomínaných vzduchotechnických jednotiek s rekuperačnou a využitie riadenia v budove.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

## 1 VONKAJŠIE PROSTREDIE

Všetky budovy sa počas svojej existenciu musia vyrovnávať s rôznymi poveternostnými podmienkami a mali by byť navrhnuté tak, aby im vedeli odolávať. Budovy sa musia vyrovnávať najmä s kolísajúcimi teplotami počas letných mesiacov. Nezanedbateľnými parametrami prostredia, ktoré vplyvajú na budovy sú tiež slnečné žiarenie, vlhkosť, rýchlosť vetra a otrasy ale i nečistoty, či už mechanické alebo chemické.

### 1.1 Klimatické podmienky

Na dimenzovanie vykurovacích a klimatizačných zariadení sú potrebné údaje o extrémnych teplotách, respektíve o vlhkosti vzduchu a intenzite slnečného žiarenia.

#### 1.1.1 Teploty vonkajšieho vzduchu

Za účelom výpočtu tepelných strát budov v zimnom období je územie ČR rozdelené na niekoľkých oblastí s minimálnymi teplotami, ktoré sú určené v norme ČSN O6 O210. Pri určovaní týchto teplôt sa rešpektovala priemerná akumulčná schopnosť stavieb, preto skutočné extrémny môžu byť aj oveľa nižšie. Pretože aj v lete teplota vonkajšieho vzduchu značne kolíše, treba túto skutočnosť vo výpočtoch rešpektovať.

Priemerná denná teplota vonkajšieho vzduchu  $\Theta_{er}$  sa určí aritmetickým priemerom vonkajších teplôt meraných v 7, 14 a 21 hodine. Teplota v 21 hodine sa uvažuje dvakrát.

Priemerná vonkajšia teplota vo vykurovacom období sa určí ako priemer vonkajších teplôt za vykurovacie obdobie.

#### 1.1.2 Intenzita slnečného žiarenia

Intenzita slnečného žiarenia je základnou zložkou tepelnej energie, ktorá dopadá do miestnosti a podstatne ovplyvňuje výkon vzduchotechnických zariadení, najmä klimatizácie. Do budovy sa slnečné žiarenie dostáva cez presklenné konštrukcie (oknami). Hodnoty tepelných tokov slnečného žiarenia do budovy závisia od polohy budovy, orientácie na svetové strany, polohy slnka a stavu oblohy.

#### 1.1.3 Vlhkosť a entalpia

Vlhkosť a entalpia vonkajšieho vzduchu sú sekundárne veličiny návrhu vzduchotechnických sústav.

#### 1.1.4 Vietor

Vietor je faktorom ovplyvňujúcim stav počasia, jeho vplyv sa prejavuje hlavne pri sústavách prirodzeného vetrania. Je to klimatická veličina priamoúmerná rozdielu tlaku. Na území ČR sa rýchlosť vetra pohybuje v rozmedzí  $v = 4$  až  $10 \text{ ms}^{-1}$ . Pôsobenie vetra sa rešpektuje pri výpočte tepelnej straty infiltrácie hodnotou čísla budovy.

#### 1.1.5 Škodliviny vo vonkajšom vzduchu

Škodliviny vo vonkajšom vzduchu sú látky hmotnostného charakteru, ktoré sú produktom prírodných alebo biologických procesov v ovzduší vo forme tuhých, kvapalných a plynných častíc. Typickými predstaviteľmi týchto škodlivín sú prach, popolček, dym, hmla, baktérie, CO a iné. Vplyv na vnútorné prostredie budov sa tieto častice eliminujú pomocou vzduchotechnických zariadení.

## 2 VNÚTORNÉ PROSTREDIE

Vnútorné prostredie budovy slúži nato, aby človek mal pocit tepelnej pohody. Tepelná pohoda je stav prostredia, v ktorom človek nepocit'uje chlad a ani nadmerné teplo. Prostredie v budove je umelo vytvorené tak, aby vylúčilo alebo v maximálne možnej miere ovplyvnilo vplyv vonkajšieho prostredia na technológiu, ľudí poprípade zvieratá, ak žijú v tomto prostredí.

Interiér je vnútorný priestor, ktorý okrem zariadenia a vybavenia miestnosti zahŕňa vnútornú klímu. Vykurovaním a ochladzovaním budovy sa vytvára priaznivé prostredie na správne fungovanie človeka, vetraním sa zase čistí vzduch, čo je opäť veľmi dôležité pre zdravie ľudí.

Z klímy je najdôležitejší tepelno-vlhkostný vplyv. Veľký význam má i zloženie a prúdenie vzduchu, svetlo, hluk, elektrické a magnetické znečistenie miestností. Tepelná pohoda človeka závisí od teploty okolitého vzduchu [ $t_i$  (°C)], strednej radiačnej teploty okolitých plôch [ $t_r$  (°C)], rýchlosti prúdenia vzduchu [ $w$  (m/s)] a relatívnej vlhkosti vzduchu [ $\phi$  (%)]. Okrem týchto faktorov tepelnú pohodu ovplyvňuje aj:

- aktivita človeka vyjadrená jeho metabolizmom [ $W/m^2$ ]
- oblečenie (tepelný odpor oblečenia)  $clo = 0,155$  [ $m^2.K/W$ ].

Hlavnou podmienkou tepelnej pohody človeka v interiéri je tepelná neutralita, čo znamená, že človek nemá pocit tepla ale ani chladu. Potenie a stredná teplota pokožky sú prepojené s pocitom pohody. Tieto dva faktory skombinované s tepelnou rovnováhou sa aplikujú na základe teórie prenosu tepla a sú podkladom pre určenie všeobecnej rovnice tepelnej pohody.

### 2.1 Tepelné parametre

Medzizákladné parametre tepelných parametrov patrí operatívna teplota, vlhkosť vzduchu a rýchlosť prúdenia vzduchu.

#### 2.1.1 Operatívna teplota

Operatívna teplota je hodnotou, ktorá je vypočítaná zo všetkých tepelných zložiek, ktoré pôsobia v prostredí a tiež z rýchlosti prúdenia vzduchu v prostredí. Operatívnu teplotu vypočítame podľa vzorca:

$$\Theta_o = \Theta_r + A * (\Theta_{ai} - \Theta_r) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1)$$

Kde  $\Theta_r$  – je stredná radiačná teplota (účinná teplota okolitých plôch) [ $^\circ\text{C}$ ]

$\Theta_{ai}$  – je teplota vzduchu v miestnosti [ $^\circ\text{C}$ ]

$A$  – je súčiniteľ  $A$  [-]

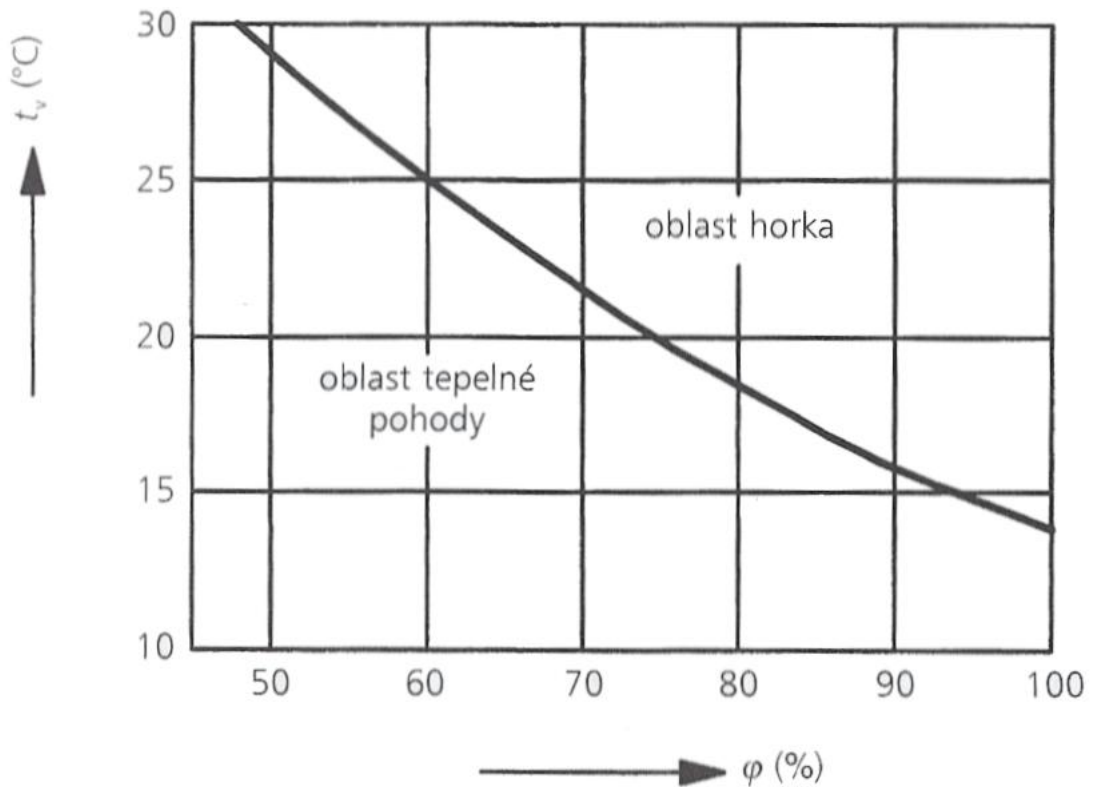
Stredná radiačná teplota  $\Theta_r$  je teplotou okolitých plôch, kde sa sálaním zdieľa rovnako veľa tepla ako v skutočnom heterogénnom prostredí.

Súčiniteľ  $A$  je funkciou rýchlosti prúdenia vzduchu v interiéri, ktorá sa určuje z tabuľkových hodnôt. [7]

### 2.1.2 Vlhkosť vzduchu

Relatívna vlhkosť vzduchu je dôležitý faktor. Zanedbateľný je len, ak v lete je relatívna vlhkosť vzduchu menšia než 60%. So stúpajúcou vlhkosťou sa sťažuje vyparovanie potu (vplyv veľkého parciálneho tlaku vodnej pary). Keď sa nachádzame v miestnosti s operatívnu teplotou  $20^\circ\text{C}$ , tak takmer vôbec nevnímame rozdiel medzi vlhkosťou 35 až 70% (tieto hodnoty považujeme za hraničné hodnoty prípustnej vlhkosti). Hlavne v zime, ak vlhkosť klesne pod 30%, zvyšuje sa tvorba prachu a suchý vzduch vysušuje sliznice dýchacích ciest. Vlhkosť vzduchu môžeme určiť podľa:

- merania teploty rosného bodu,
- diaľkovej zmeny niektorých hydroskopických látok,
- psychometrické rozdiely údajov suchého a mokrého teplomeru,
- absorpčné a adsorpčné vlastnosti určitých látok, u ktorých sa meria ich hmotnostný prírastok po prietoku určitého množstva vzduchu

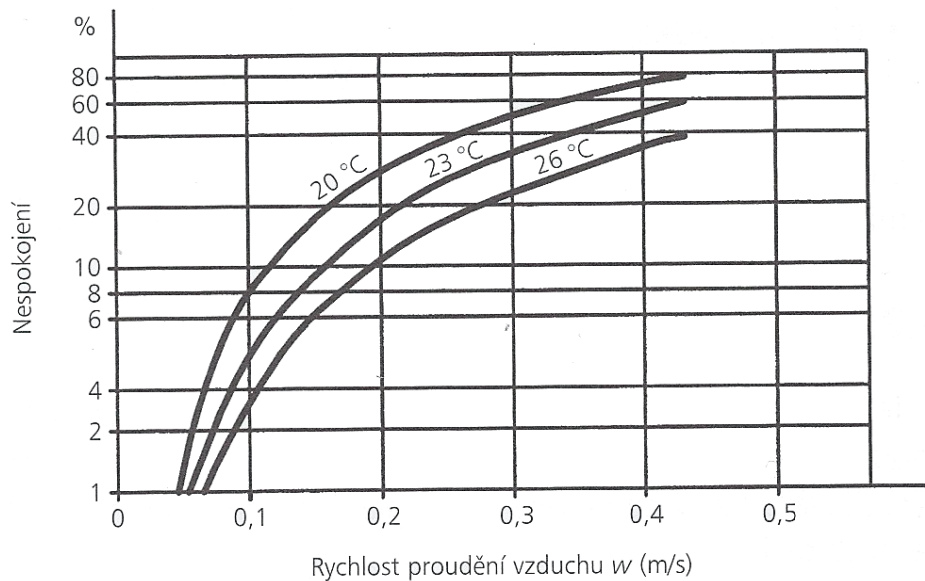


Obr. 1. Oblast tepelnej pohody a oblast pocitu horka

### 2.1.3 Rýchlosť prúdenie vzduchu

Pretože človek je veľmi citlivý na pohyb vzduchu v miestnosti, obzvlášť pri nižších teplotách. Pri teplotách v rozmedzí 19 až 21°C z hygienického hľadiska je prípustná rýchlosť prúdenia vzduchu 0,1 až 0,15 m/s. Pri teplote 26°C najvyššia rýchlosť prúdenia vzduchu  $w \leq 0,4$  m/s (vyššia rýchlosť by mohla byť vnímaná ako prievan).





Obr. 2. Grafické znázornenie závislosti % nespokojných užívateľov na priemerné rýchlosti prúdiaceho vzduchu

#### 2.1.4 Klasifikácia tepelného prostredia

Kvalita prostredia, v ktorom sa pohybujeme je rozdelená do troch základných prostredí, pričom každé z nich charakterizuje inak dané prostredie. Delíme ich nasledovne:

- Chladné prostredie
- Mierne prostredie – index predpokladaného stredného pocitu PMV
- Horúce prostredie

Z hľadiska dodržiavania tepelnej pohody človeku najviac vyhovuje mierne prostredie. I preto sa určuje index predpokladaného stredného pocitu PMV, ktorý nám v siedmych stupňoch posudzuje tepelný pocit. Ukážka je uvedená v tabuľke (Tab. 1).

Tab. 1. Index PMV

<i>Tepelný pocit</i>	<i>Index PMV</i>
Horúco	+3
Teplo	+2
Mierne teplo	+1
Neutrálne	0
Mierne chladno	-1
Chladno	-2
Zima	-3

Na stanovenie hodnoty predpokladaného stredného pocitu PMV je potrebná znalosť parametrov vzduchu, ako je výsledná vnútorná teplota, teplota v interiéri, rýchlosť prúdenia vzduchu, relatívna vlhkosť vzduchu a ďalšie. Index PMV nám určuje celkovú tepelnú pohodu. [7]

## 2.2 Hygienické parametre

Úlohou vetracích zariadení je zabezpečenie hospodárneho a spoľahlivého odvádzania škodlivých látok (para, plyny, prach ...) z priestoru a vytvárať požadovaný stav ovzdušia v priestore. Za škodlivinu sa považuje i nadmerné teplo, či už sálavé alebo konvenčné. Vetráním sa zabezpečuje odvádzanie škodlivín, ktoré vznikajú v priemyselnej výrobe a privádza sa čerstvý vzduch. Výmena vzduchu sa musí zabezpečiť tak, aby obsah škodlivín neprevýšil najvyššie prípustné množstvá. V prevádzkach, kde sa vykonáva ťažká práca, by sa mala úmerne znížiť povolená koncentrácia znečistenia. Vplyv škodlivín vo vnútri budov alebo v halách môžeme hodnotiť podľa:

- zápachu,
- toxického, aerosolového a mikrobiologického stavu ovzdušia,
- elektrostatického a elektroiónového stavu,
- tepelno – vlhkostného stavu prostredia.

### 2.2.1 Mikroklima

Je to zložka vymedzenej časti prostredia (interiér budovy, pracovisko ...). Mikroklima je vytváraná faktormi, ktoré sa prenášajú vzduchom. Faktory sú hmotnostné (tuhé toxické látky, toxické kvapaliny, mikróby...) a energetické (teplo, svetlo, statická energia, UV žiarenie...). Pre správne riešenie vykurovania, vetrania a klimatizácie je nevyhnutné poznať mikroklimu.

### 2.2.2 Nadmerné teplo a vlhkosť

Celkový stav prostredia tvoria tepelné a vlhkostné toky (teplo a vodné pary). Tento stav môžu narúšať nadmerná vlhkosť a teplo z vonkajších zdrojov alebo prestup tepla z exteriéru. Výpočet tohto tepla sa počíta podľa ČSN 73 0548 – Výpočet tepelnej záťaže klimatizovaných priestorov, keďže optimálny pracovný výkon sa dosahuje pri správnych mikroklimatických podmienkach. Tieto sú stanovené Nariadením vlády č. 523/2002 Zbierky.

### 2.2.3 Zápachy (odóry)

Človek pri svojej činnosti produkuje zápach, ktorý môže byť organického alebo anorganického pôvodu. Medzi tieto sa nezaraďujú odóry (zápachy) produkované toxickými látkami. Tieto patria do toxickej mikroklímy. V súčasnosti ich počet narastá. Okrem pachov z jedla, fajčenia a kozmetických prípravkov, stúpajú pachy, ktoré sa uvoľňujú z plastov, interiérového nábytku a obkladov (formaldehydy, styrény a iné škodliviny). Poznáme päť typov odórov podľa Zwaardemarkerovej stupnice. Sú to:

- éterické (ľudský pach),
- aromatické (pachy, ktoré vznikajú hnitím ovocia),
- izovalerické (pach potu, pach z fajčenia),
- skyslené mlieko a mliečne produkty (kýška, zakysanka, jogurt..),
- narkotické (vôňa tabaku a pachy rozkladajúcich sa proteínov).

Zápach síce priamo neohrozuje zdravie človeka, ale odstraňuje sa z dôvodu lepšieho pracovného, životného a zdravotného prostredia. Odórové látky v ovzduší majú určené prahové hodnoty, ktoré sa dajú zistiť i čuchom (majú stanovené prípustné hodnoty). Aj keď pachy zhoršujú kvalitu ovzdušia v interiéri, nie vždy sa dá objektívne zmerať stupeň zhoršenia kvality ovzdušia. Stupeň zápachu sa meria len podľa hodnoty CO<sub>2</sub> v interiéri.

### 2.2.4 Toxické škodliviny

Toxické škodliviny vznikajú buď priamo v budove a to činnosťou človeka alebo uvoľňovaním zo stavebných materiálov (polystyrén – uvoľňuje sa styrén), náterov, plastov alebo nábytku. Môžu tiež prenikať z vonkajšieho prostredia. Doprava je hlavným znečisťovateľom a producentom toxických škodlivín (spaľovacie motory, spaľovanie tuhého paliva a plynov, nedokonalé horenie, prašné prostredie...).

#### Kvalitatívne hodnotenie škodlivín

Obsah škodlivín vo vzduchu sa vyjadruje:

- počtom častíc v jednotke objemu (pri prachu)
- objemovo (%) alebo v ppm (1cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>)
- hmotnostne (mg/m<sup>3</sup>)

Toxické látky majú podľa Nariadenia vlády určitú najvyššiu povolenú koncentráciu **PEL** a **NPK-P**.

**PEL** :Je to expozičná hranica, pri ktorej pri 8 hodinovej pracovnej zmene nesmie dýchaním zamestnanca prísť k poškodeniu zdravia. Vdychovanou frakciou častíc prachu nosom alebo ústami je súbor častíc poletujúceho prachu ( $PEL_c$ ). Respirabilnou frakciou ( $PEL_r$ ) je hmotnostná frakcia častíc vdychovaných do horných dýchacích ciest a pľúc.

**NPK-P** : Je najvyššia prípustná hodnota koncentrácia, ktorej nesmie byť zamestnanec vystavený vôbec.

Ak ide o dve alebo viacej látok, ktoré pôsobia na organizmus, ich účinok sa sčíta, pokiaľ nie je zistený opak (že účinok sa nezráta).

### 2.2.5 Oxid uhličitý

V nevýrobných uzatvorených priestoroch je hlavnou škodlivinou oxid uhličitý ( $CO_2$ ). Vdychovaný vzduch obsahuje vodné pary (cca 5 objemových %) a oxid uhličitý (cca 4 objemových %). Okrem toho obsahuje cca 75 % dusíka a 16 % kyslíka. Hygienické smernice povoľujú koncentráciu  $CO_2$  maximálne 0,5 objemových %. Podľa nariadenia je požiadavka na prísun čerstvého vzduchu stanovená nasledovne:

- pracovníci pri sedavom zamestnaní 50 m<sup>3</sup>/hod.
- pracovníci v stoji a pohybujúci sa 70 m<sup>3</sup>/hod.
- pracovníci pri namáhavej fyzickej práci 90 m<sup>3</sup>/hod.

### 2.2.6 Aerosólové škodliviny

Sú to tuhé alebo kvapalné častice rozptýlené vo vzduchu. Tuhé častice nazývame prach, ktorý vzniká pri spaľovaní organických látok, oxidáciou anorganických látok alebo opracovávaním tuhých materiálov. Podľa toho, ako pôsobia na organizmus, ich účinok je biologický, chemický, fyzikálny a fyzikálno-chemický. Prach mechanicky pôsobí na pokožku, sliznicu, spojivky a dýchacie cesty. Zároveň môže prenášať toxické a mikrobiologické škodliviny. Pri dlhšom vystavení organizmu týmto látkam, môžu spôsobiť zápaly týchto orgánov. Každý organizmus môže na škodliviny zareagovať rôzne.

### 2.2.7 Mikrobiologické škodliviny

Baktérie, vírusy a plesne vytvárajú mikrobiologické škodliviny. Tieto môžu vyvolať alergické alebo toxické prejavy, ale taktiež i infekčné ochorenie. V miestnostiach, hlavne tam, kde je zhromaždené väčšie množstvo ľudí, je pravdepodobnosť, že vzduch obsahuje aj choroboplodné zárodky. Podľa stupňa rizika infekcie delíme biologické činitele do štyroch skupín:

1. *skupina* – by nemal spôsobiť ochorenie človeka,
2. *skupina* – môže spôsobiť ochorenie a môže byť nebezpečná pre zamestnancov,
3. *skupina* – môže spôsobiť závažné ochorenie a predstavuje veľké nebezpečenstvo pre zamestnancov, ale tiež je tu nebezpečenstvo prenesenia i mimo objektu pracoviska,
4. *skupina* – spôsobuje vážne ochorenie. Je nebezpečný pre zamestnancov, pretože nie je účinná jeho liečba a je tu hrozba, že sa ochorenie preniesie i mimo objektu. Medzi najnebezpečnejšie vírusy patrí salmonella, vírus zmutovanej chrípky (prasacej, vtácej) a vírus eboly.

Prenášačmi vírusov sú najčastejšie ľudia samotní, treba dbať na hygienu. Ďalej veľkým rozmnožovačom baktérií sú odparovače na radiátoroch, hlavne pokiaľ sa často nedezinfikujú a nečistia. Najúčinnjšou ochranou pred choroboplodnými zárodkami, ktorých nosičmi sú najmä prach a aerosoli, je intenzívna výmena a filtrácia vzduchu. Vo výnimočných prípadoch (napr. nemocnice, laboratória) sa vzduch navyše dezinfikuje, a to buď chemicky alebo fyzikálne. Na chemickú dezinfekciu sa používajú kvapalné dezinfekčné prostriedky. Fyzikálna dezinfekcia sa prevádza ožarovaním privádzaného vzduchu alebo priamo v miestnostiach ultrafialovými lúčmi ortuťových výbojok.

### 2.2.8 Ionizačné škodliviny

Vznikajú buď priamo v budove činnosťou človeka alebo do nej prenikajú zo stavebných materiálov. Z vonkajších vplyvov je to najmä rádioaktívny popolček z tepelných elektrární a radón a jeho produkty, ktoré sa uvoľňujú priamo z pôdy. Pri práci z röntgenovým zariadením a rádioaktívnymi látkami vzniká taktiež ionizačné žiarenie.

### 2.2.9 Hluk

Zvuk je mechanické vlnenie, ktoré sa šíri pružným prostredím. Pre človeka je škodlivý hluk. Sú to zvukové vlny s rôznymi amplitúdami a frekvenciami, ktoré prekračujú určité povolené hodnoty. Pobyt v takomto hlučnom prostredí znižuje pracovný výkon a negatívne vplýva na pracovné prostredie. Zdrojom hluku na pracovisku sú hlavne elektromotory, kompresory, ventilátory, hydromotory a vetracia technika. Pri prevádzke vzduchotechnických zariadení sú zdrojom hluku vibrujúce časti mechanizmov, prúdiaci vzduch a náhle zmeny jeho rýchlostí. Trvalý hluk negatívne vplýva na psychiku človeka, vegetatívny nervový systém ale hlavne trvalo a nezvratne poškodzuje sluch. [4]

### 3 TVORBA VNÚTORNEJ MIKROKLÍMY

Voľba systému, ktorý nám bude zabezpečovať tvorbu vnútornej mikroklímy je v súčasnosti veľmi dôležitá, a to pri rastúcich cenách energií najmä z hľadiska finančného. Preto v dnešnej dobe začína byť trend investovať do technológií využívajúcich alternatívne zdroje energie. Samozrejme je na zvážení investora, či sa mu oplatí vyššia počiatková cena a dlhšia návratnosť vložených technológií.

#### 3.1 Zdroje energie

Ako zdroj energie môžeme použiť akúkoľvek pevnú, kvapalnú alebo plynnú látku, pri ktorej spaľovaní získame dostatok energie, ktorú následne môžeme použiť v tepelných sústavách. Ako využiteľný zdroj energie sa však dajú využiť i energie získané zo slnka alebo vetra.

V posledných rokoch sa objavuje trend v celosvetovom meradle v snahe o úspory energie všetkých druhov. Najväčšia pozornosť sa pritom venuje úsporám odpadnej, nevyužitej energie, hlavne tepelnej. Spotreba rôznych foriem energie stúpa ročne cca o 5%. Prítom stupeň využitia energie je v rôznych štátoch odlišný a je daný hlavne účinnosťou premeny, skladbou primárnych zdrojov, ale i vyspelosťou a technickou vybavenosťou danej krajiny.

Svetové energetické základne sa snažia v oblasti obnoviteľných zdrojov najmä o:

- vyššie využitie Slnka, vetra, mora, Zeme
- maximálne znižovanie strát energie (zavedením úsporných opatrení, modernizovaním osvetlenia... )
- zavádzanie moderných technológií spracovania a využitia tuhých palív a ropy
- využitie druhotných zdrojov energie vznikajúcich pri technologických procesoch, pri výrobe elektrickej energie
- intenzívnejšie využívanie vodných tokov na pokrytie maximálnej špičky odoberanej energie
- rozvoj jadrovej energetiky pri súčasnom dodržovaní vysokých bezpečnostných štandardov

[2]

### 3.1.1 Neobnovitelné zdroje

Neobnovitelné zdroje energie patria medzi tradičné zdroje energie. Sú väčšinou viazané na určité miesto, ich množstvo je obmedzené a ich zásoby sa ťažbou nezadržateľne znižujú.

Delíme ich na:

- Tuhé palivá – pre energetické účely je najdôležitejšie hnedé uhlie, ktoré slúži v elektrárnach a teplárnach ako palivo
- Kvapalné palivá – najdôležitejšou surovinou medzi kvapalnými palivami je ropa. Z 90% sa spracováva na palivá a len zvyšných 10% tvoria mazivá
- Plynné palivá - tvoria dôležitú časť svetových energetických zdrojov. Najefektívnejšou surovinou medzi plynými palivami je zemný plyn.

Veľkú nevýhodu u väčšiny týchto palív je veľká záťaž na životné prostredie. I napriek tomu sa stále hľadajú nové ložiská týchto surovín. [2]

### 3.1.2 Obnovitelné zdroje

Typickým príkladom obnoviteľného zdroja v prírode je kolobeh vody. Vodné zdroje sú však viazané na určité miesto, sú tiež do určitej miery obmedzené veľkosťou a množstvom i keď medzi výhody patrí neustále dopĺňovanie sa a obnova. Energia z vody sa získava najmä pomocou turbín použitých vo vodných elektrárnach.

Ďalšími dôležitými predstaviteľmi obnoviteľnej energie sú slnečné žiarenie, veterná energia, geotermálna energia Zeme, energia biomasy a energia vodíku.

[2]



## 4 CENTRALIZOVANÉ ZÁSBOVANIE TEPLOM

Zariadenia na centralizované zásobovanie teplom (CZT) môžeme rozdeliť podľa rozdielnej teploty teplonosnej látky na nasledovné základné skupiny:

- teplovodné diaľkové vykurovanie ( $< 120\text{C}^{\circ}$ );
- horúcovodné diaľkové vykurovanie ( $> 120\text{C}^{\circ}$ );
- parné diaľkové vykurovanie ( $> 120\text{C}^{\circ}$ );
- nízkoteplotné diaľkové vykurovanie (25 až  $35\text{C}^{\circ}$ ).

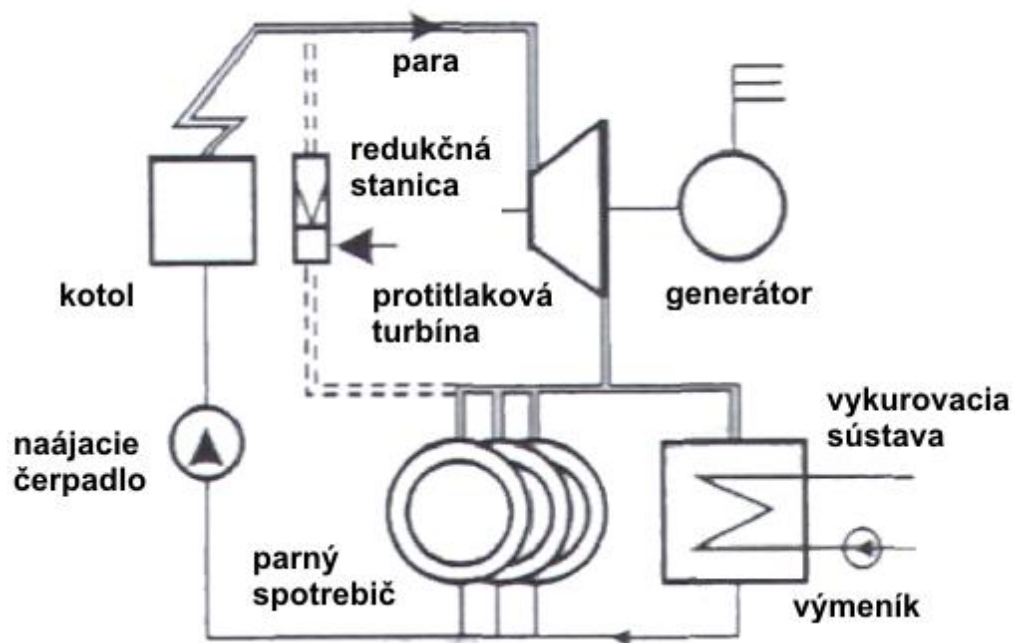
Hlavné časti systému na centralizované zásobovanie teplom:

- výroba tepla v kotlíkoch spaľovaním plynného, kvapalného alebo tuhého paliva;
- distribúcie tepla prostredníctvom tepelných rozvodov (primárnych a sekundárnych);
- odovzdávacia stanica tepla (OST).

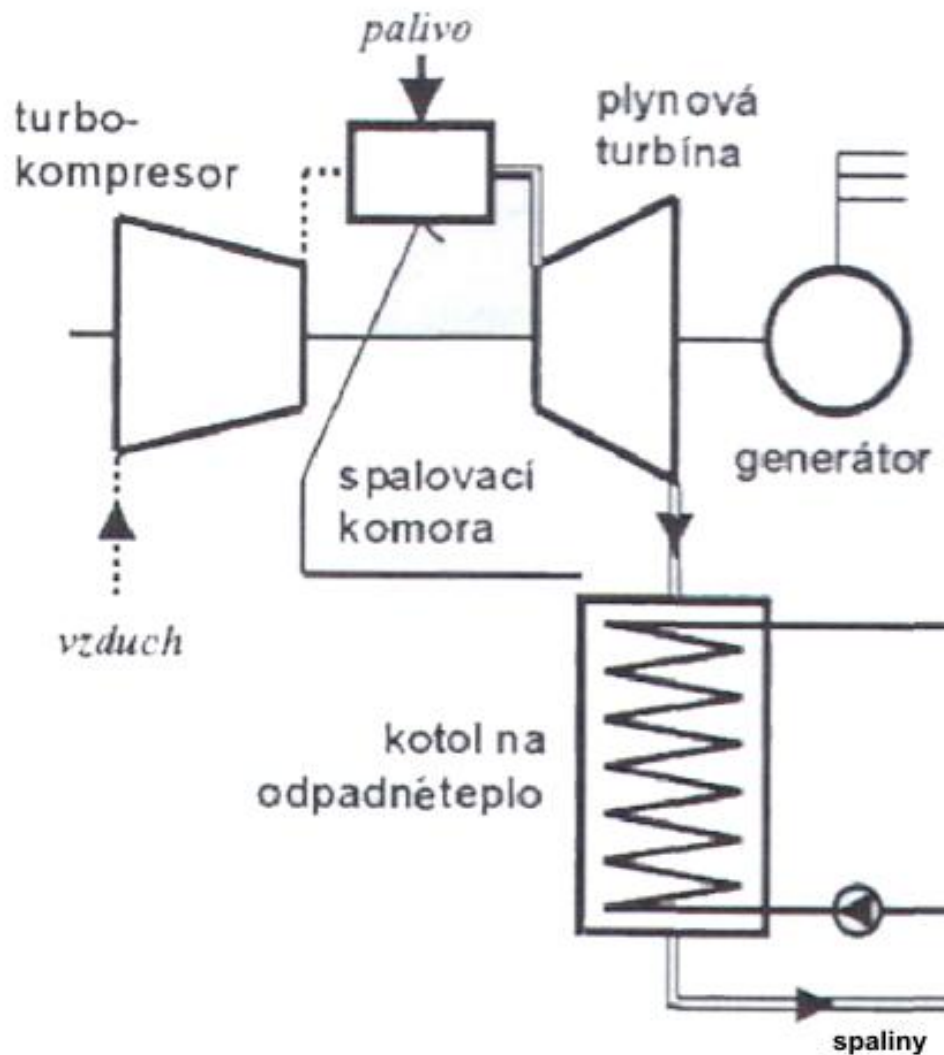
Ako tepelné zdroje sú používané taktiež kombinované teplárne, v ktorých sa teplo odoberá po výrobe elektrickej energie a spaľovne odpadu. V nedávnej minulosti bola tepelná energia dodávaná hlavne vo forme pary. V poslednom období sa prešlo na horúcovodné systémy, hlavne kvôli problémom s návratom kondenzátu. Zariadenia na centralizované zásobovanie teplom sú v súčasnosti prevádzkované spravidla v dvoj alebo štvortrubkovom systéme. [10]

### 4.1 Výroba tepla v teplárňach

Kombinované teplárne sa používajú ako tepelné zdroje. V nich sa teplo odoberá po výrobe elektrickej energie a spaľovne odpadu. Schéma teplárenskej dodávky tepla s protitlakovou a plynovou turbínou je vyobrazená na obrázkoch (Obr.3) a (Obr.4). [10]



Obr. 3. Schéma teplárne s protitlakovou turbínou



Obr. 4. Schéma teplárne s plynovou turbínou

## 4.2 Primárne rozvody CZT

V minulosti bola tepelná energia viazaná hlavne na paru. V poslednom období sa prešlo na horúcovodné systémy, pretože nastávali nezanedbateľné problémy s návratom kondenzátu.

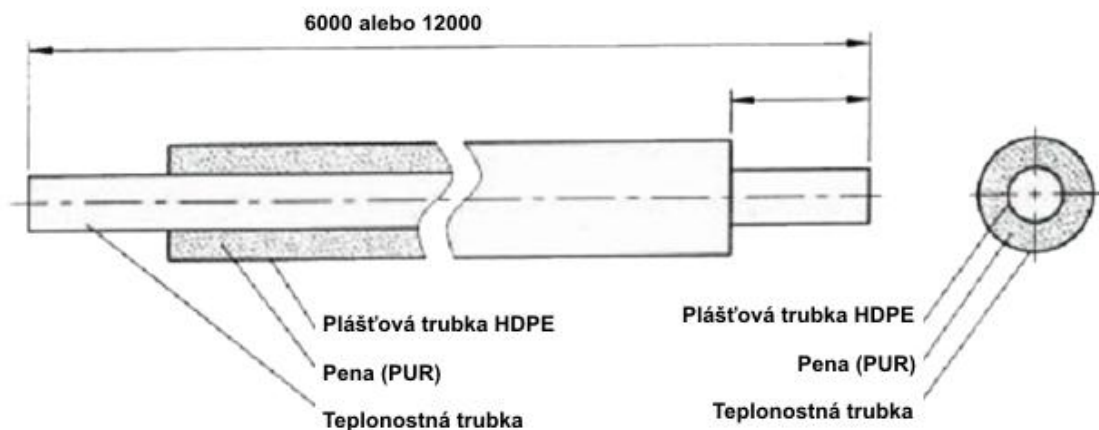
Zariadenia na centralizované zásobovanie teplom sú prevádzkované v súčasnosti zväčša v dvoj alebo štvortrubkovom systéme.

V dvojtrubkovom systéme je teplo distribuované s ekvitermicky regulovanou teplotou na prívode, ktorá sa priebežne mení podľa vonkajšej teploty (zima 130C°/leto 70C°).

V štvortrubkovom systéme sú dva rôzne rozsahy teplôt, pričom jeden teplotný rozsah je prevádzkovaný s konštantnou teplotou, aby bolo možné v priebehu celého roka zásobovať

odberateľa tepla s vysokou vstupnou teplotou na prívode (priemyslová spotreba, ohrev TÚV).

V súvislosti s rastúcimi cenami energií rastú požiadavky na znižovanie tepelných strát v primárnych i sekundárnych rozvodoch tepla a rozvodoch chladu. Jedným z mnohých riešení je zvyšovanie tepelno-izolačných vlastností rozvodov tak, aby sa znížili nielen ich tepelné straty, ale aby sa aj výrazne predĺžila doba, v ktorej sa tieto získané tepelno-izolačné vlastnosti udržia. Jedným z najviac využívaných prostriedkov na získanie tohto efektu sú predizolované potrubia (Obr. 5), predovšetkým v prevedení „združenej konštrukcie“ (v európskej literatúre sa označuje ako „KMR“). [10]



Obr. 5. Predizolované potrubie

#### 4.2.1 Bezkanálové vedenie

V dlhodobej praxi sa osvedčila metóda bezkanálového rozvodu tepla so systémom predizolovanej trubky s plášťovou trubkou z plastickej hmoty natoľko, že v súčasnej dobe sa bez nej výstavba tepelných sietí takmer nezaobíde. Oproti kanálovým a povrchovým metódam vedenia, táto metóda ponúka výrazné technologické a ekonomické výhody. Pre trvalú prevádzkovú teplotu až do 130°C sú vhodné konštrukcie predizolovaného potrubia s plášťovou trubkou z plastickej hmoty. Základnou časťou tohto systému tvorí predizolovaná trubka, ktorá sa skladá z nasledovných prvkov:

- **teplonosná trubka** – pre rozvod tepla najčastejšie ocelová bezošvá trubka, pozinkovaná alebo medená pre rozvody teplej úžitkovej vody. Taktiež pre špeciálne aplikácie sa vyrábajú i trubky z nerezovej ocele, tvrdého polyetylénu, PVC, polypropylénu alebo z vystuženého skleneného vlákna;

- **tepelná izolácia** – najčastejšie je to polyuretánová tvrdá pena (PUR) s objemovou hmotnosťou min. 80 kg/m<sup>3</sup>;
- **vrchná (plášťová) trubka** – najčastejšie bezošvá lisovaná trubka z tvrdého polyetylénu, ktorá je z vnútornej strany špeciálne upravená tak, aby maximálne prilhla k PUR pene. Pre ohybné predizolované potrubie sa používa vrchná vrapovaná trubka. Pre potreby vrchného vedenia predizolovaného potrubie sa vyrába vrchný plášť i z pozinkovaného alebo hliníkového plechu. [10]

#### 4.2.2 Napätie v potrubí

Predizolované potrubie tvorí jeden celok, tzv. združenú konštrukciu, kde je navzájom silovo spojená teplonosná trubka, izolácia a plášťová trubka.

Pri projektovaní vedenia je potrebné vziať na zreteľ to, že tu dochádza pri tepelnom zaťažení pri všetkých troch komponentoch k rovnakej zmene dĺžky.

Napätie  $\sigma$ , ktorému je vystavený materiál potrubia, je dané Hookovým zákonom.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = E \cdot \Delta l / l \quad (2)$$

Po dosadení za

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta t \quad (3)$$

dostávame vzťah pre napätie v nekompenzovanom potrubí

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad (4)$$

kde  $\sigma$  je napätie v potrubnej stene v N/mm<sup>2</sup>;

$E$  modul pružnosti v tlaku (ťahu) v N/mm<sup>2</sup> pre oceľ  $E = 2 \cdot 10^5$  N/mm<sup>2</sup>;

$\varepsilon$  pomerná dĺžková zmena;

$l$  dĺžka potrubnej línie v m;

$\Delta l$  dĺžková zmena v m;

$\alpha$  súčiniteľ teplotnej rozťažnosti v m/K.

- $\alpha$  (mm/(m.K))
- Plast - PB, PEX0,13 – 0,18
- Kov – oceľ, med' 0,012 – 0,016

Predizolované potrubia s vákuovou vrstvou sa používajú pri rozvodoch tepelných sietí, ktoré sú v rozmedzí teplôt od 130°C do 300°C. Tieto trubky pozostávajú z týchto častí:

- **teplonosná trubka** – pre rozvod tepla vždy oceľová bezošvá trubka z materiálu triedy 11 a 12;
- **tepelná izolácia** – izoláciu tvorí vláknitá izolácia z minerálnych vlákien, ktoré sú viazané umelou živicom. Pri lacnejšom variante tepelnej izolácie sa používa na izoláciu kombinácia vláknitej izolácie s PUR penou. Ale taktiež priestor medzi vrchnou trúbkou a teplonosnou trúbkou môže byť vákuovaný;
- **vrchná (plášťová) trubka** – pozostáva z oceľovej trubky, ktorá má vonkajší povlak. Povlak má buď bitumenový základ alebo je z polyetylénu.

Predizolované potrubie netvorí jeden celok. Spojenie medzi jednotlivými vrstvami je klzné. Kompenzácia dilatácie oceľového potrubia je riešená ako u voľne vedeného potrubia. Berie sa do úvahy len čiastočné ukotvenie plášťovej trubky trecou silou násypu. [10]

#### 4.2.3 Tepelné straty potrubia

Tepelné straty potrubia sa stanovujú podľa ČSN EN ISO 12 241.

Izolačnú triedu (hrúbku izolačnej vrstvy) a tiež aj výšku celkových tepelných strát v rozvodných teplárenských sieťach, určuje celková tepelná strata predvolávaného potrubného rozvodu v konkrétnej dimenzii a diaľke. Projektovanú trasu je takmer vždy možné rozdeliť na viac úsekov po jednotlivých dimenziách. Predpokladáme, že ide o rozvod tepla alebo chladu, kde vstupná i vratná línia má takmer vždy potrubie o rovnakom priemere. Pre tieto jednotlivé úseky je potrebné vypočítať tepelné straty. NA základe výpočtov potom zväžiť prijateľnosť zvoleného technického riešenia, najmä hrúbku zvolenej izolácie. Po vypočítaní tepelnej straty, napr. buď vo Wattoch/meter potrubnej trasy alebo v Jouloch za hodnotené obdobie (obdobie, za ktoré investor požaduje návratnosť investície), je potrebné vyjadriť túto stratu v cene tepla.

Výslednú cenu strateného tepla je treba porovnať so stratami pri iných technických riešeniach pri súčasnom zhodnotení a porovnaní ich investičnej náročnosti. Pre sekundárne rozvody tepla, pre ktoré je obvyklý teplotný spád 90/70°C, je potrebné sa rozhodnúť na základe presného výpočtu pre tzv. I a II. izolačnú triedu predizolovaného potrubia. Rozmery jednotlivých izolačných tried sú uvádzané väčšinou v manuáloch výrobcov.

I. izolačná trieda potrubia zväčša pozostáva z tvrdej PUR peny o hrúbke cca 40 mm, II. izolačná trieda má hrúbku izolácie cca 60 mm. V jednotlivých dimenziách sú však samozrejme rozdiely s ohľadom na normalizáciu rozmerov nosného i plášťového – krycieho potrubia. V prípadoch, kde zdrojom tepla sú tepelné čerpadlá a prívodná línia dosahuje max. 60°C je pravdepodobné, že I. (základná) izolačná trieda bude s ohľadom na tepelné straty úplne dostačujúca a výpočet tepelných strát tu má obvykle iba potvrdzujúcu funkciu. Naopak, pri horúcovodoch, minimálne pre prívodné potrubie, kde sa teploty teplonosného média pohybujú bežne medzi 120 až 140°C, sa doporučuje prevedenie so zvýšenou hrúbkou izolácie, teda II. izolačnú triedu. Vratné potrubie týchto horúcovodných trás je potrebné prehodnotiť samostatne, keďže reálna teplota (nie iba deklarovaná) sa tu pohybuje v rozsahu 60 až 100°C. V prípade týchto horúcovodov ale tiež aj diaľkových rozvodov chladu je možné výpočet tepelných strát považovať za základný prostriedok pre ekonomický návrh potrubných trás.

Predizolované potrubia, kde vstupná ale i vratná línia je umiestnená v jednej izolácii a spoločnej krycej trubke (výrobcovia ich označujú napr. TWIN alebo DUO), je možné z tepelno technických dôvodov doporučiť len pre sekundárne rozvody alebo pre rozvody tepelných čerpadiel. Tieto ale nie sú vhodné pre teploty nad 100°C. V prípadoch použitia plastových predizolovaných rozvodov, kde nosná trubka je z polyetylénu, sieťovaného polyetylénu alebo z polypropylénu, je možné s výhodou do výpočtu tepelných strát zahrnúť i značný tepelný odpor tohto potrubia. [10]

$$\Delta P = G \cdot (t_p + t_v - 2 \cdot t_z) \quad (5)$$

kde  $\Delta P$  je tepelná strata vstupného potrubia v W/m;

**G** tepelná vodivosť;

**t<sub>p</sub>** teplota vstupného potrubia(°C);

**t<sub>v</sub>** teplota vratného potrubia (°C);

**t<sub>z</sub>** teplota neporušenej zeminy v hĺbke osí potrubia(°C).

Tepelná vodivosť vstupného a vratného potrubia v zemine sa spočíta pomocou hodnôt tepelných odporov oceľových trubiek, izolácie, plášťových trubiek, zeminy a odporu prestupu tepla medzi oboma potrubiami:

$$G = \frac{1}{R_p + R_z + R_t} \quad (6)$$

kde  $R_p$  je tepelný odpor potrubia v m.K/W;

$R_z$  tepelný odpor zeminy v m.K/W;

$R_t$  odpor teplotnej výmeny medzi prírodným a vratným potrubím v m.K/W.

$$R_p = \frac{1}{2\pi\lambda_n} \cdot \ln \frac{d}{d_i} + \frac{1}{2\pi\lambda_{PUR}} \ln \frac{D_i}{d} + \frac{1}{2\pi\lambda_{PE}} \ln \frac{D}{D_i} \quad (7)$$

$$R_z = \frac{1}{2\pi\lambda_z} \cdot \ln \frac{4 \cdot (H + 0,0685 \cdot \lambda_z)}{D} \quad (8)$$

$$R_t = \frac{1}{4\pi\lambda_z} \cdot \ln \left[ 1 + \left( \frac{2 \cdot (H + 0,0685 \cdot \lambda_z)}{A} \right)^2 \right] \quad (9)$$

kde  $d$  je vonkajší priemer trubky v m;

$d_i$  vonkajší priemer PE plášťovej trubky v m;

$D_i$  vnútorný priemer PE plášťovej trubky v m;

$A$  vzdialenosť medzi osami prírodného a vratného potrubia v m;

$\lambda_n$  súčiniteľ tepelnej vodivosti nosnej trubky,

pre nízkouhlíkovú oceľ  $\lambda_n = 53$  W/(mK) ;

$\lambda_{PUR}$  súčiniteľ tepelnej vodivosti polyuretánovej izolácie za prevádzkových podmienok (hodnota podľa údajov výrobcu) v W/mK;

$\lambda_{PE}$  súčiniteľ tepelnej vodivosti plášťovej trubky, pre HDPE = 0,43 (W/(mK));

$\lambda_z$  súčiniteľ tepelnej vodivosti zeminy,

suchý piesok = 1,5, vlhká zemina = 2,5 W/(mK);

$H$  výška krycej vrstvy zeminy od osi potrubia v m.

V tabuľke nasledovnej tabuľke sú uvedené výsledky hodnoty mernej tepelnej straty predizolovaného potrubia.



Tab. 2. Tepelná strata predizolovaného potrubia

Oceľová trubka	Vnútorý priemer izolovaného potrubia $D_e$		Merná tepelná strata $q_{li}$	
	(mm)	(mm)	(W/(m.K))	(W/(m.K))
20	90	110	0,14	0,120
25	90	110	0,17	0,142
32	110	125	0,176	0,155
40	110	125	0,203	0,177
50	125	140	0,230	0,200
65	140	160	0,270	0,225
80	160	180	0,280	0,240
100	200	225	0,300	0,250
125	225	250	0,350	0,300
150	250	280	0,430	0,330
200	315	355	0,460	0,350
250	400	450	0,435	0,340
300	450	500	0,520	0,340
350	500	560	0,500	0,380
400	560	630	0,535	0,390
450	630	-	0,540	-
500	670	-	0,610	-
600	800	-	0,620	-

### 4.3 Odovzdávajúca stanica tepla

Odovzdávacia stanica je napojená prípojkou na tepelnú sieť a tvorí spojovací článok medzi tepelnou sieťou a vykurovacím systémom v budove. V odovzdávacej stanici obvykle dochádza k zmene tlaku, teploty a niekedy tiež skupenstva nositeľa tepla. Správna voľba schémy odovzdávacej stanice a správne nadimenzovanie všetkých jej prvkov a zariadení musí zaručiť, že spotrebiteľ dostane za každých okolností potrebné množstvo tepla alebo teplonosnú látku o potrebných vlastnostiach. Vybavenie odovzdávacích staníc musí

umožniť automatickú reguláciu tepelného výkonu, presné meranie, signalizáciu prípadných porúch a diaľkové ovládanie z jedného miesta. [1].

#### 4.3.1 Princípy a rozdelenie odovzdávacích staníc

Výmenníkové stanice a zmiešavacie stanice sú nazývané odovzdávacie stanice tepla. Tieto odovzdávacie stanice sa delia podľa niekoľko kritérií:

Podľa okruhu vykurovacieho média na:

- horúcovodné, nad 115°C (PN 40 (25));
- teplovodné, do 115°C (PN 6);
- parné.

Podľa spôsobu pripojenia odberateľa na tepelnú sieť na:

- tlakovo závislé – zmiešavacie stanice;
- tlakovo nezávislé – výmenníkové stanice;
- kombinácia zmiešavacích a výmenníkových staníc.

**Odovzdávacia stanica tlakovo nezávislá** má vždy teplozmennú plochu a tým je vodotesne oddelená primárna a sekundárna strana. Obe strany sú na sebe tlakovo aj hydraulicky nezávislé. Udržiavanie tlaku v sekundárnej sústave je prostredníctvom vlastného zabezpečovacieho zariadenia.

**Odovzdávacia stanica tlakovo závislá** nemá teplozmennú plochu a dochádza u nich len k regulácii, napr. na požadovanú teplotu sekundárnej vody do odberného zariadenia pomocou zmiešavacej primárnej vody so spätnou sekundárnou vodou. Udržiavanie tlaku pri primáre a sekundáre je prevádzané spoločne. Pri parnej tlakovo závislej predávajúcej stanici sa prevádza len redukcia tlaku pary v redukčnej stanici.

Horúco vodné odovzdávacie stanice sú obvykle tlakovo nezávislé.

Teplovodné sú obvykle tlakovo závislé pre vykurovanie a vždy tlakovo nezávislé pre ohrev TÚV. Parné odovzdávacie stanice sú tlakovo nezávislé.

Odovzdávacie stanice môžu byť použité pre:

- vykurovanie;
- ohrev TÚV;

- vykurovanie a ohrev TÚV;
- vzduchotechniku;
- technologické účely.

Odobzdávacie stanice tepla pre vykurovanie slúžia pre úpravu teploty a tlaku sekundárnej vody pre vykurovanie objektu.

Zdrojom tepla je primárna voda alebo para.

Odobzdávacia stanica tepla pre ohrev TÚV je určená obvykle pre viacej odberateľov. Riešenie ohrevu TÚV môže byť nasledovný:

- prietokové;
- zásobníkové;
- kombinované.

Prepojenie v odobzdávacej stanici slúžiace pre vykurovanie a prepravu TÚV môže byť:

- sériové;
- paralelné;
- sérioparalelné.

Pri horúcovodnej stanici (HVS) je primárna strana o teplote vody 120°C a viac, musí byť navrhnutá na PN 25. Pri teplovodnej (TVS) je primárna strana o teplote vody do 120°C, musí byť navrhnutá minimálne na PN6. Pravidlom býva, že v každom okamihu prevádzky sa nesmie do primárnej strany vracat' voda o teplote vyššej než 60°C. Pri nedodržaní tohto pravidla sa naplno nevyužíva primárna rozvodná sieť a časť elektrickej energie, ktorá je potrebná pre prevádzku obehových čerpadiel, je míňaná bez účinku.

**Veľkosť výmenníka tepla** je navrhnutá na základe požadovaného výkonu. Charakteristickou veličinou výmenníka je veľkosť teplozmennej plochy, ktorá zabezpečí predané parametre primárnej strany požadovaný výkon sekundárnej strany. Trubkové výmenníky sa obvykle používajú pre paru o pretlaku nad 0,2 MPa. Teplozmennú plochu tvoria trubky alebo platne. Platňové výmenníky môžu byť tesnené šróbením.

**Regulačný ventil** je ďalším hlavným prvkom odobzdávajúcej stanice. Tento ventil slúži na reguláciu množstva prepúšťaného primárneho média, aby boli dosiahnuté požadované

parametre sekundárnej strany. Rozhodujúcim údajom pri naddimenzovaní regulačného ventilu je hodnota prietokového súčiniteľa,  $k_v$  (m<sup>3</sup>/h).

Podľa druhu odovzdávajúcej stanice je jej súčasťou **čerpadlo**, a to čerpadlo vykurovania, nabíjacie čerpadlo TÚV a väčšinou i cirkulačné čerpadlo TÚV. Stanice sú taktiež vybavené armatúrami (guľové kohúty, medziprírubové klapky, filtre, spätné ventily, poistné ventily, soleinodné ventily). Môžu obsahovať zásobník TÚV, expanzné nádoby, prípadne úpravovňu vody.

Aby bola zaistená základná funkcia tepelného zdroja, musí mať tento zdroj **zálohu**. Pri zariadeniach do výkonu 250 kW záloha nemusí byť.

U zariadeniach nad 250 kW by veľkosť zálohy mala byť nasledovná:

- výmenník – minimálne dva po 50% menovitého výkonu;
- zmiešavacie čerpadlá – pri poruche jedného zostávajúceho pokryjú 100% menovitého výkonu;
- zálohu môže tvoriť i nenamontovaný výmenník alebo čerpadlo na menovitý výkon zariadenia.

Odovzdávacia stanica tepla je umiestnená v samostatnej, dobre vetrateľnej miestnosti. Pokiaľ sa nenachádza v samostatnej miestnosti, mala by byť aspoň oddelená priečkou alebo pletivom, aby sa zabránilo neoprávnenej manipulácii, keďže tam nie je trvalá obsluha, ale len občasný dozor. Taktiež elektrický rozvádzač a rozvádzač merania a regulácie sa doporučuje umiestniť do samostatnej miestnosti. Odovzdávacia stanica musí byť vybavená **meraním množstva odoberaného tepla**. Množstvo tepla pre ohrev TÚV sa obyčajne určí rozdielom množstva tepla na primárnej strane a množstvom tepla pre vykurovanie na sekundárnej strane.

Odovzdávacia stanica tepla s teplozmennou plochou musí byť vybavená zabezpečovacím zariadením, tzv. poistným a expanzným zariadením podľa ČSN 06 0830. Sekundárna strana musí byť vybavená zariadením pre dopĺňanie vody. Horúco vodné stanice sa môžu dopĺňať prepúšťaním z primárnej strany. Vždy sa musí zmerať množstvo dopĺňanej vody. Stanica musí byť vybavená samostatne isteným a merateľným prívodom elektrickej energie podľa príslušných predpisov a ČSN.

Na automatické udržiavanie požadovaných teplôt a tlakov slúži meranie a regulácia, ktorá zabezpečuje stanicu pred havarijnými stavmi, ako sú:

- prekročenie teploty priestoru odovzdávajúcej stanice;
- prekročenie najvyššej pracovnej teploty (pri TÚV obvykle 65oC);
- prekročenie maximálneho tlaku sekundárnej strany;
- výpadok elektrického prúdu;
- zaplavenie stanice.

Meranie a regulácia môžu byť doplnené na základe požiadavky investora o diaľkové ovládanie a prenos meraných veličín a poruchových stavov. Pred tým, ako sa urobia nátery a izolácia, musia byť vykonané tlakové skúšky na skúšobný pretlak a dilatačná skúška. Komplexné odskúšanie funkčnosti a skúšky zariadenia sa vykonajú podľa ČSN 06 0310.

[10]

## 5 AUTOMATIZÁCIA BUDOV

Už po mnoho rokov rastie podiel automatizácie ako už v súkromnej a rodinnej bytovej výstavbe, tak i v účelových stavbách. Ako dôvod tohto rastu môžu byť rastúce nároky užívateľov na komfort ale i tiež z pohľadu ekonomického, kde automatizácia znižuje náklady na energie.

Do skupiny účelových budov patria najmä kancelárske budovy, nákupné strediská, nemocnice, letiskové terminály, podzemné garáže a vlakové a autobusové stanice. Tento typ budov sa pomerne výrazne líši od klasických obytných priestorov. V dnešných budovách sa nachádza množstvo rôznych automatizačných systémov. Okrem zariadení na výrobu tepla sú to hlavne inštalácie klimatizačných jednotiek a vzduchotechniky.

V podstate však môžeme povedať, že všetky systémy riadenia sa delia na dva systémy:

- *centralizovaný systém riadenia*
- *decentralizovaný systém riadenia*

### 5.1 Centralizované systémy riadenia

Centralizovaný systém riadenia je vlastne systém s riadiacou centrálou. Cez riadiacu centrálu prebieha celá komunikácia. Táto centrála tiež určuje, ktorý klient bude prijímať rozkazy alebo posielat' namerané hodnoty. Týmto sa eliminuje vznik kolízií v sieti, tým že by sa pokúšalo viacero účastníkov komunikovať naraz. Pri tomto prenose hovoríme o prenose typu master-slave. Pri komunikácií medzi snímačom a akčným členom vydá snímač údaje riadiacej jednotke, ktorá ich spracuje a pošle príkazy odpovedajúcemu akčnému členu.

Ako hlavnú nevýhodu tohto systému vidíme v tom, že po celú dobu životnosti systému budeme musieť využívať pôvodné zariadenia od daného dodávateľa. Preto o tomto systéme hovoríme ako o uzavretom. Ďalšia nevýhoda tohto systému je jeho obmedzená možnosť použitia. Väčšinou sa využíva na riadenie osvetlenia, žalúzií a podobne. Taktiež nie je možné tieto systémy využívať tam, kde je potrebná spätná kontrola.

Naopak medzi výhody patrí vysoká spoľahlivosť s vysokými prenosovými rýchlosťami.

[3][6]

## 5.2 Decentralizované systémy riadenia

Väčšinu nedostatkov pri centralizovanom systéme riadenia sa snaží napraviť decentralizovaný systém riadenia. Využíva pri tom odlišný spôsob komunikácie medzi účastníkmi. Odborne sa tento spôsob komunikácie označuje ako peer-to-peer. To znamená, že každý klient alebo prvok môže komunikovať s ďalším prvkom, ktoré sú napojené na túto zbernicu. Aby bolo toto riešenie možné, je nutné aby každá jednotka bola vybavená riadiacou jednotkou a jej následné naprogramovanie pomocou softvéru na to určeného. Medzi hlavné výhody patrí to, že okrem riadenia množstva funkcií umožňuje aj ich vizualizáciu a spätnú kontrolu. Taktiež je umožnené riadenie z akéhokoľvek miesta pripojeného na počítačovú sieť s prístupom na zbernicu. Medzi najvýznamnejšie výhody je to, že patrí do tzv. otvoreného zbernicového systému. To znamená, že je umožnené postupné rozširovanie systému. Medzi hlavných predstaviteľov patrí BACnet, LONworks a KNX. [3][6]

## 5.3 BACnet

Pod pojmom BACnet rozumieme štandardizovaný komunikačný protokol pre automatizačné a riadiace systémy budov, v ktorom si zariadenia a systémy môžu navzájom vymieňať informácie. Vznik BACnet bol vyvolaný potrebou jednotného, štandardizovaného dátovo-komunikačného protokolu, v rámci ktorého by sa rôzne automatizačné a riadiace komponenty mohli v jednej budove vzájomne oslovovať a odpovedať si.

Pred zavedením BACnet sa automatizácia budov vyznačovala rozdrobenosťou vlastných technológií rôznych výrobcov. Tak sa mohlo stať, že produkty od rôznych výrobcov spolu nespolupracovali. Naopak BACnet poskytuje otvorený a pružný komunikačný protokol, ktorý umožňuje prevádzkovať komponenty od rôznych výrobcov, čo zaisťuje lepšiu konkurenčnú schopnosť.

V účelových budovách sú rozľahlé miestnosti. Zároveň sa v rôznych miestach budovy uplatňujú rôzne požiadavky na riadenie vykurovania, klimatizácie a vetrania. Z tohto dôvodu nie je možné tieto oblasti riadiť z jedného riadiaceho centra, ale z niekoľkých oddelených staníc, ktoré zodpovedajú za riadenie celej budovy. Dáta decentralizovaných staníc sa zhromažďujú v jednej riadiacej ústredni. Tá je vybavená grafickou prezentáciou, čo umožňuje prístup ku všetkým dátam a k riadiacim funkciám.

## 5.4 Automatizácia budov som systémom LONWORKS

Technológia LONWORKS predstavuje univerzálny automatizačný systém, ktorý bol vyvinutý americkou firmou Echelon. Táto technológia sa na európskom trhu presadila hlavne práve v oblasti automatizácii budov. Výkonnosť tejto technológie umožňuje jej využitie jednak v riadiacich jednotkách automatizačných riadiacich systémov, ale tiež v decentralizovaných, distribuovaných súčiastiach systémovej techniky budov.

V oblasti technického zariadenia budov zaberá technológia LON pevné miesto. Tým, že sa distribuujú funkcie merania, regulácie a riadenia do lokalizovaných komponentov, môžu byť riešením techniky prostredia variabilné a individualizované podľa požiadaviek na pohodlie v jednotlivých miestnostiach. Veľká ponuka snímačov a akčných členov umožňuje realizovať funkcie TZB ako sú:

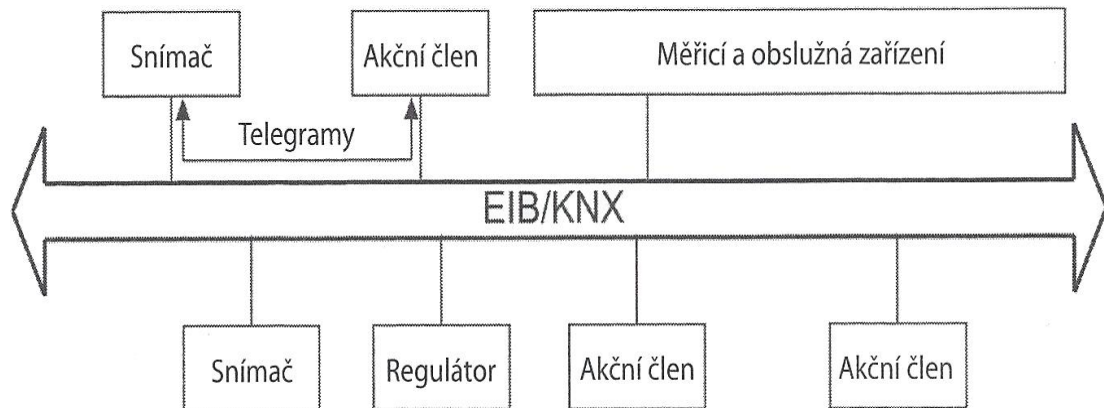
- Vykurovanie, chladenie, vetranie
- Riadenie osvetlenia
- Zastieranie žalúzií
- Bezpečnosť
- Multimédia [3]

## 5.5 Európska inštaláčna zbernica KNX/EIB

Európska inštaláčna zbernica KNX/EIB je priemyslový komunikačný systém, ktorý sa v systémovej technike budov používa pre sieťové informatické spojenie zariadení (snímačov, akčných členov, regulačných a riadiacich zariadení, obslužných a meracích zariadení vid' (Obr. 6)

Implementácia KNX/EIB je prispôsobená elektrotechnickej inštalácii, čím sú zaistené funkcie a automatizované procesy v budove. [3]





Obr. 6. Informatické zasiťovanie zariadení systémovej techniky budov na zbernici KNX/EIB

Dáta určené na vzájomnú komunikáciu sa vkladajú do dátového telegramu a prostredníctvom inštaláčnej zbernice sa digitálne prenášajú. Zbernicu je možné realizovať rôznymi fyzikálno – technickými spôsobmi. V prípade KNX/TP je to kábel Twisted Pair – čiže známy aj ako krútený pár metalických vodičov. U KNX.PL je to silový kábel a v prípade KNX.RF sa používa rádiové spojenie. Na prenos sa dá tiež použiť optický kábel.

KNX/EIB sa používa napríklad na realizáciu ovládania a riadenia osvetlenia a nastavenia žalúzií. Štvorkanálový ovládač žalúzií vydá príkaz a vyšle ho zbernicou ako dátový telegram k akčnému prvku, ten následne príjem pokynu potvrdí potvrdzujúcim telegramom a vykoná príkaz, v tomto prípade zopne relé.

KNX/EIB sa inštaluje predovšetkým v nových budovách, ale je tiež možné ho inštalovať dodatočne aj do starších domov pri rekonštrukcií a modernizácií. [3]

### 5.5.1 Použitie KNX/EIB

Viac pohodlia, väčšia bezpečnosť a väčšia hospodárnosť – to sú hlavné faktory stále širšieho uplatnenia elektroniky a priemyselnej spojovacej techniky ako v bytovej výstavbe, tak i v účelových stavbách.

K realizácií automatizácie a riadenia mnohostranných funkcií budovy a to hlavne pre:

- zaistenie funkcií vstupu a výstupu
- funkcie spracovania dát
- riadiace funkcie
- obslužné funkcie,

je v moderných budovách k dispozícii množstvo:

- snímačov
- akčných členov
- radiacích a regulačných prístrojov
- obslužných, meracích a sledovacích zariadení

Aby tieto zariadenia mohli spolu s komplexnými funkciami budov súčinne pôsobiť, musia navzájom komunikovať, to znamená vymieňať si informácie.

Konkrétne prínosy v oblasti aplikácie KNX/EIB v budovách všetkých druhov sú nasledovné. Napríklad v oblasti komfortu, kedy je možné, že všetky svietidlá v budove môžeme zapnúť alebo vypnúť stlačením jedného tlačidla alebo stlačením ďalšieho tlačidla môžeme na celom podlaží vytiahnuť alebo spustiť všetky rolety. Ďalšia oblasť prínosu je oblasť bezpečnosti, kedy je možné po zotmení aktivovať osvetlenie v okolí celej budovy, centrálné detekovať, či sú pozatvárané všetky okná a v prípade detekcie poplachu rozsvietiť osvetlenie v celej budove. V oblasti hospodárnosti je možné po detekcii otvorenia okna zavrieť ventil vykurovacieho telesa. [3]

### 5.5.2 Prístroje na zbernici KNX/EIB

Každý špecializovaný výrobca ponúka množstvo rôznych produktov KNX/EIB. Preto je pri výbere nutné podrobne preštudovať katalógy od renomovaných firiem. Produkty KNX/EIB uvedené v katalógoch výrobcov môžeme rozdeliť do štyroch hlavných skupín:

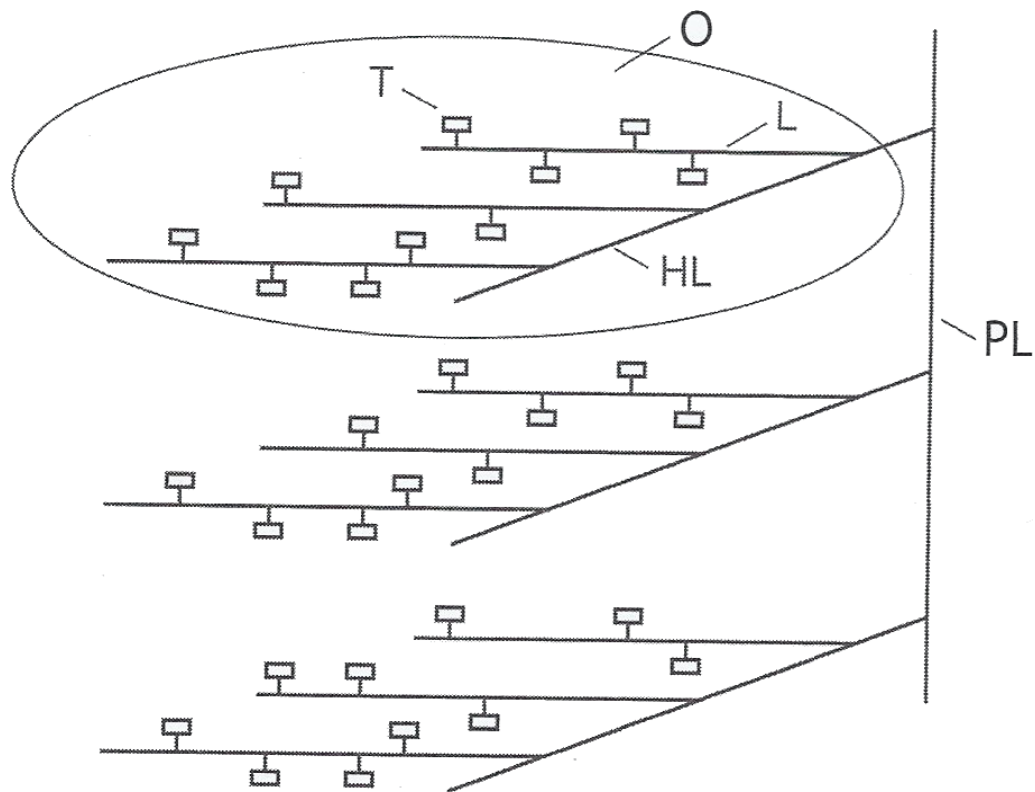
- Systémové prístroje, napríklad napájací zdroj, akumulátory, líniové a oblastné spojky, líniové zosilňovače, zbernicové spojky rozhrania RS 232, respektíve USB, IP rozhranie
- Snímače, napríklad tlačidlové snímače, tlačidlové ovládače a spínače, snímače pohybu, snímače rozbitia skla
- Akčné členy, napríklad spínacie akčné členy, ovládače, žalúziové alebo roletové akčné členy
- Ostatné, napríklad logické moduly, kontrolné panely

Pretože umiestnenie a možnosti zabudovania týchto prístrojov závisí od prostredia, kde budú zabudované, je ich možné dostať v rôznych prevedeniach, najčastejšie pre inštaláciu v krabiciach pod omietku alebo na omietku. [3]

### 5.5.3 Topológia KNX/EIB

Ako u konvenčných elektroinštalácií, tak i inštalácia KNX/EIB musí byť pripojená na sieť dodávajúcu energiu.

Topológia jednej siete KNX/EIB napodobňuje obvykle inštaláčne štruktúry budovy. Jedná sa o tzv. stromovú topológiu, ktorá je zobrazená na obrázku (Obr. 7).



Obr. 7. Stromová topológia KNX/EIB

Na obrázku (Obr. 7) rozoznávame nasledujúcu hierarchiu:

- Účastník (U), jednotlivé účastnícke stanice sú spojené vedením, čiže líniou (L)
- Viac vedení- línií sa spojuje prostredníctvom hlavnej línie (HL) a spoločne vytvárajú oblasť (O)
- Viac oblastí sú spoločne napojené na chrbticovú líniu (PL – backbone)

Pod pojmom oblasť si môžeme predstaviť napríklad jedno podlažie v dome. Na chodbe každého podlažia sú vodiče, na ktoré sú v stanovených miestach pripojené prístroje na zbernicu. Menšie konfigurácie často pozostávajú len z niekoľkých účastníkov, kde je každému priradená jedna oblasť a jedna línia. Neexistuje účastník, ktorý by nebol priradený línii alebo oblasti.

Počet účastníkov, líníí a oblastí závisí napríklad na priestorovom rozmiestnení siete a na počte inštalovaných prístrojov. Za normálnych okolností sieť pozostáva len z niekoľkých líniových segmentov a môže mať až 64 účastníkov.

Líniové segmenty, línie a oblasti sú dátovo-technicky vzájomne spojené pomocou prepojovacích jednotiek - líniových zosilňovačov, líniových spojok a oblastných spojok. Snímače, akčné členy a rozhrania sú v systéme KNX/EIB reálnymi účastníckymi stanicami, ktoré sa účastia dátovej komunikácie. Je im pridelená individuálna adresa, na ktorej sú umiestnené.[3]

#### 5.5.4 Prenosové média

Na prenos dát medzi účastníckymi stanicami môžu byť využité rôzne média:

- Twisted pair – krútený pár – (KNX.TP),
- Power Line – silové vedenie (KNX.PL),
- Radiový prenos (KNX/RF)
- Ethernet (KNXnet/IP)
- Optické vlákna (ABB06)

Medzi najčastejšie používané prenosové médium patrí KNX.TP. Veľká obľúbenosť v použití je daná tým, že sa jedná o nákladne výhodnú variantu prenosových médií. Jej použitie hlavne u novostavieb je vhodné vďaka jednoduchej montáži rozvodov kábla. Naopak u KNX.RF je výhoda tá, že prenos sa deje cez rádiové spojenie a nie je preto treba ťahať žiadne káble. [3]

#### 5.5.5 Komunikácia KNX

Komunikačný model systému KNX vychádza z modelu ISO OSI, ale neobsahuje všetky jeho vrstvy. KNX používa nasledovné vrstvy modelu ISO OSI:

- Fyzická
- Linková
- Transportná
- Aplikačná

Komunikácia na zbernici prebieha na základe telegramov. Účastník môže začať komunikovať iba v prípade, že zbernica nie je obsadená. V prípade, že v daný okamžik chce komunikovať viac účastníkov, vzniká kolízia, ktorá je následne ošetrená metódou CSMA/CA. Každý odoslaný telegram má definovanú prioritu (nízku, vysokú, poplachovú) a prioritu určenú svojou skupinovú adresou. Pokiaľ teda dôjde ku kolízií na zbernici, tak pokračuje vo vysielaní ten, ktorý má vyššiu prioritu.

Telegram sa skladá zo zbernicovo špecifických informácií a vlastnej užitočnej informácie, v ktorej sa oznamuje udalosť. Celá informácia je pri vysielaní prenášaná po znakoch, vždy 8 bitoch. V telegrame sa tiež prenášajú kontrolné informácie pre rozpoznanie prenosových chýb. Štruktúra telegramu je znázornená na obrázku (Obr. 8).

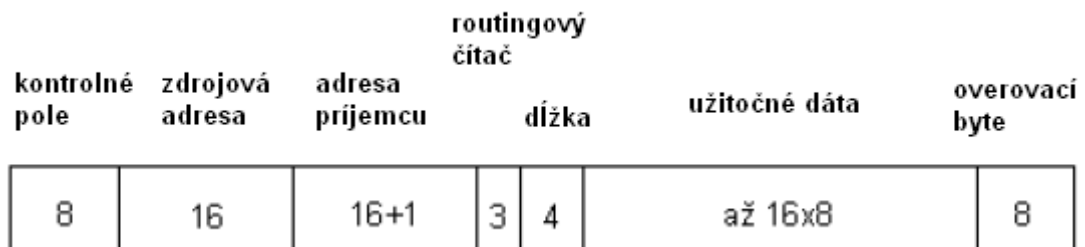


Obr. 8. Štruktúra telegramu

Ak je zbernica po dobu t1 (50 bitov) voľná, začne komunikácia (vyšle sa rámec). Po odoslaní rámca nasleduje doba t2 (13 bitov), na potvrdenie správnosti príjmu. Potvrdenie môže mať tri formy:

- ACK – príjem v poriadku
- BUSY – príjemca zaneprázdnený
- NACK – príjem nie je v poriadku

Ak nedostane vysielací účastník žiadne potvrdenie, bude telegram až trikrát zopakovaný. Samotná informácia je prenášaná v rámci, ktorého štruktúra je zobrazená na obrázku (Obr. 9):



Obr. 9. Štruktúra rámca

Kontrolné pole obsahuje informácie o prioritě a prenosovom móde (štandardný a rozšírený). Adresa príjemcu môže byť skupinová alebo fyzická. Aby príjemca vedel, o ktorú adresu ide, tak sa táto informácia prenáša v 17 bitoch (0-fyzická adresa, 1-skupinová adresa). Routingový čítač dekrementuje hodnotu pri každom prechode routerom (ak je hodnota 0, odstráni rámeč). Overovací vyte slúži k rozpoznaniu chýb pri prenose telegramu. Kontrolné údaje sa zasielajú formou paritného bitu.[28]

### 5.5.6 Softvér KNX/EIB

Softvér pre KNX/EIB rozdeľujeme na tri druhy:

- systémový softvér
- aplikačný softvér
- ETS 3

KNX/EIB je decentralizovaný systém, ktorého systémové programy a aplikácie sú uložené decentralizovane v jednotlivých zariadeniach KNX/EIB:

- systémový softvér, ktorý je určený pre dátovú komunikáciu sa zabudováva do prístroja výrobcu
- aplikačný softvér pre konkrétny prístroj je k dispozícii v databanke produktov ETS-3, kam ju uložil výrobca. Užívateľ si musí konkrétny potrebný softvér zvoliť, parametrizovať a pri uvádzaní do prevádzky prostredníctvom ETS 3 uložiť do prístroja,
- ETS 3 je jednotný program pre projektovanie a uvádzanie inštalácie KNX/EIB do prevádzky[3]

## 6 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY A ICH HODNOTENIE

Energeticky úsporná budova je taká budova, ktorá je navrhnutá a postavená tak, že náklady na zaistenie jej prevádzky sú nižšie, ako určujú normy a predpisy. Pre zaistenie prevádzky sa počítajú hlavne náklady na vykurovanie a chladenie objektu, ohrev teplej úžitkovej vody, vetranie, spotrebu elektrickej energie a vody.

Predovšetkým vzhľadom ku stále sa zvyšujúcim cenám energií sa investície do energeticky úsporných domov vyplatia. Ročná spotreba u týchto domov je podstatne nižšia ako u bežných novostavieb postavených s parametrami podľa súčasných noriem.

### 6.1 Rozdelenie budov podľa potreby tepla na vykurovanie

Energeticky úsporné budovy sú hodnotené podľa mernej potreby tepla na vykurovanie 1 m<sup>2</sup> určitej podlahovej plochy vykurovanej časti budovy za rok. Podľa toho sa energeticky úsporné budovy delia na kategórie uvedené v tabuľke (Tab. 3).

Tab. 3. Rozdelenie budov do kategórií podľa potreby tepla na vykurovanie

Kategória	Potreba tepla na vykurovanie [kWh/(m <sup>2</sup> .rok)]
Domy bežné v 70. a 80. rokoch	Nad 200
Súčasnú novostavby	80-140
Nízkoenergetická budova	Menej než 50
Pasívna budova	Menej než 15
Nulová budova	Menej než 5

### 6.2 Nízkoenergetické budovy

Nízkoenergetické budovy sú budovy s ročnou mernou spotrebou tepla na vykurovanie menšou ako 50 kWh/m<sup>2</sup>, pokiaľ využívajú veľmi účinnú vykurovaciu sústavu. Toto kritérium sa používa bez ohľadu na tvar budovy, avšak pri výhodnom kompaktnom tvare budovy je jednoduchšie splniteľné, ako pri tvare veľmi členitom. Používa sa vykurovaciu sústavu s nižším teplotným spádom. Vetranie zaisťuje vzduchotechnická jednotka a využívajú sa obnoviteľné zdroje. Cena je však o niečo vyššia ako u obvyklých domov.

### 6.3 Pasívne budovy

Pasívne budovy majú podľa normy ročnú mernú spotrebu tepla na vykurovanie menšiu ako  $15 \text{ kWh/m}^2$ . Mimoriadne nízku energetickú spotrebu budovy je možné pokryť bez použitia obvyklej vykurovacej sústavy, iba so systémom núteného vetrania, ktorý obsahuje účinné spätné získavanie tepla z odvádzaného vzduchu a malé zariadenie na doohrev vzduchu v období veľmi nízkych vonkajších teplôt. Ako zdroj vykurovania používa aj energiu vo forme tepla vyžarovaného ľudským telom, solárnych ziskov a tepla produkovaného spotrebičmi.

Ďalšou požiadavkou je celková neprievzdušnosť budovy. Táto hodnota udáva intenzitu výmeny vzduchu v objekte pri tlakovom rozdieli  $50 \text{ Pa}$  za hodinu. Súčasne nesmie u týchto budov celkové množstvo primárnej energie spojené s prevádzkou budovy prekračovať hodnotu  $120 \text{ kWh/m}^2$  za rok.

### 6.4 Nulové a plusové budovy

Ako nulová budova je označovaná budova s ročnou mernou spotrebou tepla na vykurovanie menšou než  $5 \text{ kWh/m}^2$ . Takéto riešenie je možné dosiahnuť len pri mimoriadne vhodných podmienkach a preto sa takéto budovy objavujú na rozdiel od pasívnych zriedkavo.

Je možné navrhovať aj budovy ktoré vyprodukujú viac energie, ako samy spotrebujú. Tieto budovy bývajú označované ako plusové alebo ako budovy s energetickým prebytkom. Z pravidla sa jedná o pasívne budovy s veľkoplošnou integráciou fotovoltaických systémov na výrobu elektrickej energie. Tej môže byť dokonca produkovanej viac, ako je celková ročná spotreba domu. Prebytočná teplota je dodávaná do rozvodnej siete.

### 6.5 Úsporné zdroje energie

Medzi úsporné zdroje energie patrí najmä energia získaná z obnoviteľných zdrojov ako je slnečné žiarenie, vietor, vodná energia a ďalšie. Na získanie energie z týchto zdrojov sa u budov najčastejšie využívajú tepelné čerpadlá, solárne panely a kolte na biomasu.

#### 6.5.1 Tepelné čerpadlá

Tepelné čerpadlá patria medzi alternatívne zdroje energie. Odoberajú teplo z okolitého prostredia (vody, vzduchu alebo zeme) a umožňujú ho účelne využiť na vykurovanie alebo



ohrev teplej vody. Počiatočná investícia do tepelného čerpadla je vysoká, ale je vyvážená nízkymi prevádzkovými nákladmi.

Tepelné čerpadlá sa označujú podľa toho, odkiaľ teplo odoberajú a akej látke teplo predávajú. Prvé slovo označuje odkiaľ tepelné čerpadlo berie energiu (zem, voda, vzduch) a druhé slovo označuje ako tepelné čerpadlo energiu dodáva do objektu (voda, vzduch).

Podľa toho delíme tepelné čerpadlá na:

- Voda – vzduch
- Vzduch – voda
- Zem – voda
- Voda – voda

Tepelné čerpadlá sú najvhodnejšími pre tzv. nízkotepelnú vykurovaciu sústavu. Obmedzením tepelného čerpadla je schopnosť ohrievať vykurovaciu vodu väčšinou maximálne na 50 – 60 °C. Preto je vhodnejšie pre tepelné čerpadlo použitie podlahového alebo stenového vykurovania ako použitie klasických vykurovacích telies. U podlahového vykurovania sa štandardne používajú teploty vykurovacej vody v rozmedzí 35 - 45 °C. [11]

### 6.5.2 Solárne kolektory

Solárne kolektory slúžia na zachytenie slnečnej energie slnečného žiarenia a jej premenenie na teplo, ktoré je odvádzané nosným médiom do výmenníku. Priemerná intenzita slnečného žiarenia je pre ČR zhruba 620 W/m<sup>2</sup>. Tepelný výmenník predáva teplo vode. Takto získané teplo sa využíva väčšinou k vykurovaniu objektu, na ohrev bazénu alebo na ohrev teplej úžitkovej vody. Množstvo celoročne potrebnej energie, ktorú je možné pokryť pomocou solárneho zariadenia je zadané solárnym krytím v percentách. Inštalácia solárnych kolektorov sa najčastejšie prevádza na strechách a stenách budov. Konštrukcia kolektoru musí byť odolná voči vplyvom okolitého prostredia. Slnečné kolektory je najvhodnejšie inštalovať pod uhlom 45°C a orientáciou na juh až juhozápad. [13]

### 6.5.3 Fotovoltaické panely

Fotovoltaické panely slúžia na priamu premenu energie slnečného žiarenia na energiu elektrickú. Sú tvorené sériovo alebo paralelne zapojenými fotovoltaickými článkami, ktoré využívajú fotovoltického javu, pri ktorom vzájomným pôsobením slnečného žiarenia

a hmoty dochádza k pohlcovaniu fotónov a uvoľňovaniu elektrónov. V polovodiči potom vznikajú voľné elektrické náboje, ktoré sú následne odvádzané vo forme elektrickej energie. Napätie jedného fotovoltaického článku dosahuje 0,5 V.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 NÁVRH TECHNICKÉHO ZARIADENIA BUDOVY

V praktickej časti je uvedený návrh pre energeticky úspornú administratívnu budovu. Zariadenia som volil podľa technických požiadaviek vyplývajúcich z nárokov zvolenej budovy. Konkrétne výberom prešli vykurovacia sústava, vzduchotechnika, riadiace systémy, EPS a EZS.

Pre vykurovanie bol ako primárny zdroj tepelnej energie zvolený CZT – horúca voda. V tomto prípade sa do objektu teplo privádza centrálné, čo má viacero výhod, medzi hlavné patrí vplyv na ekológiu, spoľahlivosť a bezpečnosť.

Ďalšou časťou riešenia je zavedenie vzduchotechniky do haly, kde bude dopĺňať vykurovacie telesá a do ambulantných priestorov, kde bude mať za úlohu vykurovanie a zaistenie sterilného prostredia.

Pri projekte sa tiež počíta s riadeným budovy. Toto riešenie je výhodné z hľadiska komfortu práce a tiež bezpečnosti. Prvky vykurovanie sú napojené na systém riadenia pomocou protokolu KNX, ktorý môže byť riadený v podstate odkiaľkoľvek.

### 7.1 Popis budovy, okrajových podmienok a návrh TZB

Administratívna budova sa nachádza v okrajovej časti Zlína. Budova je z 80. rokov 20 storočia. Pôvodný účel budovy bol čisto administratívny, počas neskoršieho používania boli vnútorné priestory rekonštruované pre bankové účely. Niektoré pozostatky, ako miestnosť s trezorom tam ostali do dnes. V súčasnej dobe je však budova z väčšej časti administratívna s lekárskou časťou. V budove sú umiestnené ordinácie, malé operačné sály, čakárne, kancelárie, sociálne zariadenia, miestnosti pre porady a archív. Budova má šesť nadzemných podlaží a jedno podzemné. Budova je veľmi členitá, s rozdielnymi plochami podlaží a veľkými presklennými časťami, čo má za následok vysoké nároky na vykurovanie.

Pri návrhu systémov TZB som vychádzal z projektovej dokumentácie pre daný objekt. Keďže som nemal k dispozícii celú dokumentáciu, pri neznámych údajoch som upravil tak, aby čo najlepšie vystihovali účel využitia objektu.

Pri výpočtoch vedúcim k návrhu konkrétnych technických zariadení som vychádzal z dostupných poznatkov, ktoré som uviedol vyššie:

- geografické polozenie budovy z čoho vyplývajú klimatické údaje ako výpočtová vonkajšia teplota  $\Theta_e$ , priemerná ročná vonkajšia teplota  $\Theta_{em}$

- jej celkové rozmery, skladba použitých konštrukcií, výpočtová vnútorná teplota

Pri návrhu výpočtových vnútorných teplôt  $\Theta_i$  a relatívnej vlhkosti vnútorného vzduchu  $\varphi_{ai}$  pre jednotlivé vykurované miestnosti som vychádzal z normy ČSN 06 0210, ktorá je zobrazená v tabuľke (Obr. 4).

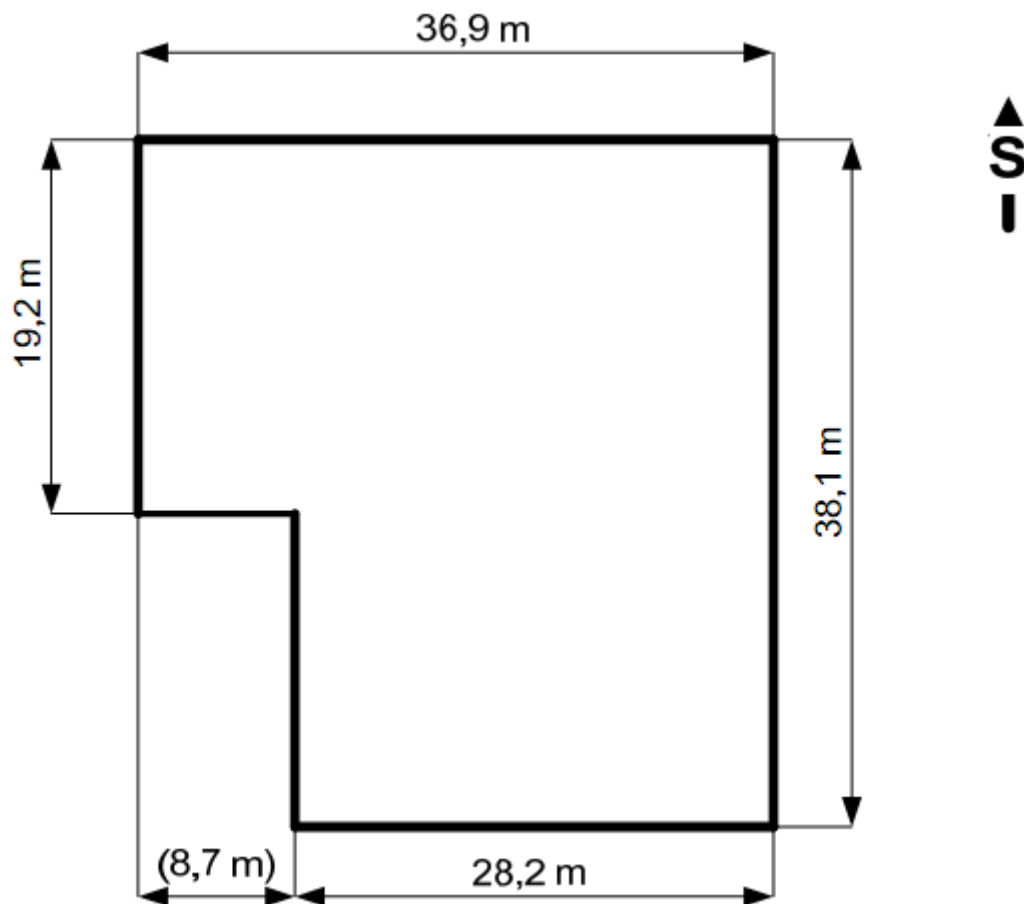
Tab.4. Ukážka z normy pre výpočet vnútorných teplôt  $\Theta_i$  a relatívnej vlhkosti vnútorného vzduchu  $\varphi_{ai}$  ČSN 06 0210

Druh vykurovanej miestnosti	Výpočtová vnútorná teplota $t_i$ (°C)	Relatívna vlhkosť vzduchu $\varphi_{ai}$ ai (%)
<b>Administratívna budova</b>		
Kancelária čakární, zasadacie miestnosti, jedálne	20	60
Vykurované vedľajšie miestnosti (chodby, hlavné schodište a i.)	15	60
Vykurované vedľajšie schodisko	10	70
Haly, miestnosti s prekážkami	18	70
Školné budovy		
Učebne, rysovne, kresliarne, kabinety, laboratória, jedálne	20	60
Učebné dielne	18	65
Telocvične	15	70
Šatne pre telocvične	20	60
Plavárne a šatne	24	90
Ordinácie a ošetrovne	24	80
Vykurované vedľajšie miestnosti (chodby, schodištia, prezliekarne ai.)	15	
Materské škôlky - učebne, herne, odpočívare	22	50
Šatne pre deti	20	60
Umyvárne pre deti, wc	24	80
Izolačné miestnosti	22	50

Tab. 5. Tabuľka okrajových podmienok

$\Theta_{em}$	Teplota vonkajšieho vzduchu v priebehu vykurovacieho obdobia referenčná	°C	8,4
d	Dĺžka vykurovacieho obdobia	deň	226
$\Theta_{im}$	Priemerná vnútorná teplota vo vykurovacom období roku	°C	18,5
$\Theta_{ae}$	Návrhová teplota vonkajšieho vzduchu	°C	-12
$\Theta_i$	Návrhová vnútorná teplota	°C	20
$\Delta\Theta_{im}$	Základný teplotný rozdiel	K	32

Okrajové podmienky uvedené v tabuľke (Tab. 5) vyhodnotil program „Stavební fyzika 2010“ na základe zadaných parametrov budovy. S týmto programom som pracoval aj v ďalších kapitolách mojej Diplomovej práce, či už to bolo pri výpočtoch vlastností skladieb konštrukcií alebo pri výpočte tepelných strát a ziskov.



Obr. 10. Obrázok situácie objektu



*Obr. 11. Pohľad na severovýchodnú stranu*



*Obr. 12. Pohľad na západnú stranu budovy*

Tab. 6. Základná charakteristika podlaží

Podlažie	Konštrukčná výška	Pôdorys podlahy	Objem miestnosti
1.PP	3,6	410,8	1478,88
1.NP	3,6	1258,4	4530,24
2.NP	3,6	979,2	3525,12
3.NP	3,6	806,6	2903,76
4.NP	3,6	1114,7	4012,92
5.NP	3,6	1246,1	4485,96
6.NP	3,6	666,3	2398,68

### 7.1.1 Skladba konštrukcií budovy

Keďže budova je z 80. rokov 20 storočia, zodpovedá tomu aj skladba konštrukcií budovy. V budove bolo použité veľké množstvo presklenných častí s kovovými oknami, ktoré boli z dôvodu zníženia prevádzkových nákladov zamenené za okná plastové. Tabuľka (Tab. 6) zobrazuje skladby použitých konštrukcií. Tieto údaje boli prevzaté z projektovej dokumentácie. Všetky konštrukcie by mali súhlasiť s minimálnymi požiadavkami uvedené v norme ČSN 73 054. Ukážka súčasných požiadaviek na tepelne izolačné parametre konštrukcií je uvedená v tabuľke 7.

Tab. 7. Súčasné požiadavky na tepelno-izolačné parametre konštrukcií stanovené v ČSN 730540

Popis konštrukcie	Súčiniteľ prestupu tepla $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty
Strecha plochá a šikmá so sklonom do 45° vrátane	0,24	0,16
Stena vonkajšia ľahká	0,30	0,20
Stena vonkajšia ťažká	0,38	0,25
Podlaha a stena vykurovaného priestoru priľahlá k zemi	0,45	0,30



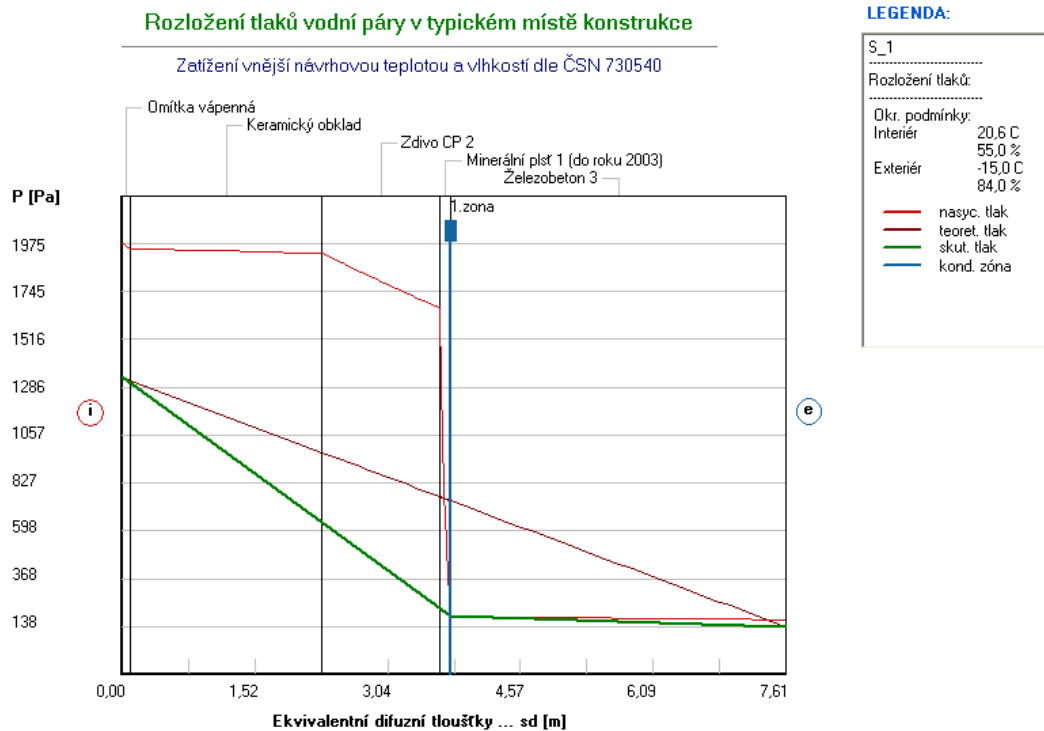
Tab. 8. Skladba obalových konstrukcí

Materiál	Objemová hmotnost <sup>2</sup> Plošná hmotnost <sup>2</sup>	Hrúbka	Tepelná vodivost' Súčiniteľ prestupu tepla	Tepelný odpor	
	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] $M$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$s$ [m]	$\lambda$ [W/(m.K)] $U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	$R$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	
<b>PD 1</b>	<b>Podlaha na teréne</b>				
201	Dlažba keramická	2000	0,015	1,01	0,01
7	Betón hutný 2	2200	0,050	1,3	0,04
77	Asfaltový náter 2x	1400	0,010	0,21	0,05
84	Bitagit SI	1245	0,010	0,21	0,05
11	Železobetón 3	2500	0,100	1,74	0,06
	<b>SPOLU:</b>	<b>416</b>	<b>0,19</b>	<b>0,31</b>	<b>0,21</b>
<b>PD 2</b>	<b>Podlaha na teréne</b>				
201	Dlažba keramická	2000	0,015	1,01	0,01
7	Betón hutný 2	2200	0,050	1,3	0,04
249	Polystyrén PPS	60	0,035	0,039	0,88
77	Asfaltový náter 2x	1400	0,010	0,21	0,05
84	Bitagit SI	1245	0,010	0,21	0,05
11	Železobetón 3	2500	0,100	1,74	0,06
	<b>SPOLU:</b>	<b>419</b>	<b>0,22</b>	<b>0,18</b>	<b>1,08</b>
<b>Sp 1</b>	<b>Stena s terénom – 1. p. p</b>				
192	Omietka vápnocementová	2000	0,015	0,99	0,02
335	Murivo CP 2	1800	0,150	0,86	0,17
84	Bitagit SI	1245	0,010	0,21	0,05
77	Asfaltový náter 2x	1400	0,010	0,21	0,05
10	Železobetón 2	2400	0,250	1,58	0,16
11	Železobetón 3	2500	0,010	1,74	0,01
	<b>SPOLU:</b>	<b>951</b>	<b>0,45</b>	<b>0,42</b>	<b>0,45</b>
<b>Sp 2</b>	<b>Stena s terénom – 1. n. p</b>				
192	Omietka vápnocementová	2000	0,015	0,99	0,02
335	Murivo CP 2	1800	0,150	0,86	0,17
84	Bitagit SI	1245	0,010	0,21	0,05
77	Asfaltový náter 2x	1400	0,010	0,21	0,05
10	Železobetón 2	2400	0,250	1,58	0,16
11	Železobetón 3	2500	0,010	1,74	0,01
	<b>SPOLU:</b>	<b>951</b>	<b>0,45</b>	<b>0,42</b>	<b>0,45</b>

Materiál		Objemová hmotnost' Plošná hmotnost'	Hrúbka	Tepelná vodivost' Súčiniteľ prestupu tepla	Tepelný odpor
		$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] $M$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$s$ [m]	$\lambda$ [W/(m.K)] $U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	$R$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]
<b>S 1</b>	<b>Parapetná stena</b>				
191	Omietka vápenná	1600	0,015	0,87	0,02
181	Keramický obklad	2000	0,011	1,01	0,01
335	Murivo CP 2	1800	0,150	0,86	0,17
236	Minerálna plst' 1	100	0,120	0,056	2,11
11	Železobetón 3	2500	0,120	1,74	0,07
	<b>SPOLU:</b>	<b>628</b>	<b>0,42</b>	<b>0,39</b>	<b>2,38</b>
<b>S 2</b>	<b>Medzioknová vložka</b>				
153	Hliník	2700	0,001	204	0,00
283	10 mm vzduchová dutina	1,2	0,010	0,058	0,17
275	Rotaflex	20	0,100	0,05	1,96
283	10 mm vzduchová dutina	1,2	0,012	0,058	0,20
153	Hliník	2700	0,001	204	0,00
	<b>SPOLU:</b>	<b>7</b>	<b>0,12</b>	<b>0,40</b>	<b>2,33</b>
<b>St 1</b>	<b>Strop nad vonkajším prostredím</b>				
202	Koberec	160	0,010	0,065	0,15
8	Betón hutný 3	2300	0,050	1,36	0,04
11	Železobetón 3	2500	0,220	1,74	0,13
275	Rotaflex	20	0,080	0,05	1,57
153	Hliník	2700	0,001	204	0,00
	<b>SPOLU:</b>	<b>671</b>	<b>0,36</b>	<b>0,49</b>	<b>1,88</b>
<b>St 2</b>	<b>Strecha šikmá</b>				
153	Hliník	2700	0,001	204	0,00
283	10 mm vzduchová dutina	1,2	0,010	0,058	0,17
275	Rotaflex	20	0,120	0,05	2,35
283	10 mm vzduchová dutina	1,2	0,012	0,058	0,20
153	Hliník	2700	0,001	204	0,00
	<b>SPOLU:</b>	<b>8</b>	<b>0,14</b>	<b>0,35</b>	<b>2,73</b>
<b>St 3</b>	<b>Strecha dvojplášťová</b>				
191	Omietka vápenná	1600	0,015	0,87	0,02
11	Železobetón 3	2500	0,220	1,74	0,13
7	Betón hutný 2	2200	0,080	1,3	0,06
275	Rotaflex	20	0,120	0,05	2,35
285	150 mm vzduchová dutina	1,2	0,120	0,68	0,18
153	Hliník	2700	0,120	204	0,00
	<b>SPOLU:</b>	<b>1077</b>	<b>0,68</b>	<b>0,34</b>	<b>2,73</b>

Ako je vidieť z porovnania tabuliek (Tab. 7 a Tab. 8), súčasné platné požiadavky na tepelno-izolačné vlastnosti konštrukcií nie sú splnené. To je dané tým, že budova je pomerne stará a so zle zvolenými konštrukciami.

Plášť budovy by mal tiež spĺňať ďalšie požiadavky zadané v norme ČSN 73 9540 a to sú požiadavky kondenzácie vodných pár v plášti budovy. Podľa normy by malo byť ročné množstvo skondenzovanej vodnej pary vo vnútri konštrukcie menšie ako je množstvo vypariteľnej vodnej pary. Ak by táto podmienka nebola splnená, na konštrukciách by sa mohli objavovať plesne. Kondenzáciu vodných pár v konštrukcií som vypočítal pomocou programu Teplo 2010, ktorý konštrukcie vyhodnotí podľa platných noriem a ako výstup nám ponúka textový výpis a graf s presným znázornením kondenzácie. Tento výstup je zobrazený na obrázku (Obr. 13).



Obr. 13. Grafický výstup kondenzácie vodných pár

Ako je vidieť z grafu (Obr. 13), počas roku môže nastať kondenzácia vodných pár v konštrukcií, ale ako je vidieť z obrázku (Obr. 14), na ktorom je uvedený textový výpis kondenzácií, ku kondenzácií sice dochádza, ale skondenzované množstvo vodnej pary je menšie, ako množstvo vypariteľnej vodnej pary z toho vyplýva, že k vzniku plesní na konštrukcií by dôjsť nemalo.

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/m <sup>2</sup> s]
1	0.2960	0.2960	5.817E-0008

Celoroční bilance vlhkosti:

Množství zkondenzované vodní páry  $M_{c,a}$ : 0.389 kg/m<sup>2</sup>,rok

Množství vypařitelné vodní páry  $M_{ev,a}$ : 0.751 kg/m<sup>2</sup>,rok

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 10.0 C.

#### **Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:**

##### *Roční cyklus č. 1*

V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.

##### **Kondenzační zóna č. 1**

Měsíc	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Akt.kond./vypař. Gc [kg/m <sup>2</sup> s]	Akumul.vlhkost Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
12	0.2960	0.2960	4.39E-0009	0.0118
1	0.2960	0.2960	6.48E-0009	0.0291
2	0.2960	0.2960	4.39E-0009	0.0398
3	0.2960	0.2960	-3.26E-0009	0.0310
4	---	---	-1.63E-0008	0.0000
5	---	---	---	---
6	---	---	---	---
7	---	---	---	---
8	---	---	---	---
9	---	---	---	---
10	---	---	---	---
11	---	---	---	---

Maximální množství kondenzátu  $M_{c,a}$ : 0.0398 kg/m<sup>2</sup>

Na konci modelového roku je zóna suchá (tj.  $M_{c,a} < M_{ev,a}$ ).

*Obr. 14. Textový výstup kondenzácie vodných pár z programu Teplo 2010*

### **7.1.2 Energetická úspornost' budovy**

Ako je vidieť z konštrukcií budovy, budova nepatrí medzi úsporné budovy. Značné zníženie tepelnej náročnosti bolo docielené výmenou kovových okien za plastové bez možnosti ich otvárania. Ďalšia možnosť úspor energie a zabráneniu prehrievania sa budovy v letných obdobiach by sa dalo dosiahnuť reflexnými fóliami na sklách. Ale i tak sú tu stále problémy s konštrukciou budovy, kde i značná rekonštrukcia by neposunula budovu do kategórie energetických budov. Isté možnosť zníženia energií tu je. Budova má ideálnu strechu na osadenie solárnych kolektorov na ohrev TÚV. Keďže Česká republika má veľký počet slnečných dní, táto investícia by mohla byť relevantná. Značné energetické úspory sa tiež dosiahnu zvolením správneho systému riadenia, kedy sa zamedzí plytvaniu či už energií potrebných na vykurovanie, ohrev TÚV alebo osvetlenie.

## 7.2 Výpočet tepelných strát podľa ČSN EN 12831

Výpočet tepelných strát som uskutočnil podľa normy ČSN EN 12831. Znalosť tejto normy bola dôležitá pre správnosť výpočtov tepelných strát administratívnej budovy, ktoré boli neskôr použité pri návrhu vykurovacieho výkonu a jeho správne nadimenzovaniu. Norma udáva presný postup na výpočet týchto strát. Všetky výpočty som uskutočnil pomocou programu spomínaného v predchádzajúcich kapitolách „Stavební fyzika 2010“. Správnosť týchto výpočtov bola námatkovo skontrolovaná manuálnym spočítaním podľa spomínanej normy ČSN EN 12831.

Pre správne výsledky som však potreboval poznať okrajové podmienky z predchádzajúcej kapitoly a presné vlastnosti miestností, jej konštrukcií i použité otvorové výplne. Zo zadaných hodnôt som si následne vypočítal celkový tepelný výkon potrebný k dosiahnutiu navrhovanej teploty.

### 7.2.1 Celková návrhová tepelná strata vykurovaných priestorov

Celková tepelná strata sa stanovuje z tepelnej straty vzniknutej prestupom a tepelnej straty vetraním. Celkovú návrhovú tepelnú stratu vykurovanej budovy  $\Phi$  [W] vypočítame z rovnice:

$$\Phi = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} \quad [\text{W}] \quad (10)$$

kde  $\sum \Phi_{T,i}$  je súčet všetkých návrhových tepelných strát prestupom tepla do vykurovaných priestorov [W]

$\sum \Phi_{V,i}$  súčet všetkých návrhových tepelných strát vetraním vykurovaných priestorov [W]

### 7.2.2 Návrhová teplotná strata prestupom tepla

Tepelná strata prestupom tepla udáva tepelnú stratu spôsobenú vedením tepla do vonkajšieho prostredia alebo do miestností rôznou teplotou. Tieto straty sú závislé najmä od konštrukcie budovy, kde bývajú najväčšie rozdiely teplôt medzi vnútorným a vonkajším prostredím.

Teplotná strata prestupom tepla  $\Phi_{T,i}$  sa stanovuje podľa nasledovného vzorca:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) * (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \quad [\text{W}] \quad (11)$$

kde  $H_{T,ie}$  je súčiniteľ tepelnej straty spôsobený prestupom z vykurovaného priestoru do vonkajšieho prostredia plášťom budovy [W/K]

$H_{T,ig}$  súčiniteľ tepelnej straty spôsobený prestupom z vykurovaného priestoru do zeminy [W/K]

$H_{T,iue}$  súčiniteľ tepelnej straty spôsobený prestupom z vykurovaného priestoru do vonkajšieho prostredia nevykurovaným priestorom [W/K]

$H_{T,ij}$  súčiniteľ tepelnej straty prestupom z vykurovaného priestoru do susedného priestoru vykurovaného na výrazne inú teplotu [W/K]

$\Theta_e$  vonkajšia výpočtová teplota [°C]

$\Theta_{int,i}$  vnútorná výpočtová teplota vykurovaného priestoru [°C]

Súčtom hodnôt, ktoré som spočítal pre jednotlivé miestnosti podľa hore uvedeného vzorca som dostal celkovú tepelnú stratu prestupom pre celú budovu, ktorá vyšla :

$$\Sigma \Phi_{T,i} = 126,1 \text{ kW}$$

### 7.2.3 Návrhová tepelná strata vetraním

Návrhová tepelná strata vetraním  $\Sigma \Phi_{V,i}$  [W] stanovíme pomocou vzťahu:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} * (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \quad (12)$$

kde  $H_{V,i}$  je súčiniteľ návrhovej tepelnej straty spôsobený vetraním

$\Theta_e$  vonkajšia výpočtová teplota [°C]

$\Theta_{int,i}$  vnútorná výpočtová teplota vykurovaného priestoru [°C]

Súčiniteľ návrhovej tepelnej straty spôsobený vetraním  $H_{V,i}$  [W/K] vykurovaného priestoru stanovíme pomocou vzťahu:

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho_i \cdot c_p \quad (13)$$

kde  $V_i$  je výmena vzduchu vo vykurovanom priestore [ $m^3/s$ ]

$\rho_i$  hustota vzduchu pri vnútornej výpočtovej teplote vykurovaného priestoru [ $kg/m^3$ ]

$c_p$  merná tepelná kapacita vzduchu pri hustota vzduchu pri vnútornej výpočtovej teplote vykurovaného priestoru [ $J/(kg.K)$ ]

Pri predpoklade konštantnej hustote a konštantnej mernej tepelnej kapacity vzduchu dojde k zjednodušeniu a dostaneme vzťah:

$$H_{v,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{mi} \quad (14)$$

kde  $V_i$  je objem vykurovanej miestnosti vypočítaný z vnútorných rozmerov [ $m^3$ ]

$n_{min}$  minimálna intenzita výmeny vonkajšieho vzduchu za hodinu [ $h^{-1}$ ]

Minimálna intenzita výmeny vzduchu za hodinu je určená z normy pre obytné miestnosti 0,5. To znamená, že za hodinu sa v miestnosti musí vymeniť polovica vzduchu v miestnosti.

V projekte som neuvažoval so zavedením vetracej sústavy, preto spočítaná hodnota pre tepelnú stratu vetraním bola dosiahnutá pomocou vetrania oknami a dverami. Pre zadanú budovu som spočítal tepelnú stratu vetraním  $\Sigma\Phi_{v,i} = 82,7$  kW.

#### 7.2.4 Výpočet tepelného vykurovacieho výkonu

Požadovaný vykurovací tepelný výkon pre vyrovnanie účinkov prerušovaného vykurovania  $\Phi_{RH,i}$  [W] vo vykurovacom priestore určíme z nasledovného vzťahu:

$$\Phi_{RH,i} = A_i * f_{RH} \quad (15)$$

kde  $A_i$  je požadovaná podlahová plocha vykurovaného priestoru [ $m^2$ ]

$f_{RH}$  korekčný činiteľ závisiaci na vykurovacej dobe a predpokladanom poklese vnútornej teploty v útlmovej dobe [ $W/m^2$ ]

Hodnoty korekčného činiteľa sa určujú podľa konštrukcie budovy, ale tiež podľa zátopového času.

Pre zadanú budovu som spočítal celkový vykurovací tepelný výkon  $\Sigma\Phi_{RH,i} = 45,606$  kW.

#### 7.2.5 Celková tepelná strata budovy

Celkové tepelné straty budovy som určil z nasledovného vzťahu:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i} + \Phi_{RH,i} \text{ [W]} \quad (16)$$

Celková tepelná strata budovy je 254,41 kW. Na základe tejto hodnoty som následne navrhoval vykurovací systém.

### 7.3 Výpočet tepelných ziskov

V predchádzajúcej kapitole bol uvedený výpočet tepelných strát. Pri návrhu vzduchotechnickej jednotky do prístupovej haly je dôležité poznať tepelné zisky, aby bolo možné určiť dostatočné chladenie v letnom období. Do tepelných ziskov patria zisky zo svetiel, elektronických zariadení, ľuďmi ale i zisky z vonkajšieho prostredia spôsobené záťažou cez okná.

Tepelné zisky boli spočítané pomocou freeware programu od firmy Qpro. Tieto zisky sú spočítané podľa platnej normy ČSN 73 0548.

Tab. 9. Tepelné zisky v priebehu roka pre prístupovú halu [W]

Obj.	Hodiny											
Mesiac	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-7393	-7565	-7622	-7565	-7393	-7116	-2607	-2190	-1742	-1293	-877	-519
2	-6036	-6208	-6268	-6208	-6036	-5759	-359	58	506	955	1371	1761
3	-4743	-4916	-4974	-4916	-4743	-4466	2270	2687	3135	3584	4000	4536
4	-3600	-3774	-3832	-3774	-3600	-2643	4334	4751	5199	5649	6064	6558
5	-2683	-2856	-2916	-2856	-2255	-991	6022	6441	6888	7338	7753	8213
6	-2058	-2231	-2291	-2197	-1456	-239	6567	6985	7432	7882	8299	8687
7	-1764	-1937	-1996	-1937	-1367	-209	6618	7036	7484	7935	8351	8760
8	-1822	-1996	-2055	-1996	-1822	-865	6111	6529	6976	7428	7843	8338
9	-2231	-2404	-2463	-2404	-2231	-1954	4502	4919	5367	5817	6235	6697
10	-2960	-3133	-3193	-3133	-2960	-2683	2716	3134	3581	4031	4446	4837
11	-3959	-4132	-4191	-4132	-3959	-3682	824	1241	1689	2139	2555	2913
12	-5160	-5333	-5393	-5333	-5160	-4883	-664	-246	201	651	1066	1425
Obj.	Hodiny											
Mesiac	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	-242	-68	-11	-68	-4392	-4669	-5027	-5443	-5892	-6340	-6757	-7116
2	2006	2179	2236	2179	-3015	-3314	-3672	-4088	-4537	-4985	-5402	-5759
3	4635	4809	4866	4809	-894	-2021	-2379	-2795	-3244	-3692	-4109	-4466
4	6699	6873	6930	6873	1200	-198	-1237	-1652	-2102	-2550	-2967	-3324
5	8391	8563	8620	8563	2927	1456	108	-735	-1185	-1632	-2051	-2406
6	8935	9108	9164	9108	3603	2208	909	-76	-560	-1007	-1425	-1781
7	8986	9159	9216	9159	3626	2239	999	186	-265	-713	-1131	-1487
8	8479	8652	8709	8652	2980	1582	542	127	-325	-772	-1190	-1546
9	6869	7043	7100	7043	1513	493	135	-283	-733	-1181	-1598	-1954
10	5084	5256	5313	5256	63	-238	-597	-1012	-1462	-1909	-2327	-2683
11	3189	3363	3420	3363	-961	-1237	-1595	-2011	-2461	-2909	-3326	-3682
12	1702	1874	1931	1874	-2161	-2438	-2797	-3212	-3662	-4109	-4527	-4883



## 8 NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY

V súvislosti so stúpajúcimi požiadavkami na kvalitu vnútorného prostredia budov rastú i nároky na technické prostriedky k jeho tvorbe. Stavebné konštrukcie poskytujú len primárnu ochranu pred vonkajšími klimatickými vplyvmi. Vnútorné prostredie budov v celom rozsahu požadovaných stavov zaistí dokonale len zariadenie vzduchotechniky.

Úlohou vzduchotechnického systému je:

- tvorba internej mikroklimy miestností a budov, s cieľom formovať vnútorné prostredie pre optimálny pobyt a činnosť jeho užívateľov
- zaistenie prostredia pre priebeh technologických procesov s eventuálnou likvidáciou škodlivín.

Vzduchotechniku tvoria vzduchotechnické systémy a vzduchotechnické zariadenia. Vzduchotechnický systém je súbor zariadení, ktorý ako celok svojou prevádzkou slúži k úprave vzduchu pre tvorbu vnútorného prostredia stavieb alebo k prenosu materiálu vzduchom. Vzduchotechnické zariadenia predstavujú radu funkčných elementov zaisťujúcich mechanickú, tepelno-vlhkostnú úpravu a distribúciu vzduchu do priestoru, v ktorom sa má zaistiť mikroklima.

Primárnym kritériom pre klasifikáciu vzduchotechniky je funkcia a účel. Z uvedených hľadísk môžeme vzduchotechniku kategorizovať do systémov, ktoré tvoria:

- vetranie
- teplovzdušné vykurovanie
- klimatizáciu
- odsávanie
- priemyselnú vzduchotechniku.

Keďže v administratívnej budove nie je možné u okien ich otváranie, v kancelárskych priestoroch je riešením prívod čerstvého vzduchu vzduchotechnikou.

V projekte administratívnej budovy sa podrobnejšie riešila vzduchotechnika v hale budovy a tiež v operačnej miestnosti, kde musí byť zaistené 100% čisté prostredie.

## 8.1 Vzduchotechnika v hale budovy

Na presný návrh vzduchotechniky je potrebné poznať parametre miestnosti, kam bude systém zavedený. Pri návrhu haly sa uvažovalo s tým, že hala bude v zimných mesiacoch pomocou vzduchotechniky aj vykurovaná a v letných mesiacoch zas ochladzovaná na požadovanú teplotu. Na určenie vzduchotechniky je nutné poznať nasledovné parametre miestnosti:

- Objem podlahy haly: 92m
- Objem vzduchu: 827m<sup>3</sup>
- Celková strata miestnosti: 10163 W
- Navrhovaná teplota: 18 °C
- Tepelné zisky: 9216 W

Pre zadanú halu sa z objemu vzduchu v miestnosti určila minimálna intenzita výmeny vzduchu, ktorá je daná ako 0,5 l/h vyjde najmenšie požadované množstvo vzduchu  $V_{\min,i} = 413,5 \text{ m}^3/\text{h}$ . Keďže sa predpokladá, že v hale sa v priebehu dňa bude zdržiavať priemerne 25 osôb/h to znamená, že vypočítané minimálne množstvo vzduchu je nedostatočné. Minimálne množstvo vzduchu na osobu je 30 m<sup>3</sup>/h, takže po vynásobení počtu osôb množstvom vzduchu dostávame hodnotu 750 m<sup>3</sup>/h. Táto hodnota by však bola dostatočná len za predpokladu, že by sa jednalo čisto o vetráciu jednotku. V projekte administratívnej budovy bude použitý vzduchotechnický systém, ktorý bude musieť pokryť tepelné zisky v lete a tepelné straty v zime. Preto musíme určiť objemový prietok  $V_p$  privádzaného vzduchu pre krytie tepelných strát a tepelných ziskov nasledovne:

$$V_p = \frac{Q}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta\Theta_p} \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (17)$$

Kde:  $Q$  je tepelné zisky / straty [W];

$\rho$  hustota vzduchu [kg/m<sup>3</sup>];

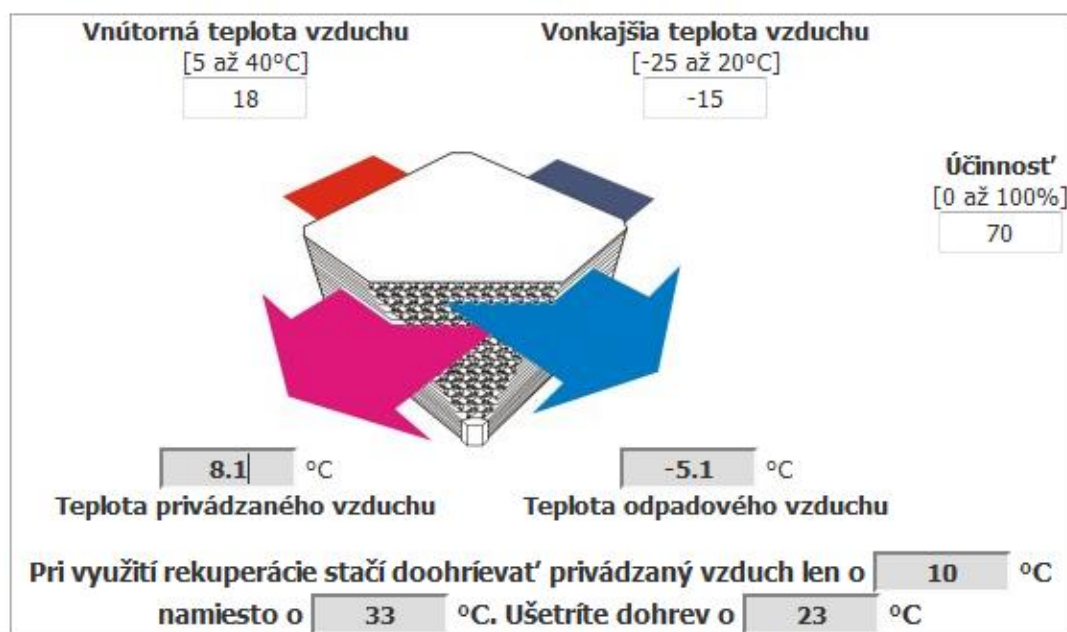
$c_p$  merná tepelná kapacita vzduchu [Wh.kg/K];

$\Delta\Theta$  pracovní rozdiel teplôt privádzaného vzduchu [°C].

Tepelné straty, ktoré musí pokryť vzduchotechnický systém sme dostali výpočtom v programe stavebná fyzika a vyšli 10163 W. Tepelné zisky z programu Qpro vyšli 9216 W. Hustota vzduchu pri pracovnej teplote 20 °C je  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ . Merná tepelná

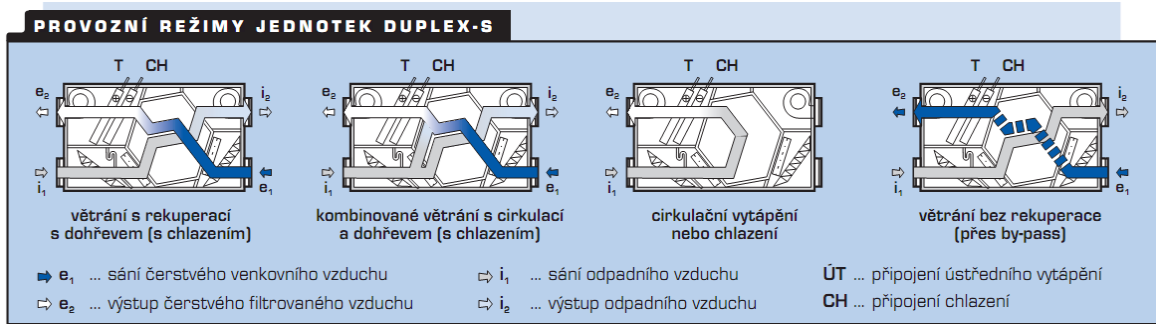
kapacita vzduchu  $c = 1010 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . Túto hodnotu je však potrebné vydeliť 3600 a tak ju previesť na  $c = 0,28056 \text{ Wh.kg/K}$ . Požadovaná hodnota rozdielu pracovných teplôt je pre letné obdobie  $\Delta\theta = 6^\circ\text{C}$  a pre zimné obdobie  $\Delta\theta = 15^\circ\text{C}$ . Dosadením všetkých týchto hodnôt do vzťahu dostávame  $V_p = 2012,47 \text{ m}^3/\text{h}$  pre zimné obdobie a  $V_p = 4562,37 \text{ m}^3/\text{h}$  pre letné obdobie.

Teplota vzduchu vychádzajúceho z rekuperátoru v zimnom i letnom období bola určená zo stránky [www.atrea.cz](http://www.atrea.cz), kde pri zimnom období a vonkajšej teplote  $-15^\circ\text{C}$ , účinnosti 70% nám privádzaný vzduch ohreje na  $8,1^\circ\text{C}$ . Teplota odpadového tepla je  $-5,1^\circ\text{C}$ .

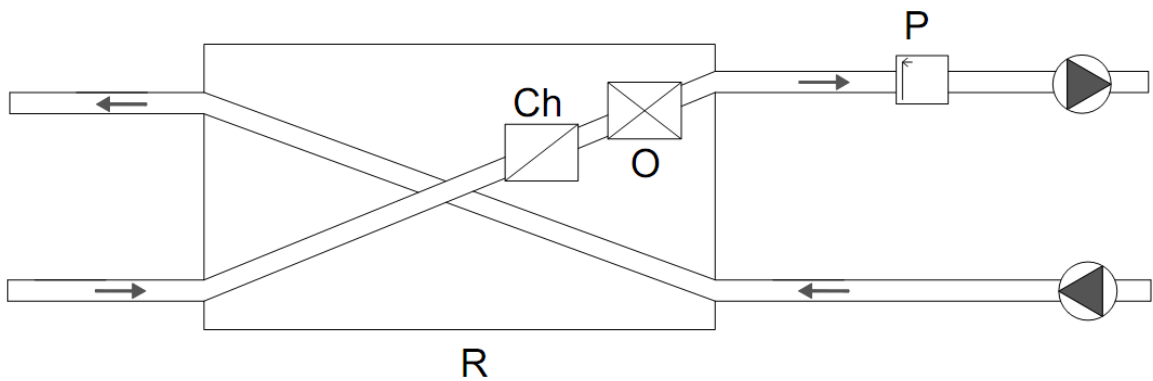


Obr. 15. Ukážka výstupu výpočtu zo stránky [www.atrea.cz](http://www.atrea.cz)

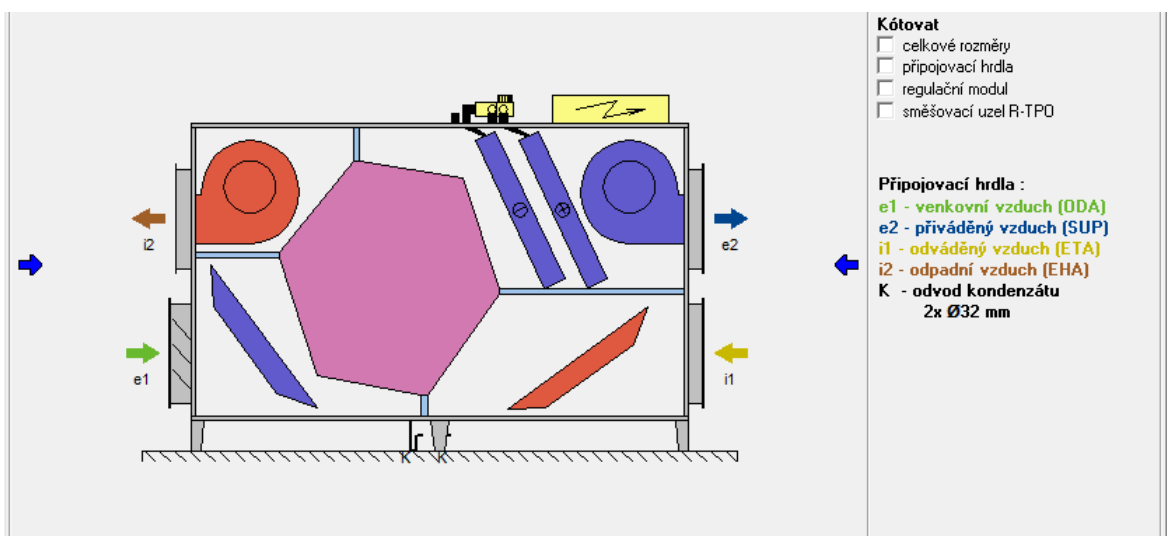
Podľa vypočítaného prietokového množstva vzduchu  $V_p = 4562,37 \text{ m}^3/\text{h}$  vyhovuje vzduchotechnická jednotka s rekuperátorom Duplex S 5600. Keďže vzduchotechnická jednotka neobsahuje parný zvlhčovač, bude tento nainštalovaný za vzduchotechnickou jednotkou. Maximálny prietok privádzaného vzduchu pri tejto jednotke je  $6500 \text{ m}^3/\text{h}$ , maximálny výkon vykurovania je  $80 \text{ kW}$  a maximálny chladiaci výkon je  $39 \text{ kW}$ . Použitý vzduchotechnický systém je od firmy Atrea. Použitý rekuperčný výmenník v centrálnej jednotke dosahuje účinnosť rekuperácie 70%. Vzduchotechnická jednotka navyše obsahuje uzatváraciu klapku prívodného vzduchu, by-passovú klapku, cirkulačnú klapku, vodný chladič, teplovodný ohrievač, regulačný uzol vodného chladiča pre reguláciu chladiaceho výkonu.



Obr. 16. Možné spôsoby zapojenia vzduchotechnickej jednotky



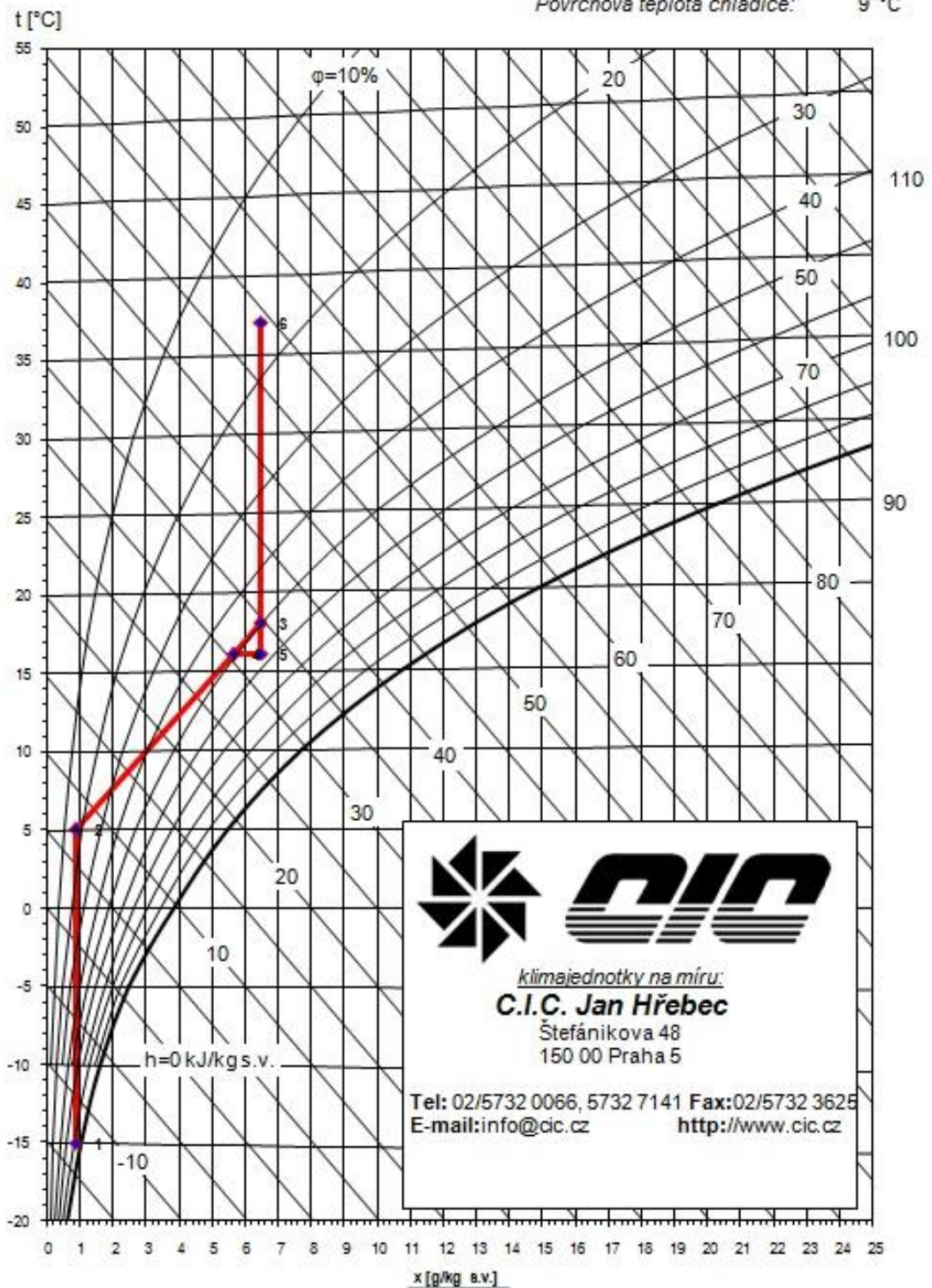
Obr. 17. Blokové schémy vzduchotechnickej jednotky: R – Rekuperačný výmeník so zabudovaným chladením (CH) a ohrevom (T), P- parný zvlhčovač



Obr. 18. Konštrukcia rekuperátora so vstavaným ohrevom a chladením

Psychrometrický diagram dle Molliera

Tlak vzduchu: 100 kPa  
 Max. vlhkost při úpravách: 100 %  
 Povrchová teplota chladiče: 9 °C



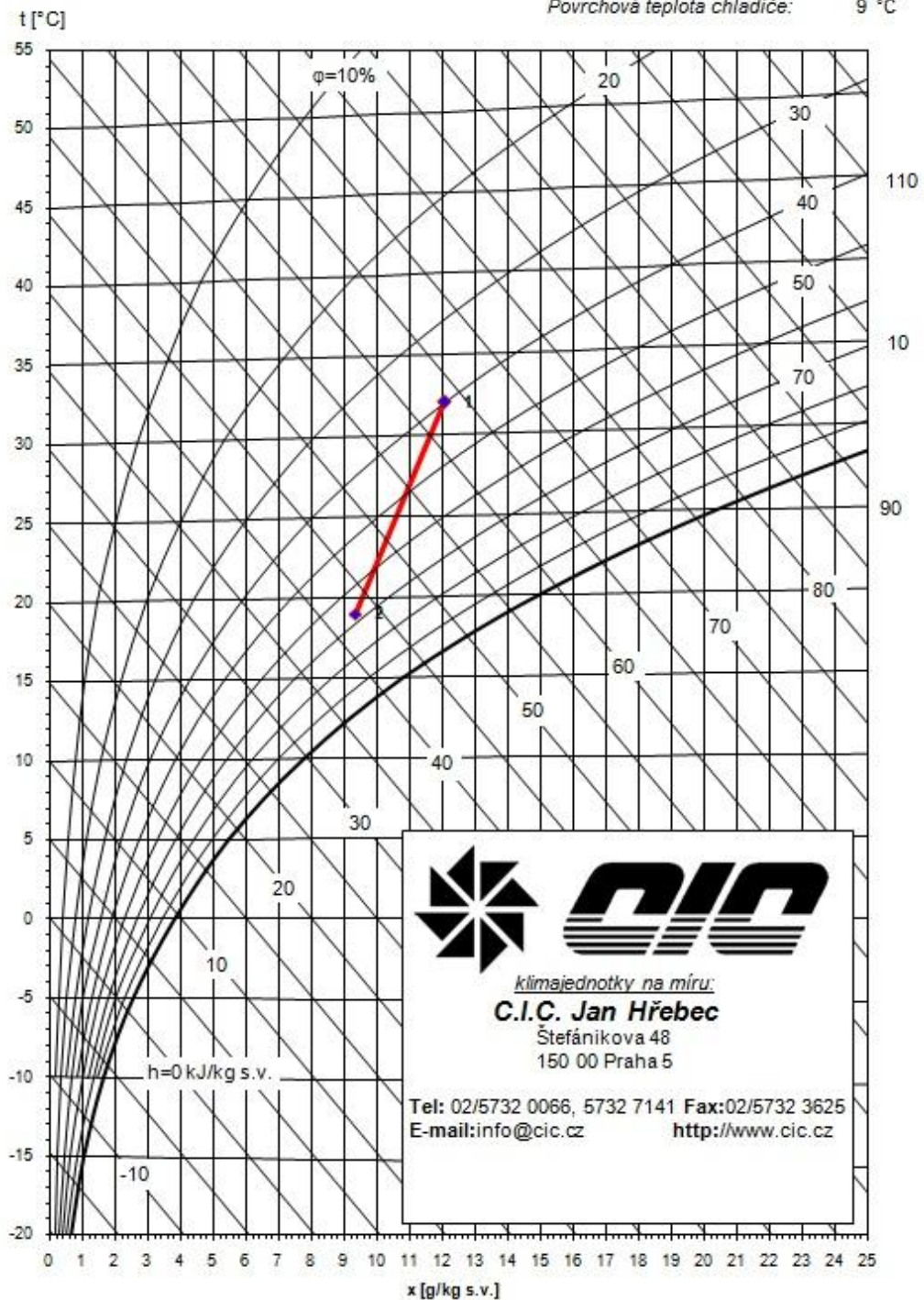
*klimaajednotky na míru:*  
**C.I.C. Jan Hřebec**  
 Štefánikova 48  
 150 00 Praha 5

Tel: 02/5732 0066, 5732 7141 Fax:02/5732 3625  
 E-mail: info@cic.cz <http://www.cic.cz>

Obr. 19. Hx diagram pro zimné obdobie



Psychrometrický diagram dle Molliera



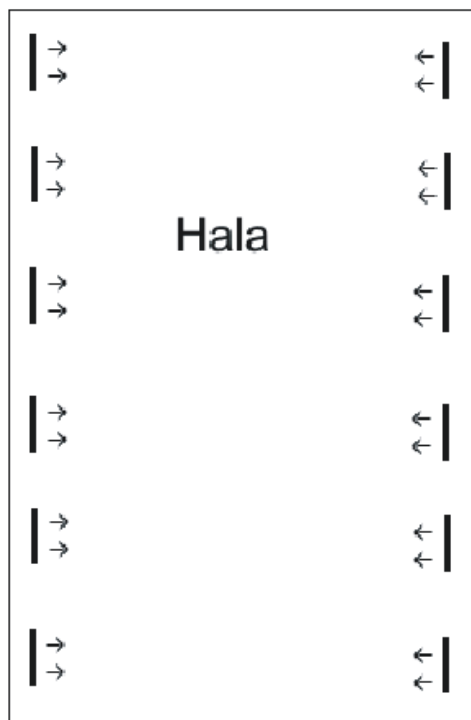
Obr. 20. Hx diagram pro letné období

### 8.1.1 Návrh rozvodů vzduchu haly

Nasávání čerstvého vzduchu z exteriéru do vzduchotechniky je umožněné vďaka nasávaciemu otvoru umiestneného na streche budovy cez protipožiarnu žalúziu.

Keďže prístupová hala je prepojená cez ďalšie tri poschodia, rozvody chladiaceho a vykurovacieho vzduchu sú umiestnené v stennej konštrukcii medzi 3.NP a 4.NP pomocou plochých vzduchovodov s rozmermi 400x320 mm s regulovateľnými výpusťkami. V celom obvode haly je rozmiestnených 12 kusov týchto výpusťiek. Výpusťky sú rozvrhnuté tak, aby dokonale pokryli tepelné straty, respektíve tepelné zisky.

Rozmiestnenie vzduchotechnických výpusťiek je zobrazené na obrázku:



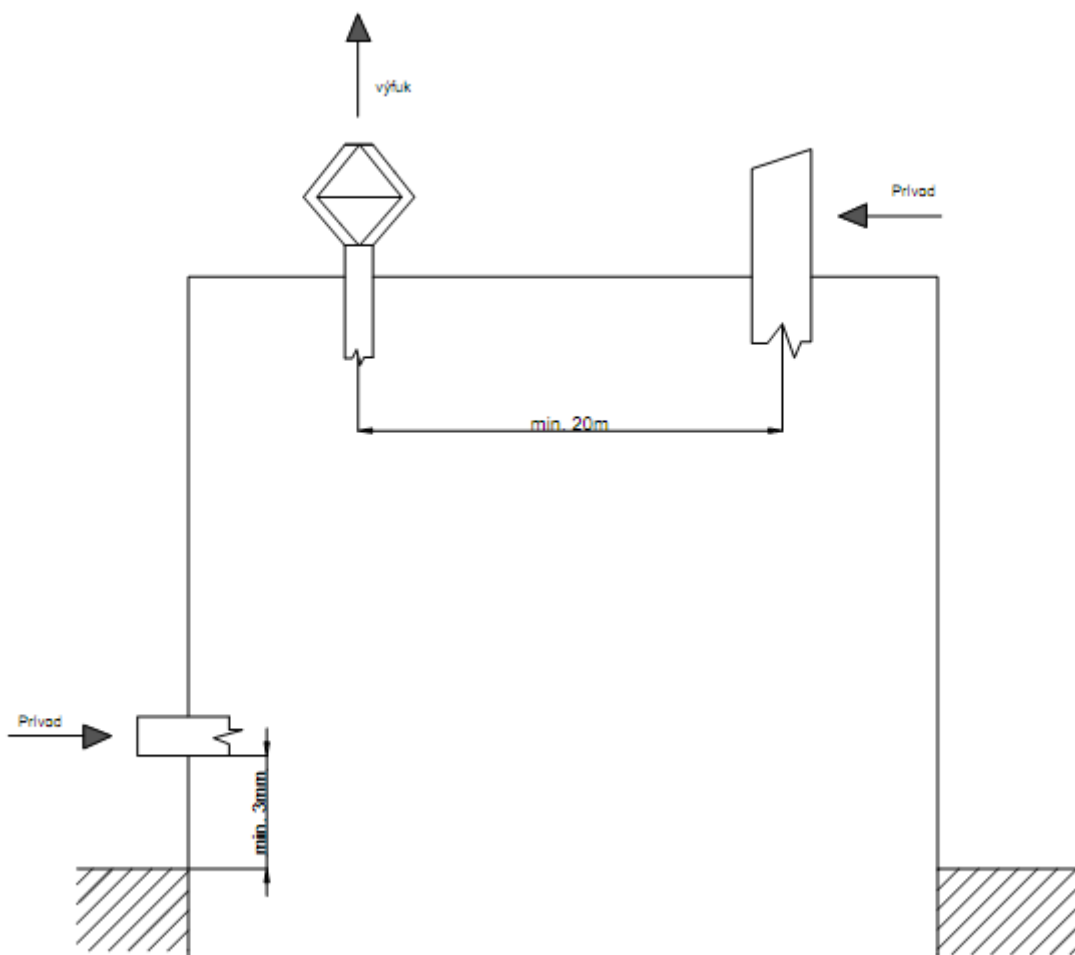
*Obr. 21. Rozmiestnenie výpusťiek  
prívodného vzduchu*

Tak isto, ako bolo nutné správne umiestniť výpusťky, bolo umiestnené stropné odsávanie odpadového vzduchu. Toto odsávanie je umiestnené v 6.NP tesne pri strope. Rovnako ako v predchádzajúcom prípade i tu boli navrhnuté výpusťky o rozmeroch 400x320 mm avšak pri návrhu nám to znemožnil svetlík, ktorý tieto výpusťky lemujú.

## **8.2 Vzduchotechnika v operačnej miestnosti**

V zdravotníckych zariadeniach sa môžu vyskytovať skoro všetky druhy klimatizačných a vetracích zariadení, v praxi je však pri ich návrhu kladený dôraz na dodržaní zvýšenej čistoty vzduchu, nízkej hladine hluku. Pri návrhu vzduchotechniky pre zdravotnícke

zariadenia musí byť tiež dodržaná podmienka, že nasávacie otvory vzduchotechniky musia byť umiestnené minimálne 3m nad úrovňou terénu a výfukové otvory nad strechou objektu. Táto podmienka je zobrazená na obrázku (Obr. 22). [9]



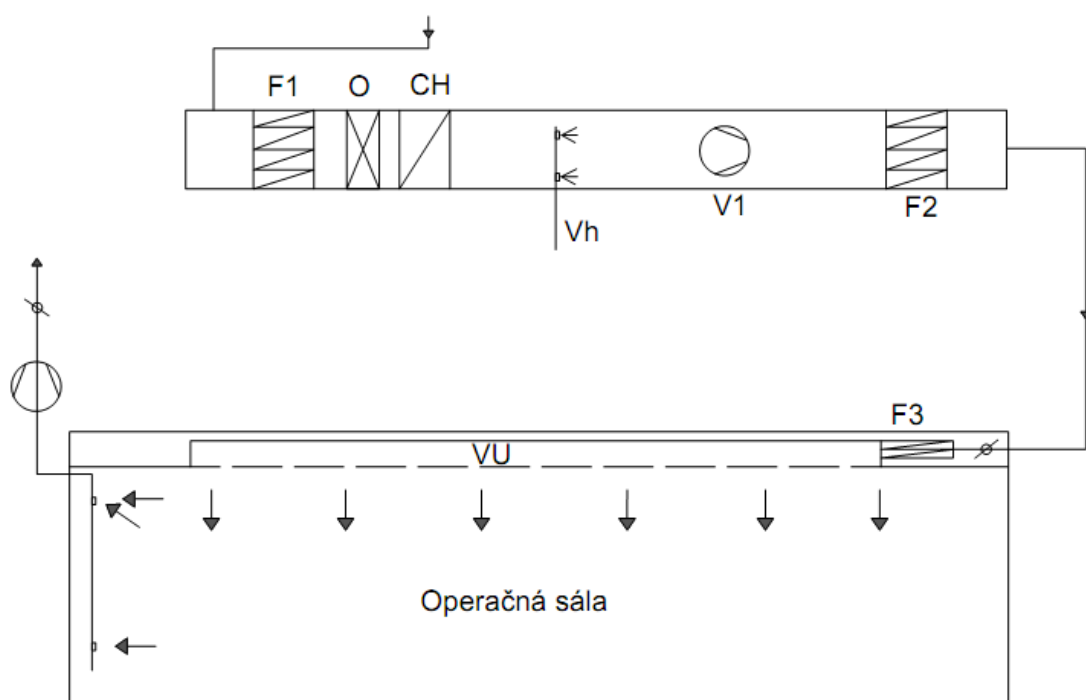
Obr. 22. Nasávanie čerstvého a vyfukovanie odvádzaného vzduchu v nemocničných objektoch

Operačné miestnosti, ktorých klimatizácia patrí v zdravotníckych zariadeniach k najnáročnejším, sa charakterom radí do oblasti čistých priestorov. Čisté priestory predstavujú prostredie so zmenšenou prašnosťou, riadením teploty, relatívnou vlhkosťou vzduchu, rýchlosťou prúdenia vzduchu. Čistý priestor je izolovaný priestor s definovanou triedou čistoty a je tiež zabezpečený pred vznikom a udržovaním kontaminácie. Prívod vzduchu do operačných miestností, musí zaistiť znížené množstvo koncentrácie škodlivín a narkotizačných plynov v oblasti operačného stola, ale musíme tiež zaistiť dostatočný odvod tepelnej záťaže, ktorá vzniká v tomto priestore. Keďže tieto miestnosti sú z hľadiska



energetickej náročnosti veľmi náročné, je vhodné použitie zariadenia na spätné získavanie tepla a chladu z odvádzaných priestorov. [9]

Filtrácia vzduchu býva dvoj alebo trojstupňová. Prvý stupeň je v prívode čerstvého vzduchu, druhý stupeň za klimatizačným zariadením. Posledný stupeň je pred výdychmi. Za tretím filtračným stupňom nesmú byť už prevedené vetvenia potrubí do iných miestností. Tesnosť filtračných rámov musí odpovedať príslušnej filtrácii a mala by byť pred montážou kontrolovaná. V našom prípade sme volili trojstupňovú filtráciu, ktorá je zobrazená na obrázku (Obr. 23). [9]



Obr. 23. Riešenie vzuchotechniky v operačnej miestnosti. F1, F2, F3 – tri stupne filtrácie, V1, V2 – ventilator, O – ohrievač, Ch – chladenie, Vh – parný zvlhčovač, VU - výustky

[5]

Vlastnosti operačnej sály sú nasledovné:

Návrhová teplota 25 °C

Pôdorys: 26,5 m<sup>2</sup>

Objem vzduchu: 95,2 m<sup>3</sup>

Minimálny objem privádzaného vzduchu: 2380 m<sup>3</sup>/h

System na vytváranie čistých zón okolo operačného stola využíva laminárneho prúdenia vzduchu. Tým sa docieli, že operačný stôl obklopí neviditeľná clona. Táto clona je vytvorená pomocou lineárnej výustky na každej zo štyroch strán stola. Tieto lineárne výustky sú inštalované v strope v dostatočnej výške nad operačným stolom, čo necháva priestor pre chirurgický personál a zariadenia a tým je dosiahnutý dostatočný pohyb v čistej zóne. Lineárne anemostaty, zobrazené na obrázku (Obr. 24) sú nastavené približne v uhle  $15^\circ$  od vertikálne uhla, čím sa dosiahne udržanie bariéry medzi čistou zónou okolo operačného stolu. Clona predstavuje fyzickú bariéru vo forme clony z čistého vzduchu medzi laminárnym prúdením difúzormi.



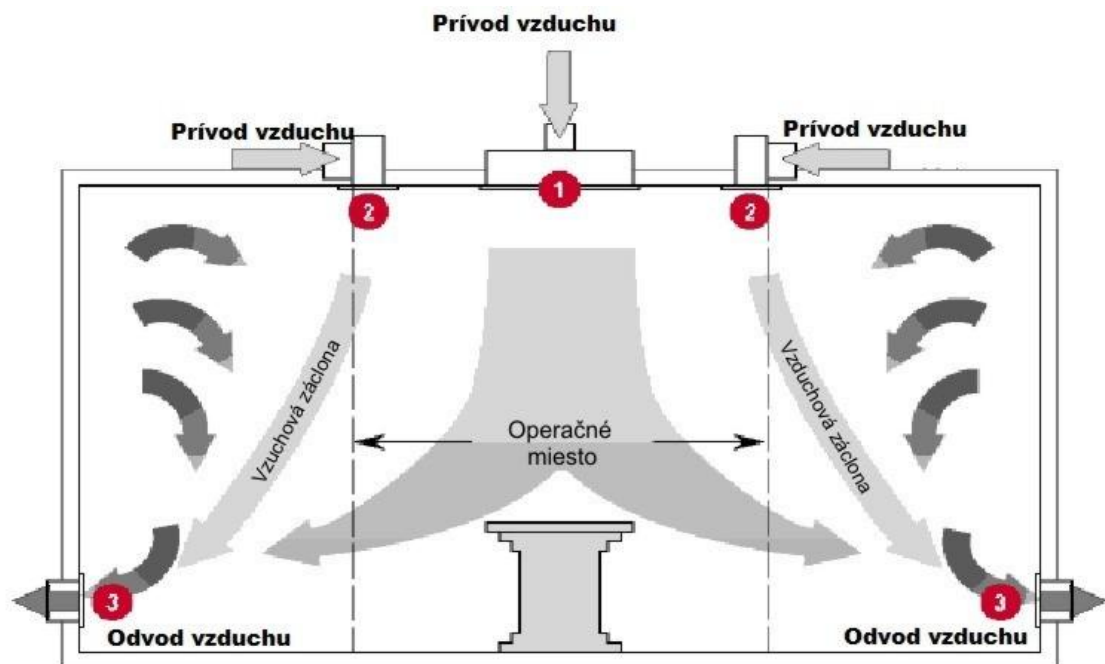
*Obr. 24. Lineárny anemostat*

Clona oddeľuje kontaminovaný vzduch v miestnosti od čistého prostredia a smeruje ho priamo výduchom vzduchotechniky.

Prívod vzduchu do operačných miestností je realizovaný pomocou filtrov, ktoré sú umiestnené ešte pred vstupom vzduchu do miestnosti.

Na obrázku (Obr. 25) je zobrazený integrovaný systém laminárneho prúdenia a lineárne výustky ktoré minimalizujú miešanie vnútorného a privádzaného vzduchu k vytvoreniu riadenej plochy operačnej miestnosti. Na základe týchto požiadaviek bol navrhnutý vzduchotechnický systém aj pre operačnú miestnosť v administratívnej budove. Tá má dostatočnú výmenu vzduchu danú normou a obsahuje tiež trojitú filtráciu vzduchu. Vzduch

je podľa potreby ohrievaný, ochladzovaný a dovlhčováný. Do miestnosti je privádzaný už spomínaným integrovaným systémom laminárneho prúdenia vzduchu.



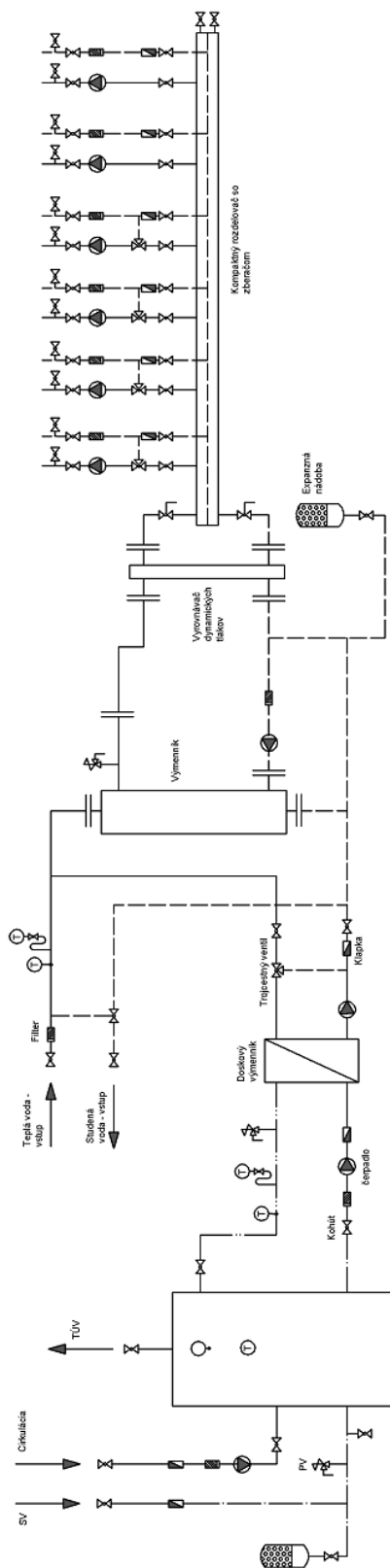
Obr. 25. Integrovaný systém prívodu a odvodu vzduchu

Kontaminácia vzduchu privádzaného do operačnej sály je riadená pomocou zachovania pretlaku vo vzťahu k okoliu. Z tohto dôvodu musí byť objem vzduchu odvádzaného o niečo menší ako je objem vzduchu privádzaného. Musíme brať ale do povedomia, že tento rozdiel nemôže byť príliš veľký. Typicky býva odvádzaný vzduch dimenzovaný na približne 85% privádzaného vzduchu.

Odsávanie vzduchu je namontované na nízkej úrovni k zemi. Odsávanie je pozostáva zo štyroch odvodných mriežok, každá umiestnená približne v strede miestnosti. Ak by boli použité len dve mriežky na protiľahlých stranách, viedlo by to k tomu, že znečistený vzduch by sa vracal späť do operačnej časti miestnosti. [9]

## **9 NÁVRH SYSTÉMU NA OHREV TUV A VYKUROVANIE**

Hlavným zdrojom vykurovania v administratívnej budove je prívod diaľkového vykurovania horúcou vodou o tlaku 60 bar, vstupnej teplote 160 °C a vratnej teplote 80 °C. Ide o zdroj vykurovania s vysokou spoľahlivosťou a schopnosťou pokryť požadovanú tepelnú pohodu počas celej vykurovacej sezóny. Celá sústava je navrhnutá ako nízko-teplotná.



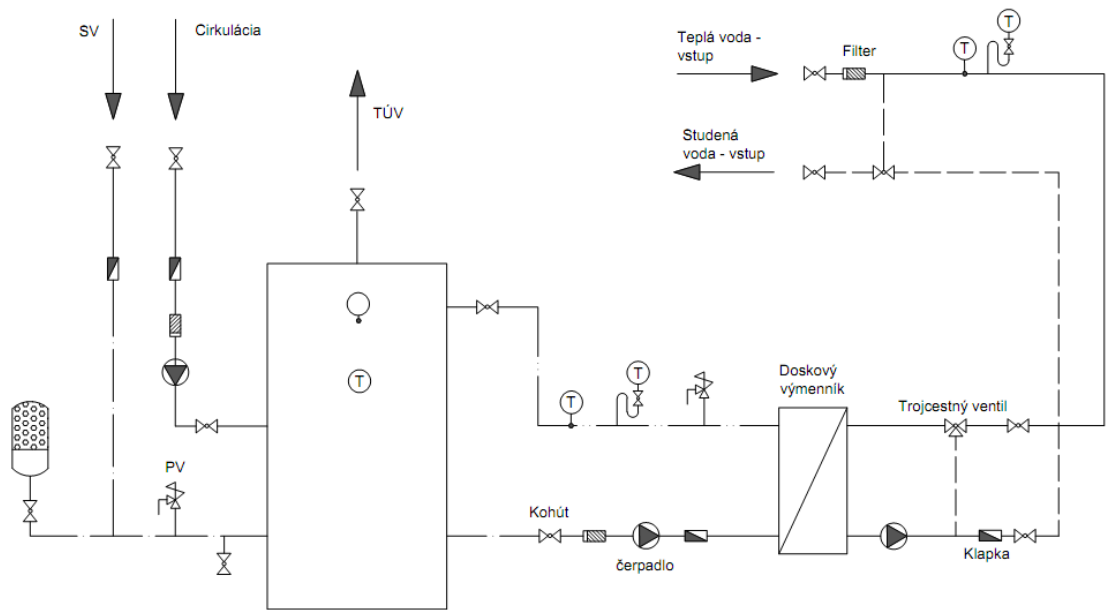
Obr. 26. Hydraulické zapojenie vykurovanie a TUV

Ako vidieť zo schémy základným prvkom výmenníkovej stanice je výmenník voda – voda. TUV je ohrievaná primárom v samostatnom výmenníku a akumulovaná v zásobnej nádrži. Na sekundárnej strane výmenníku sú 4 vetvy pre ústredné vykurovanie rozdelené podľa svetových strán a 2 vetvy pre vykurovanie vzduchotechniky. Na toto rozdelenie slúži kompaktný rozdeľovač so zberačom, ktorý je oddelený od výmenníkového okruhu pomocou vyrovnávača dynamických tlakov. Každá vykurovacia vetva ma vlastné obehové čerpadlo. Vetvy, ktoré slúžia na vykurovanie sú osadené čerpadlami s elektronicky riadenými otáčkami.

## 9.1 Návrh TUV

TUV sa rozumie ohriata pitná voda, splňujúca kritéria platných noriem pre Pitnú vodu, t. j. vodu určenú pre umývanie, pranie, varenie, kúpanie a umývanie sa. Systém ohrievania TUV je závislý na vykurovacom systéme použitom v budove. Tam, kde je vykurovanie decentralizované (napr. v rodinných domoch) je vhodné použiť ohrievanie TUV miestne – lokálne. To znamená, že voda sa ohrieva priamo v mieste svojho použitia pre jeden alebo viacero výtokov. K ohrevu sa najčastejšie používa plyn a elektrina. Naopak v domových kotolniach sa využíva systém ústredného kúrenia.

Horúcovodná tepelná sieť diaľkového vykurovania pracuje s vodou o teplote väčšej než 110 °C, z pravidla s horúcou vodou 150 °C, v prípade tejto administratívnej budovy 160 °C. Ohrev TUV je zabezpečovaný v odovzdávacej stanici voda-voda. Teplá voda môže byť ohrievaná jednostupňovo (v jednom zariadení) alebo dvojstupňovo (viacstupňovo) v niekoľkých zariadeniach k ohrevu TUV, poprípade s prietokovým ohrievačom TUV.



Obr. 27. Schéma prípravy TUV

Na návrh TUV je dôležité poznať nasledovné údaje:

- Počet osôb: 120
- Teplota požadovanej teplej vody:  $\Theta_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$
- Teplota privádzanej studenej vody:  $\Theta_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
- Teplota vody vytekajúcej z armatúry:  $\Theta_3 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$
- Pomerná strata tepla pri ohreve vody –  $z = 0,5$

Pri dimenzovaní TUV je dôležité stanoviť si celkovú potrebu teplej vody -  $V_{2p}$ . Túto potrebu si určujeme pre určitú periódu, najčastejšie 24 hodín. Je to vlastne súčet vody potrebnej na umývanie sa, kúpanie, upratovanie. Keďže v tomto projekte sa jedná o administratívnu budovu s pracovnou dobou od 7 hod rannej do 15 hod poobednej, uvažujeme o spotrebe len v tomto období, kde je zarátaná tiež určitá rezerva.

Celková potreba teplej vody na umývanie osôb  $V_{2p}$  určíme zo vzťahu ako súčet vody potrebnej na umývanie osôb a upratovanie.

Po výpočte vyšla potreba teplej vody na  $V_{2p} = 2,4 \text{ m}^3$ .

Nasleduje určenie tepla odobraného z ohrievača teplej vody počas jednej periódy  $Q_{2p}$  pomocou vzťahu:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} \text{ [kWh]} \quad (18)$$

kde:  $Q_{2t}$  je teoretické teplo odobrané z ohrievača v dobe periódy

$Q_{2z}$  teplo stratené pri ohreve a distribúcií teplej vody v dobe periódy

Tieto údaje získame po dosadení do nasledovných vzorcov:

$$Q_{2t} = c * V_{2p} * (\Theta_2 - \Theta_1) \text{ [kWh]} \quad (19)$$

kde:  $c$  je merná tepelná kapacita vody

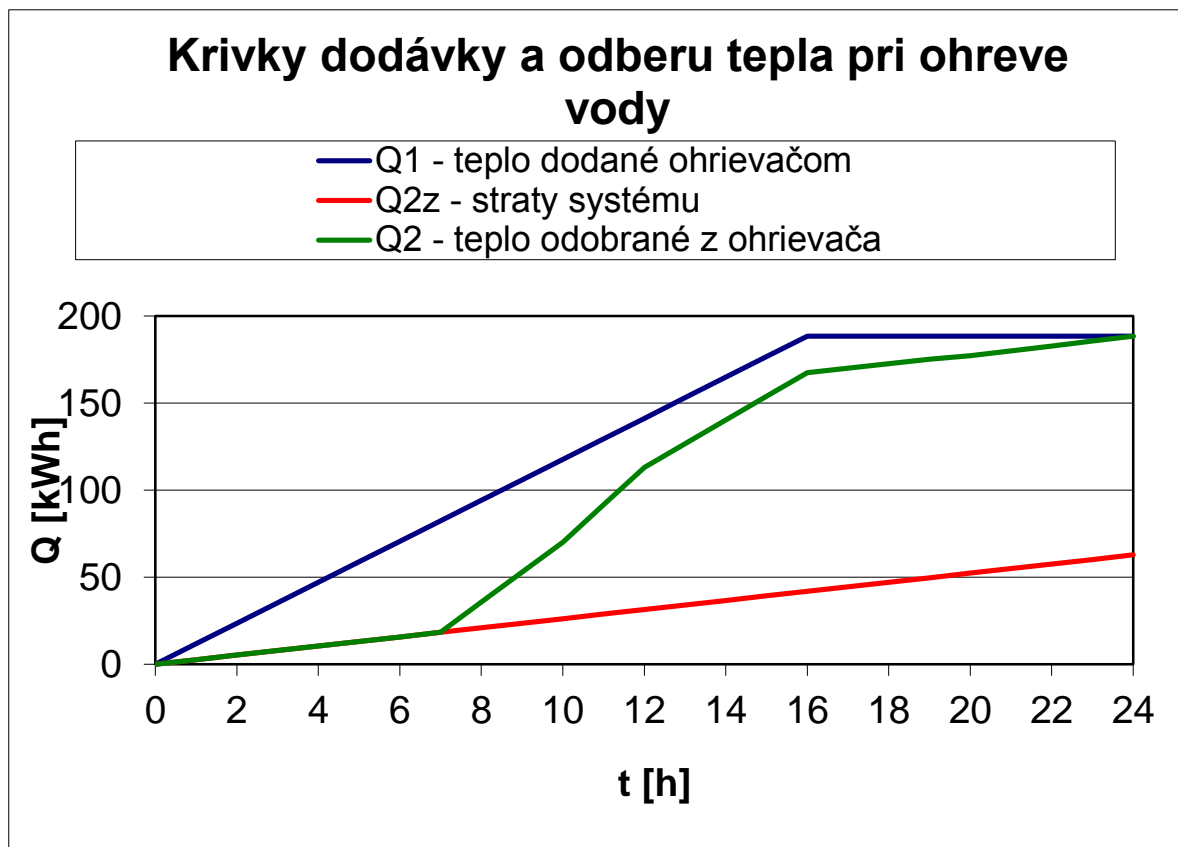
Teplo stratené pri ohreve vody je dané vzorcom:

$$Q_{2z} = Q_{2t} * z \text{ [kWh]} \quad (20)$$

kde:  $z$  je pomerná strata pri ohreve vody

Dosadením do vzorcov dostávame hodnoty  $Q_{2z} = 125,6$  kWh,  $Q_{2t} = 62,8$  kWh a  $Q_{2p} = 188,4$  kWh.

Na základe výpočtov vieme stanoviť krivky odberu a dodávky tepla, ktoré nám udávajú potrebný objem zásobníka a tepelný výkon pre ohrev vody.



Obr. 28. Krivka odberu TÚV

Po vytvorení krivky odberu a dodávky tepla stanovíme objem zásobníku  $V_z$  podľa nasledovného vzťahu:



$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c * (\Theta_2 - \Theta_1)} \text{ [m}^3\text{]} \quad (21)$$

Na základe grafu „Krivka odberu TUV“ a maximálneho možného rozdielu tepla medzi  $Q_1$  a  $Q_2$  vyšla hodnota požadovaného maximálneho výkonu  $\Delta Q_{\max} = 64,1 \text{ kW}$ . Po dosadení do vzorca vyšla hodnota  $V_z = 1225 \text{ m}^3$ .

Posledným krokom bolo stanovenie výkonu tepelného výmenníka, ktorý zabezpečuje samotný ohrev vody. Získali sme ho dosadeným do vzorca:

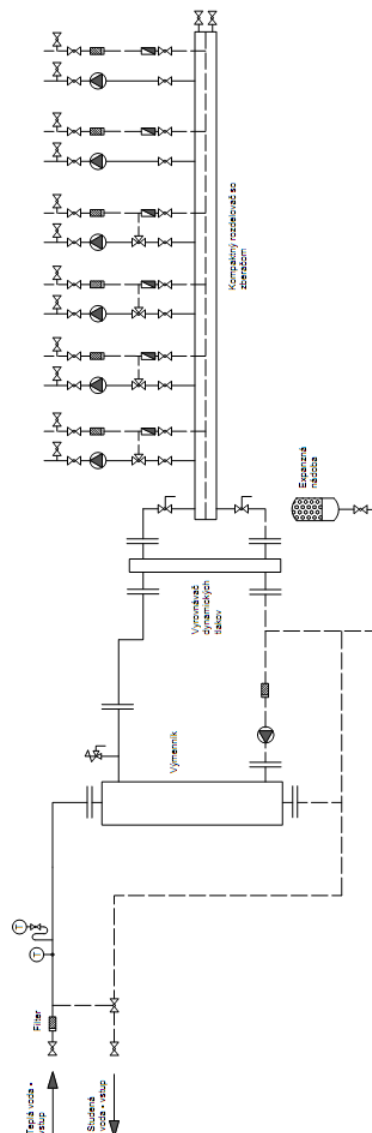
$$\Phi_{1n} = \left( \frac{Q_1}{t} \right)_{\max} \text{ [kW]} \quad (22)$$

Vyšla hodnota  $11,775 \text{ kW}$ .

## 9.2 Návrh vykurovania

Vykurovacie telesá v administratívnej budove sú rozdelené do štyroch vetiev. Ďalšie dve vetvy napojené na vykurovací systém sú vetvy pre vzduchotechniku. Jedna pre vstupnú halu a ďalšia samostatná, ktorá zabezpečuje výmenu, ohrev a chladenie vzduchu v operačnej miestnosti na treťom nadzemnom podlaží.

Pri návrhu vykurovacích telesá bolo nutné spočítať tepelné straty, ktoré sú uvedené v predchádzajúcich kapitolách. Na ich základe sa do miestností navrhli vykurovacie telesá.



Obr. 29. Schéma přípravy tepla pro vykurovacie telesá

### 9.2.1 Vykurovacie telesá

Vykurovacie teleso je povrchový výmenník tepla, ktorý je súčasťou vykurovacej sústavy vo vykurovacom priestore. Teplo je z ústredného rozvodu privádzané teplonosnou látkou (voda, para a pod.) na vnútorný povrch vykurovacieho telesa.

Vykurovacie telesá sa delia podľa konštrukcie prestupnej plochy na tieto základné druhy:

- Doskové vykurovacie telesá
- Článkové vykurovacie telesá
- Konvektor

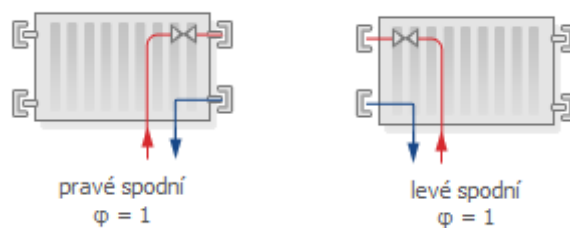
- Trubkové vykurovacie teleso
- Ostatné vykurovacie telesá

Ďalej môžeme telesá deliť podľa použitého materiálu alebo podľa spôsobu rozšírenia vonkajšej prestupnej plochy.

### 9.2.2 Návrh vykurovacích telies v severnej časti budovy

Pri návrhu vykurovacích telies je nutné pokryť tepelné straty vykurovaného priestoru. Dôležitým údajom pri návrhu je tiež teplotná látka. V prípade administratívnej budovy bola použitá voda s teplotou privádzanej vody 55 °C a teplota na odvode 45 °C. Ďalej je nutné správne rozmiestnenie vykurovacích telies – tu sa predpokladá, že okná budú umiestnené pod oknami, aby sa zamedzilo kondenzácií vody na sklách okien. V projekte boli použité vykurovacie telesá od firmy Korado, typ Radik VKL a Radik VKP – jedná sa o doskové telesá v prevedení, ktoré umožňuje pravé a ľavé spodné napojenie na vykurovaciu sústavu s núteným obehom. Doskové telesá boli volené z dôvodu estetického a tak isto i z dôvodu ich jednoduchšej údržby.

V projekte boli použité vykurovacie telesá od firmy Korado, typ Radik VK. Jedná sa o telesá s regulačným ventilom. Zoznam použitých telies i s cenovým vyhodnotením je uvedený v prílohe P I



Obr. 30. Možnosti zapojenia vykurovacích telies

### 9.2.3 Výpočet tlakových strát

Po správnom návrhu vykurovacích telies nasleduje spočítanie tlakových strát, následný návrh tepelného čerpadla a trojcestného ventilu. Jedná sa o sústavu dvojtrubkovú so spodným rozvodom s núteným obehom teplej vody.

Najnepriaznivejšie teleso je vo vykurovacej sústave s núteným obehom vody teleso horizontálne a vertikálne najvzdialenejšie od kotla. V mojom prípade sa jedná o vykurovacie teleso v miestnosti č. 001.

Postup výpočtu pre celkovú stratu je popísaný nižšie.

Výpočet prietoku určíme vzťahom:

$$m = \frac{Q}{\Delta\Theta} * 0,86 \text{ [kg/h]} \quad (23)$$

kde:  $Q$  je tepelný výkon,

$\Delta\Theta$  je rozdiel teplôt.

Rýchlosť  $w$ , priemer potrubia  $d$  a mernú tlakovú stratu  $R$  odčítame z tabuľky pre vypočítané hodnoty  $m$ .

Dĺžková tlaková strata je daná vzťahom:

$$P_t = R \cdot l \text{ [Pa]} \quad (24)$$

kde  $R$  je merná tlaková strata odčítaná z tabuliek,

$l$  je dĺžka potrubia.

Miestna tlaková strata je daná vzťahom:

$$Z = \frac{1}{2} * \rho * w^2 * \xi \text{ [Pa]} \quad (25)$$

Kde:  $\xi$  je súčiniteľ podľa miestnych odporov z tabuliek výrobcov,

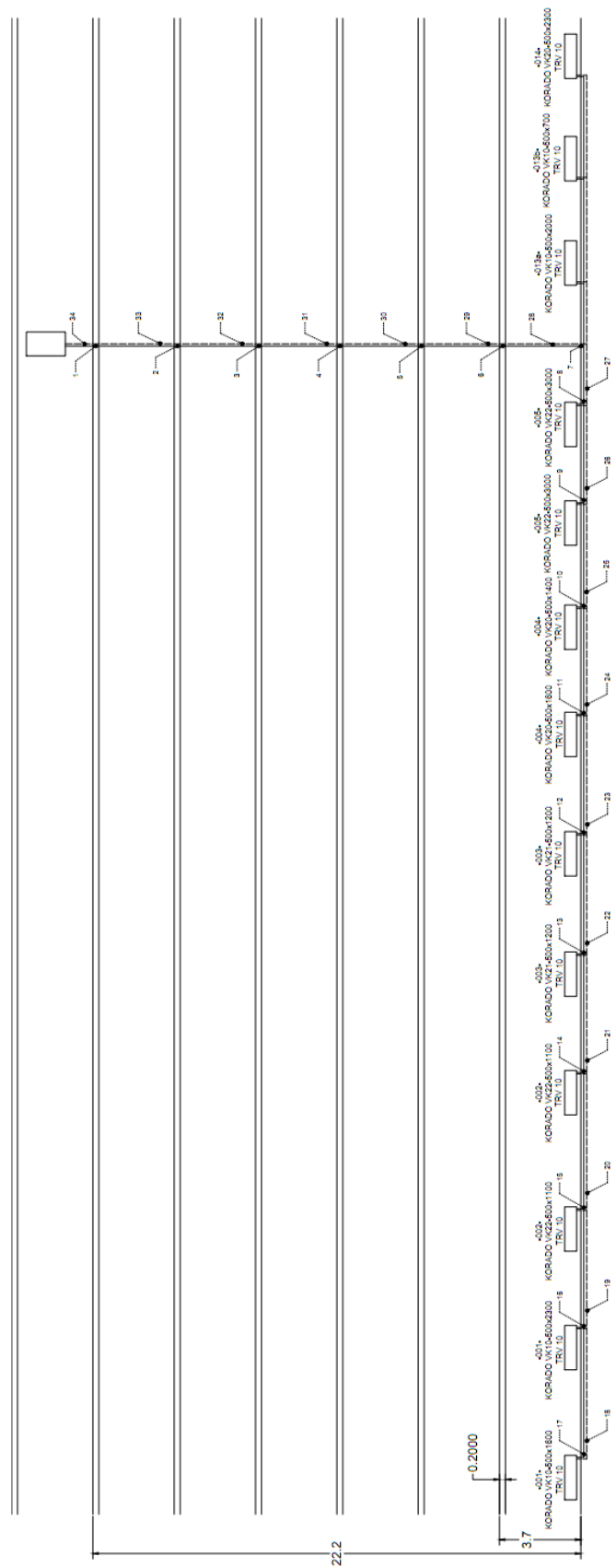
$w$  je rýchlosť média v potrubí odčítaná z tabuliek,

$\rho$  je hustota média a  $\xi$  je podiel strát.

Celková tlaková strata je súčtom dĺžkových strát a miestnych tlakových strát uvedených v tabuľke 11. a je daná vzťahom:

$$\Delta P_z = \sum (R * l) + \sum Z \quad (25)$$

Výpočet miestnych tlakových strát podľa úsekov je uvedený v prílohe P II, pričom rozvinutá schéma vykurovacích telies je uvedená na obrázku (Obr. 31).



Obr. 31. Rozvinutá schéma vykurovacích telies

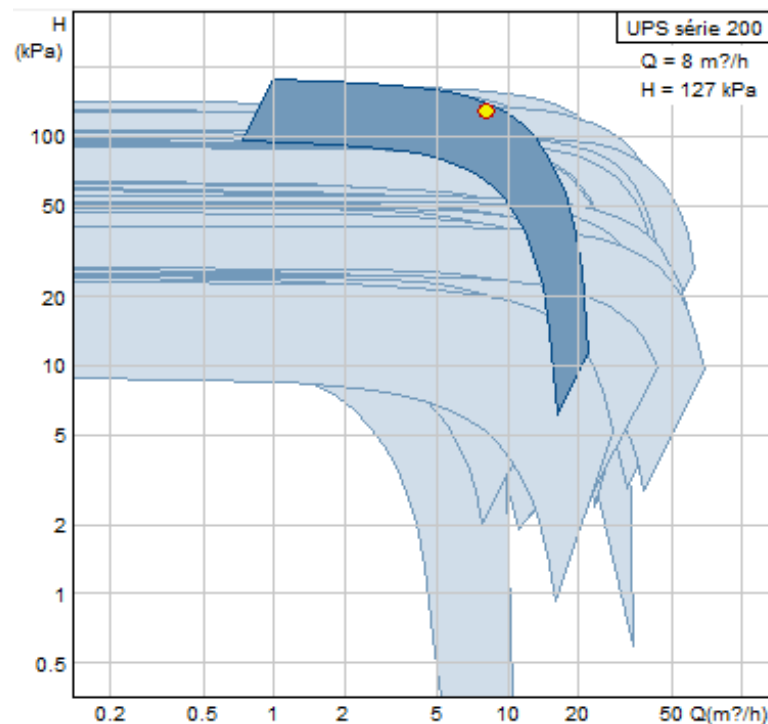
Tab. 10. Rozpis tlakových strát jednotlivých úseků

číslo úseku	tepelný výkon Q	prietok vody M	délka l	priemer d	rýchlost' w	Rs	Pt R.l	$\xi$	Z	
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[-]	[Pa]	
1	92515	7956,29	4,2	42,25	2,2	1900	7980	9,5	22990	
2	90360	7770,96	3,7	42,25	2,2	1800	6660	0	0	
3	69573	5983,278	3,7	42,25	1,7	1100	4070	0	0	
4	55949	4811,614	3,7	42,25	1,4	700	2590	0	0	
5	46365	3987,39	3,7	42,25	1,2	500	1850	0	0	
6	32575	2801,45	3,7	33,5	1,4	1100	4070	0,1	98	
7	12127	1042,922	13,7	26,75	0,85	550	7535	2,5	903,125	
8	9706	834,716	1,4	26,75	0,65	340	476	2,5	528,125	
9	7502	645,172	4,4	26,75	0,55	220	968	2,5	378,125	
10	5298	455,628	4,2	26,75	0,38	110	462	2,5	180,5	
11	4694	403,684	2	21,25	0,6	400	800	2,6	468	
12	4004	344,344	2,9	21,25	0,5	300	870	2,5	312,5	
13	3324	285,864	1,9	21,25	0,42	200	380	2,5	220,5	
14	2644	227,384	2,3	21,25	0,34	130	299	2,5	144,5	
15	1836	157,896	2,5	21,25	0,22	65	162,5	2,5	60,5	
16	1028	88,408	2,2	17	0,22	75	165	2,6	62,92	
17	422	36,292	6,3	17	0,13	30	189	8,5	71,825	
18	422	36,292	6,3	17	0,13	30	189	2,5	21,125	
19	1028	88,408	2,2	17	0,22	75	165	0,3	7,26	
20	1836	157,896	2,5	21,25	0,22	65	162,5	0,8	19,36	
21	2644	227,384	2,3	21,25	0,34	130	299	0,3	17,34	
22	3324	285,864	1,9	21,25	0,42	200	380	0,3	26,46	
23	4004	344,344	2,9	21,25	0,5	300	870	0,3	37,5	
24	4694	403,684	2	21,25	0,6	400	800	0,3	54	
25	5298	455,628	4,2	26,75	0,38	110	462	0,8	57,76	
26	7502	645,172	4,4	26,75	0,55	220	968	0,3	45,375	
27	9706	834,716	1,4	26,75	0,65	340	476	0,3	63,375	
28	12127	1042,922	13,7	26,75	0,85	550	7535	5	1806,25	
29	32575	2801,45	3,7	33,5	1,4	1100	4070	1,4	1372	
30	46365	3987,39	3,7	42,25	1,2	500	1850	0,8	576	
31	55949	4811,614	3,7	42,25	1,4	700	2590	0,3	294	
32	69573	5983,278	3,7	42,25	1,7	1100	4070	0,3	433,5	
33	90360	7770,96	3,7	42,25	2,2	1800	6660	0,3	726	
34	92515	7956,29	4,2	42,25	2,2	1900	7980	7	16940	
						$\Sigma(P_t R.l) =$	<b>79053</b>	$\Sigma Z =$		<b>48915,925</b>
						$\Sigma (P_t= R.l)+\Sigma Z=$				<b>127968,925</b>

### 9.2.4 Výber čerpadla

Čerpadlo vyberáme podľa vypočítanej celkovej tlakovej straty, ktorá vyšla v predchádzajúcej kapitole 127 kPa.

Na základe tejto tlakovej straty som pomocou aplikácie Grundfos Webcaps na stránkach firmy Grundfos vybral vhodné čerpadlo a to typ Grundfos UPS 40 – 185 F. Jeho charakteristika je zobrazená na obrázku (Obr. 32).



Obr. 32. Charakteristika čerpadla UPS 40-185 F

### 9.2.5 Návrh zabezpečovacích zariadení vykurovacej sústavy a TÚV

Zariadenie ústredného vykurovania nemôže byť uvedené do prevádzky bez zabezpečovacieho zariadenia, t.j. bez úplného zariadenia, ktoré zaisťuje bezpečnosť jeho prevádzky. ZZ navrhnuté podľa príslušnej normy musí byť súčasťou projektu ústredného vykurovania.

Rozdelenie zabezpečovacích zariadení:

- Z nízkotlakových parných kotlov do najvyššieho pracovného pretlaku 70 kPa:
  - a) U ktorých je para trvalo odvádzaná z tlakového priestoru kotla,
  - b) U ktorých nie je vyrobená para trvalo odvádzaná – kvapalinové kotle,

- Z teplovodných vykurovacích sústav s:
  - a) otvorenou expanznou nádobou
  - b) uzavretou expanznou nádobou s cudzím zdrojom tlaku (bez membrány)
  - c) uzavretou tlakovou expanznou nádobou s membránou (bez cudzieho zdroja tlaku)
  - d) bez expanznej nádoby
  - e) vyrovnávacou nádobou s cudzím zdrojom tlaku
- Horúcovodných vykurovacích sústav
- Ohrievačov úžitkovej (pitnej) vody

Horúcovodná vykurovacía sústava sa vyznačuje uzavretým systémom a teplou vodou nad 115 °C. Každá sústava musí byť vybavená zariadením na udržovanie hladiny stáleho statického tlaku, čo sa doporučuje zaistiť buď prepúšťaním alebo doplnovacími čerpadlami. Expanzné nádoby sa používajú hlavne v samostatných domových sústavách.

Podľa spôsobu ohrevu a podľa teploty teplonosnej látky sa ohrievače úžitkovej vody triedia na:

- a) Prietokové ohrievače TÚV, vykurované nepriamo parou o pretlaku do 70 kPa alebo vykurovacou vodou o teplote do 115 °C,
- b) Kombinované ohrievače ohrievané vodou do 115 °C alebo elektricky,
- c) Uzavreté (tlakové) ohrievače a prietokové ohrievače TÚV, vykurované nepriamo parou s pretlakom vyšším než 70 kPa alebo vodou o teplote nad 115 °C,
- d) Uzavreté (tlakové) ohrievače TÚV vykurované nepriamo parou s pretlakom do 70 kPa alebo vodou s teplotou do 115 °C.

Ohrievače TÚV musia byť vybavené samočinnou reguláciou teploty TÚV. Teplota TÚV vytekajúca z ohrievača nesmie prekročiť 65 °C avšak toto neplatí pre ohrievače v bode d) s menovitým objemom do 250l, ak sú všetky odberné miesta vybavené miešacími batériami.

Na prívode studenej vody musí mať každý samostatne uzavierateľný ohrievač úžitkovej vody nasledujúce vybavenie:

- Uzatvárací ventil



- Skúšobný kohút
- Spätný ventil alebo spätnú klapku
- Poistný ventil
- Manometer

Výtok poistného ventilu musí vyúsťovať do priestoru, v ktorom sú ohrievače umiestnené. Súčasťou každého ohrievača TÚV musí byť teplomer umiestnený v hornej tretine ohrievača alebo na výstupnom potrubí.

### 9.2.5.1 Návrh expanznej nádoby

Najskôr si určíme objem expanznej nádoby potrebnej na vykurovanie. Preto musíme poznať celkový objem sústavy, ktorý sa určí z nasledujúceho vzorca.

$$V = V_{OT} + V_T + V_V [l] \quad (26)$$

kde :  $V_{OT}$  je objem vody vo vykurovacích telesách,

$V_T$  objem vody v potrubí.

$V_V$  objem vody vo výmenníku

Po dosadení do vzorca vyšiel celkový objem vykurovacej sústavy  $V = 2948,2$  l. Po vypočítaní tejto hodnoty je nutné vypočítať expanzný objem kvapaliny  $V_e$  podľa vzorca:

$$V_e = 1,3 \cdot V \cdot \Delta v [l] \quad (27)$$

Kde  $\Delta v$  je zväčšenie merného objemu vody z 10 °C na strednú teplotu sústavy

$$\Delta v = \frac{1000}{\rho_{tm}} - \frac{1000}{\rho_{10^\circ C}} [l] \quad (28)$$

kde  $\rho_{tm}$  je hustota vody pri strednej návrhovej teplote sústavy  $t_m$  [kg/m<sup>3</sup>]

$\rho_{10^\circ C}$  hustota vody pri teplote 10 °C [kg/m<sup>3</sup>]

Následne po dosadení do vzorca vyšiel expanzný objem kvapaliny vo vykurovacej sústave  $V_e = 45,017$  l.

Ďalej určíme dovolený pretlak sústavy  $p_{ddov}$ :

$$p_{ddov} = (h_z + \Delta h) \cdot \rho \cdot g [\text{Pa}] \quad (29)$$

Kde  $h_z$  je výška najvyššieho bodu sústavy vzhľadom k manometrickej rovine [m]

$\Delta h$  rezerva výšky vodného stĺpca [m]

Najnižší dovolený pretlak  $p_d = 270 \text{ kPa} \geq p_{ddov} = 258,2 \text{ kPa}$ .

Predbežný objemu expanznej nádoby s membránou určíme ako:

$$V_{ep} = V_e \cdot \frac{p_{hp} + 100}{p_{hp} - p_d} \text{ [l]} \quad (30)$$

Po dosadení do vzorca vyšla hodnota expanznej nádoby  $V_{ep} = 283 \text{ l}$ , čomu zodpovedá expanzná nádoba od firmy CIMM ERE CE 300L s membránou 6 bar.

Priemer expanzného potrubia získame dosadením do:

$$d = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} \text{ [mm]} \quad (31)$$

Kde  $Q_p$  je výkon zdroja tepla [kW].

Výpočtová hodnota priemeru potrubia vyšla 19,67, teda potrubie priemeru 3/4" DN20

Pri poistnom ventile je nutné ešte určiť poistný prietok podľa nasledovného vzorca:

$$V_p = 10^{-3} \cdot \Phi_p \text{ [m}^3\text{/h]} \quad (32)$$

Kde  $\Phi_p$  je výkon zdroja tepla [kW]

Po dosadení do vzorca vyšla hodnota poistného prietoku  $V_p = 0,254 \text{ m}^3\text{/h}$ .

Navrhnutý poistný ventil na výmenník vykurovacej sústavy je DUCO 3/4" x 1" KD, pre výmenník ohrevu TUV bol navrhnutý poistný ventil DUCO 3/4" x 1" KD a expanzná nádoba o objeme 150 l.

## 10 ELEKTRICKÁ POŽIARNA SIGNALIZÁCIA

Elektronická požiarne signalizácia - EPS slúži na včasnú signalizáciu požiaru v dohliadaných priestoroch. Štandardne sa EPS navrhuje na základe pôdorysov budovy, rezov a hlavne je poznať skladbu konštrukcií, stropov a výšku jednotlivých miestností. Vychádza sa z požiarnej správy a protokolu o určení prostredia. V našom prípade som vychádzal len z poznatkov, ktoré som mal k dispozícii a to výkresov budovy a jej základných vlastností.

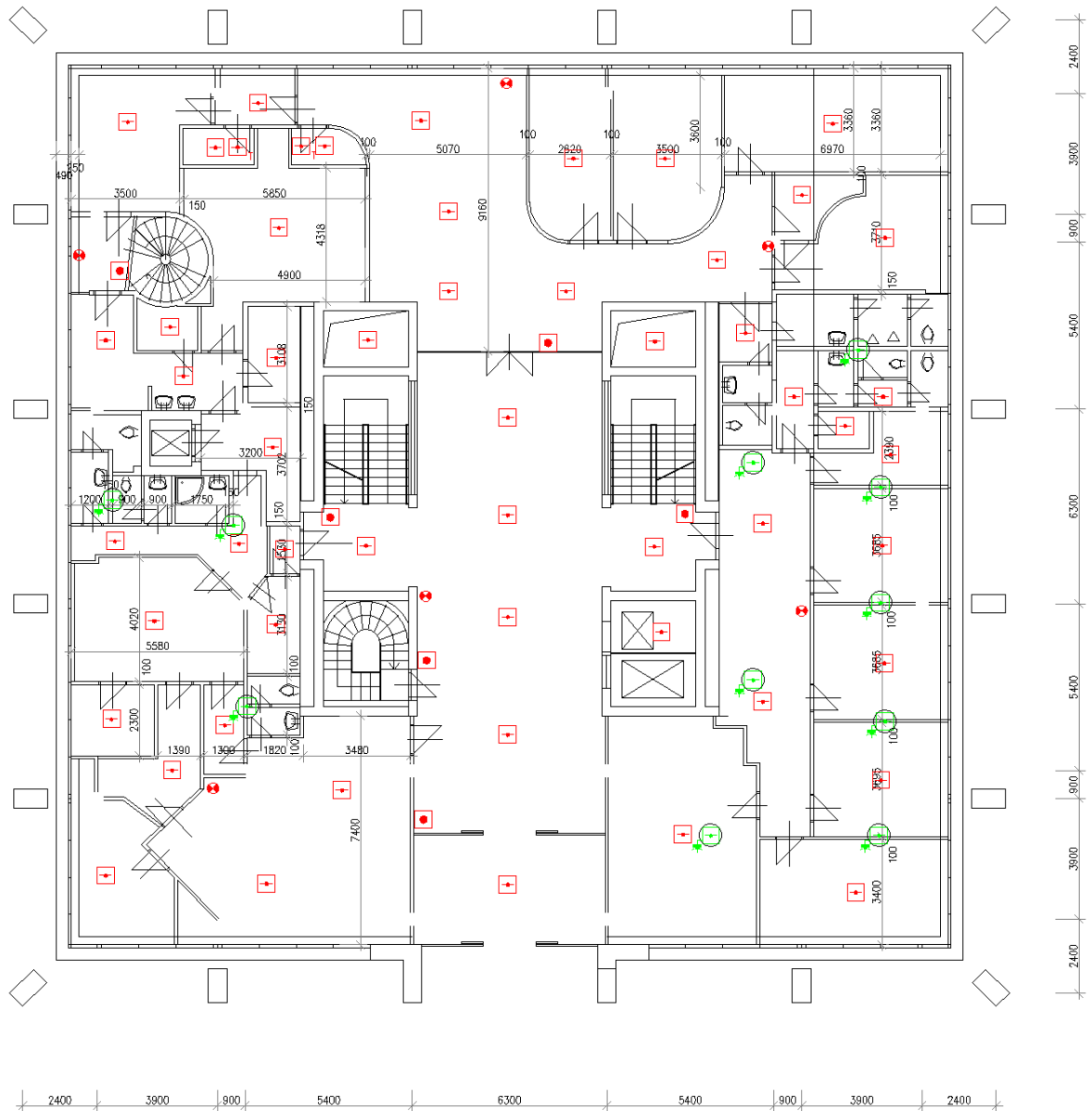
Požiarne signalizáciu som zvolil ESSER od firmy Honeywell life safety Austria. Základom sú ústredne IQ 8 Controll M a IQ 8 Controll C. Ústredňa IQ 8 Controll M bude umiestnená v miestnosti so serverom - 606a, na ktorú bude napojených 6 analógových kruhových liniek. V treťom poschodí na vrátnici s trvalou obsluhou bude umiestnená ústredňa IQ 8 Controll C, ktorá bude slúžiť zároveň aj ako zobrazovacie a obslužné tablo. Vďaka tomu, že táto ústredňa bude slúžiť ako obslužné tablo, ústredňa IQ 8 Controll M bude v predvedení „black box“. Obe ústredne budú prepojené sieťou Essernet.

Signalizácia požiaru bude dvojstupňová, kedy v prípade vyhlásenia poplachu automatickým hlásičom bude vyhlásený najskôr úsekový poplach a až následne poplach všeobecný. Pri vyhlásení poplachu z manuálneho tlačidlového hlásiča bude ihneď vyhlásený všeobecný poplach.

Na ústredni bude nastavený čas T1 a T2, kedy po detekcii požiaru automatickým hlásičom začne bežať čas T1, kedy obsluha musí vykonať požadovaný úkon na ústredni – potvrdiť prijatie poplachu. V prípade, že sa tak nestane, je vyhlásený všeobecný poplach. Po potvrdení začne bežať na ústredni T2, počas ktorého musí obsluha osobne overiť miesto poplachu a vykonať požadovaný úkon na ústredni. Buď to potvrdí poplach alebo poplach zruší a vyhlási ho ako planý poplach.

Na základe charakteristiky budovy boli zvolené na detekciu požiaru opticko – dymové hlásiče série IQ8 umiestnené v administratívnych miestnostiach a chodbách. V kuchynkách budú umiestnené termo-diferenciálne hlásiče série IQ8. V priestoroch bez podhládov sú automatické hlásiče požiaru umiestnené na stropoch, v priestoroch s podhládmi budú umiestnené detektory v dvoch úrovniach: na podhlade a na strope nad podhladom. K hlásičom nad podhládmi sú umiestnené paralelné signalizácie.

V priestore vstupnej haly, ktorá je prepojená átriom až po vrch budovy bude použitý optický lineárny detektor typu Fire Ray. Tento detektor sa využíva pri vysokých miestnostiach, kde je detekcia požiaru zabezpečená pomocou laserových snímačov.



Obr. 33. Elektrická požiarňa signalizácia v administratívnej budove 3NP

## 11 INTEGROVANÝ BEZPEČNOSTNÝ SYSTÉM

V dnešnej dobe je neodmysliteľnou súčasťou integrovaný bezpečnostný systém. Táto budova bude pozostávať zo systémov EZS, CCTV a SKV.

Obvod objektu, vchod a vstupná hala a niektoré vytipované priestory budú pod dohľadom kamier uzavretého kamerového okruhu. V projekte budú použité digitálne IP kamery v interiérovom a exteriérovom prevedení. Podľa požadovaného stupňa ochrany, budú kamery s rôznymi rozlíšeniami snímania. Vonkajšie kamery budú v prevedení day / night a ku každej kamere bude pripojený tiež prísvit. Všetky kamery budú v prevedení Power Over Ethernet (POE), takže nebudú vyžadovať napájanie zo siete 230V. Všetky kamery budú do hviezdy zapojené ku záznamovému zariadeniu metalickou kabelážou FTP CAT5. Záznamové zariadenie bude umiestnené v priestoroch servera v miestnosti 606a. Na vrátnici bude umiestnený klient, ktorý bude mať umožnené základné prehliadanie.

Na oknách s možnosťou ich otvárania budú v rámci riešenia EZS nainštalované magnetické snímače ich otvorenia. V miestnostiach, cez ktoré by bol možný prienik oknom a okná ich okná nie sú otváravé, budú nainštalované detektory rozbitia skla a duálne PIR detektory pohybu. Duálne detektory pohybu budú tiež nainštalované vo vytipovaných miestnostiach. Ústredňa Galaxy od firmy Honeywell bude zas umiestnená v miestnosti serverovne. Táto ústredňa umožňuje aj pripojenie systému SKV, čo sú vlastne čítačky kariet s dverovými kontrolermi. Tie zahrňujú elektronické zámky Assa-Abloy. Tie budú slúžiť na kontrolu vstupov do vyhradených priestorov.



## 12 RIADIACE SYSTÉMY BUDOVY

Riadiace systémy sú v budovách dôležité z pohľadu vytvorenia dokonalých vnútorných podmienok. Tie vedia reagovať na meniace sa klimatické podmienky a zabezpečiť tak podľa nameraných vnútorných a vonkajších hodnôt požadované podmienky.

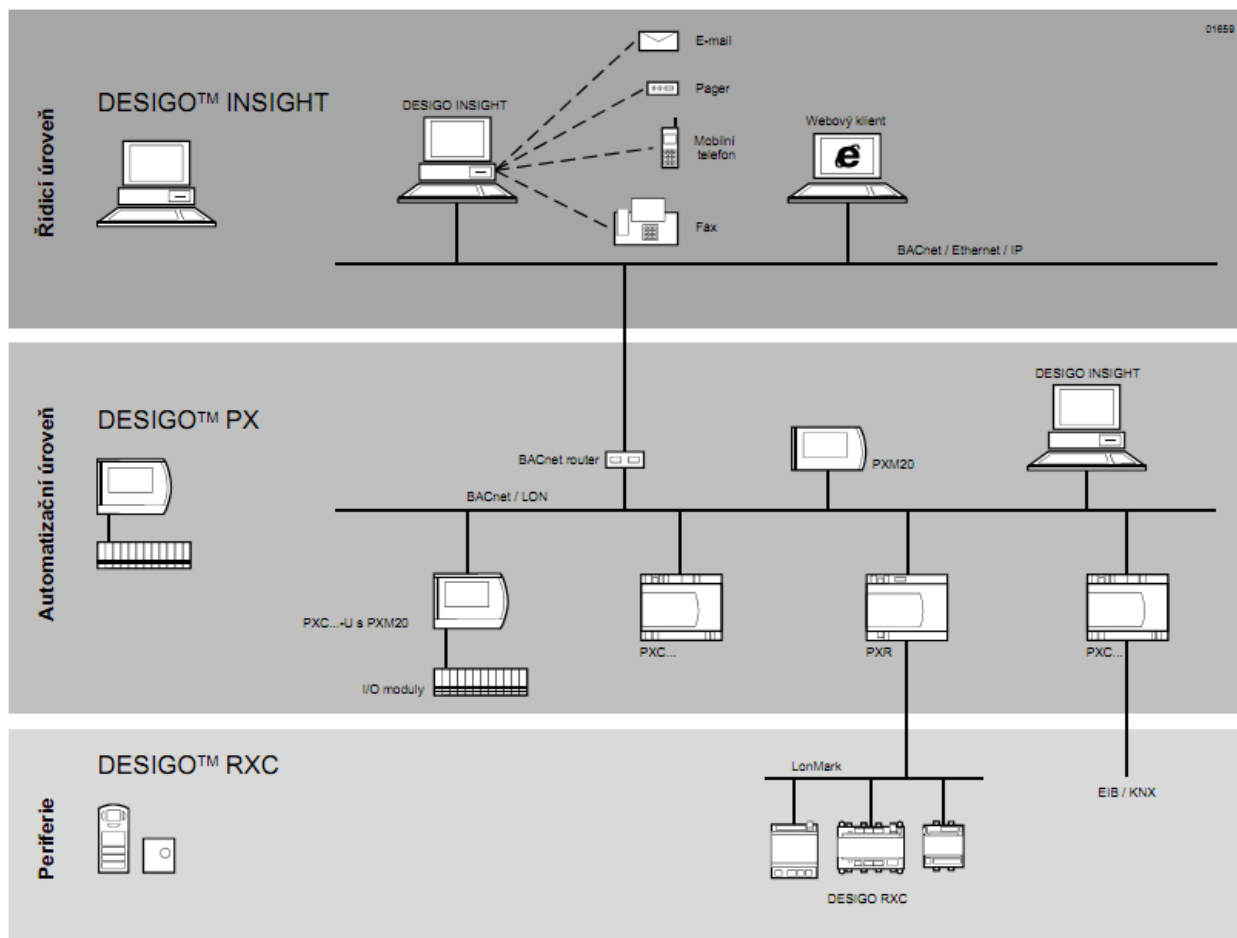
Táto kapitola sa delí na jednotlivé časti tvorby vnútornej mikroklímy. Každá z týchto častí vie pracovať nezávisle na druhej, ale podstatou systému riadenia, je dokonalé zladenie všetkých častí. Preto sú systémy založené na zbernici KNX s nadradeným systémom.

Na systém riadenia bol použitý systém Desigo od firmy Siemens. Systém riadenia Desigo ponúka vďaka svojej modularite neobmedzené možnosti pre riadenie a monitorovanie technických zariadení budov. Využitie nachádza už od malých budov po veľké vzájomne prepojené komplexy budov. Systém Desigo má vyniká nasledovnými vlastnosťami:

- Otvorený pre integrácie
- Ľahko ovládateľný
- Inovatívny s webovým prístupom
- Rozšíriteľný od malých k veľkým projektom
- Hospodárny vo všetkých fázach

Systém Desigo môžeme rozdeliť do troch úrovní, ktoré sú zobrazené na obrázku (Obr. 35).

- Periférie
- Automatizačná úroveň
- Riadiaca úroveň



Obr. 35. Rozdelenie Desigo do úrovní

Pre komunikáciu vo vnútri systému používa Desigo neutrálne štandardné protokoly – BACnet pre automatizačnú a riadiacu úroveň a LONMARK pre úroveň periférií.

## 12.1 Riadenie a regulácia vzduchotechniky

V projekte boli použité vzduchotechnické jednotky od firmy Atrea, ktoré sa dodávajú ako ucelený systém s reguláciou a riadením. Použitý typ regulácie – Digitálna regulácia DC je plne integrovaná do všetkých jednotiek rady DUPLEX. To znamená, že i do jednotky u nás použitej DUPLEX S 5600. Nespornou prednosťou použitého konceptu vstavaného systému je veľmi jednoduché pripojenie ku stavbe, kedy väčšina systémov už sú zapojené a odskúšané ešte pred montážou. V budúcnosti vo väčšine prípadov stačí iba zaistiť napájanie na napájanie cez dodávané istenie a pripojiť ovládanie.

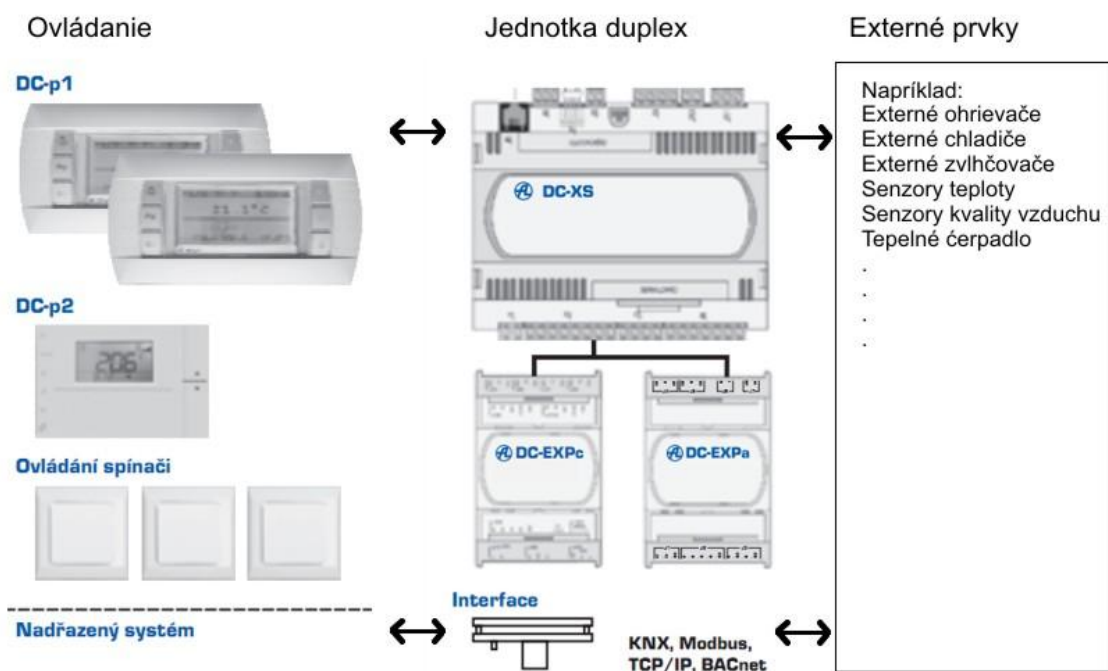
Navrhovanie digitálnej regulácie DC je plne podporované návrhovým freeware programom, ktorý spoločnosť Atrea ponúka na stiahnutie zo svojich stránok. Tu sa automaticky ku konkrétnej konfigurácii generuje pripojovacie schéma jednotky.



Medzi hlavné výhody použitého systému patria:

- Univerzálne riešenie regulácie a ovládania pre všetky varianty zostáv jednotky DUPLEX
- Regulácia navrhnutá na mieru znižuje cenu a zvyšuje užitočnú hodnotu
- Jednoduchosť pripojenia v budovy
- Prehľadný systém regulácie, komfort a jednoduchosť ovládania spínačmi, tak i možnosť prístupu k úplnému nastaveniu jednotky bez nutnosti pripojenia špeciálnych modulov
- Možnosť komunikácie inteligentnými systémami riadenia budov typom protokolu napr. KNX, Modbus, BACnet

Na obrázku 36 je zobrazené blokové schéma a možnosť použitia jednotlivých jednotiek.

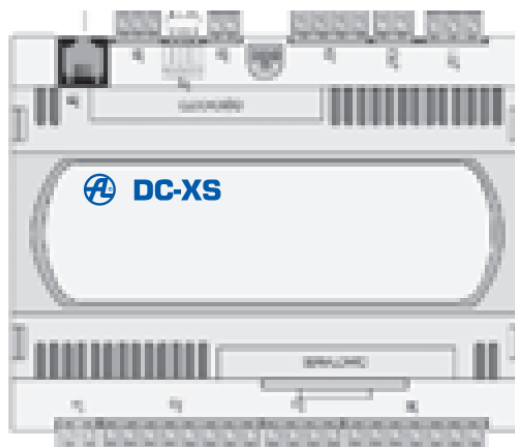


Obr. 36. Blokové schéma regulácie DC

Ako nadradený centrálny systém bol zvolený modul regulácie s označením DC-XS zobrazený na obrázku (Obr. 37), vstavaný do rozvodnice jednotky DUPLEX. Tento modul obsahuje software na obsluhu všetkých prepojených modulov a periférií (ohrievače, chladiče, senzory atď.). Podľa požadovanej konfigurácie jednotky sú obsadzované svorky základných modulov DC-XS a podľa požadovanej konfigurácie jednotky ú dopĺňované

d'alšími modulmi nazvanými tiež expandérmi. Základný modul regulácie obsahuje kompletný univerzálny program na ovládanie akejkoľvek konfigurácie jednotky DUPLEX. Modul obsahuje vstupy a výstupy pre tieto funkcie:

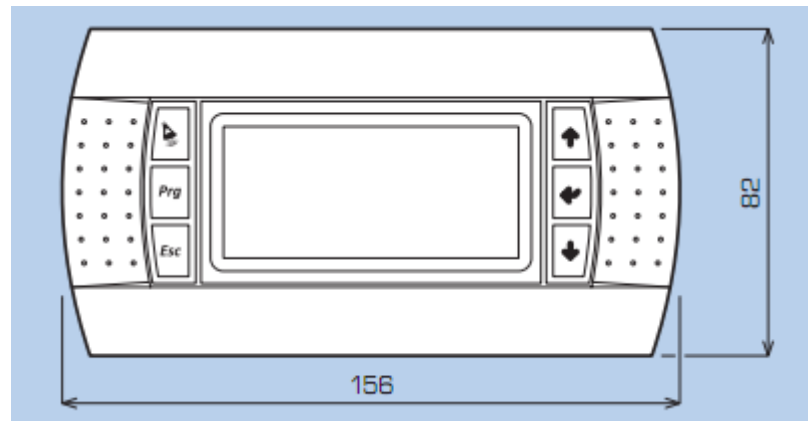
- Ovládanie otočiek ventilátoru
- Meranie teplôt vo všetkých sekciách jednotky DUPLEX, priestoru a tiež vonkajšej teploty
- Sledovanie stavov tlakov vo filtri a tlakov ventilátorov
- Sledovanie poruchových vstupov z ventilátoru
- Snímanie stavov havarijného vstupu
- Snímanie stavu protimrazovej ochrany vodného ohrievača
- Spínanie čerpadla teplej vody
- Ovládanie prívodnej a odvodnej klapky
- Ovládanie elektrického ohrievača
- Priestor pre komunikačnú kartu s vybraným protokolom, v našom prípade KNX



Obr. 37. Modul regulácie DC-XS

Ako ovládač bol zvolený typ DC-p1 zobrazený na obrázku (Obr. 38) s grafickým displejom. Je určený k ovládaniu a nastaveniu všetkých parametrov regulácie príslušnej jednotky. V užívateľskom režime ovládača poskytujú funkcie ako napríklad nastavenie vzhodotechnického režimu, nastavenie rôznych teplôt pre deň a noc, nastavenie týždňového programu. Ovládač tiež zahrňuje zobrazenie stavu klapiek (vstupné, výstupné, bypass, cirkulácia), zobrazenie ohrievačov a chladičov. Medzi nesporné výhody patrí tiež

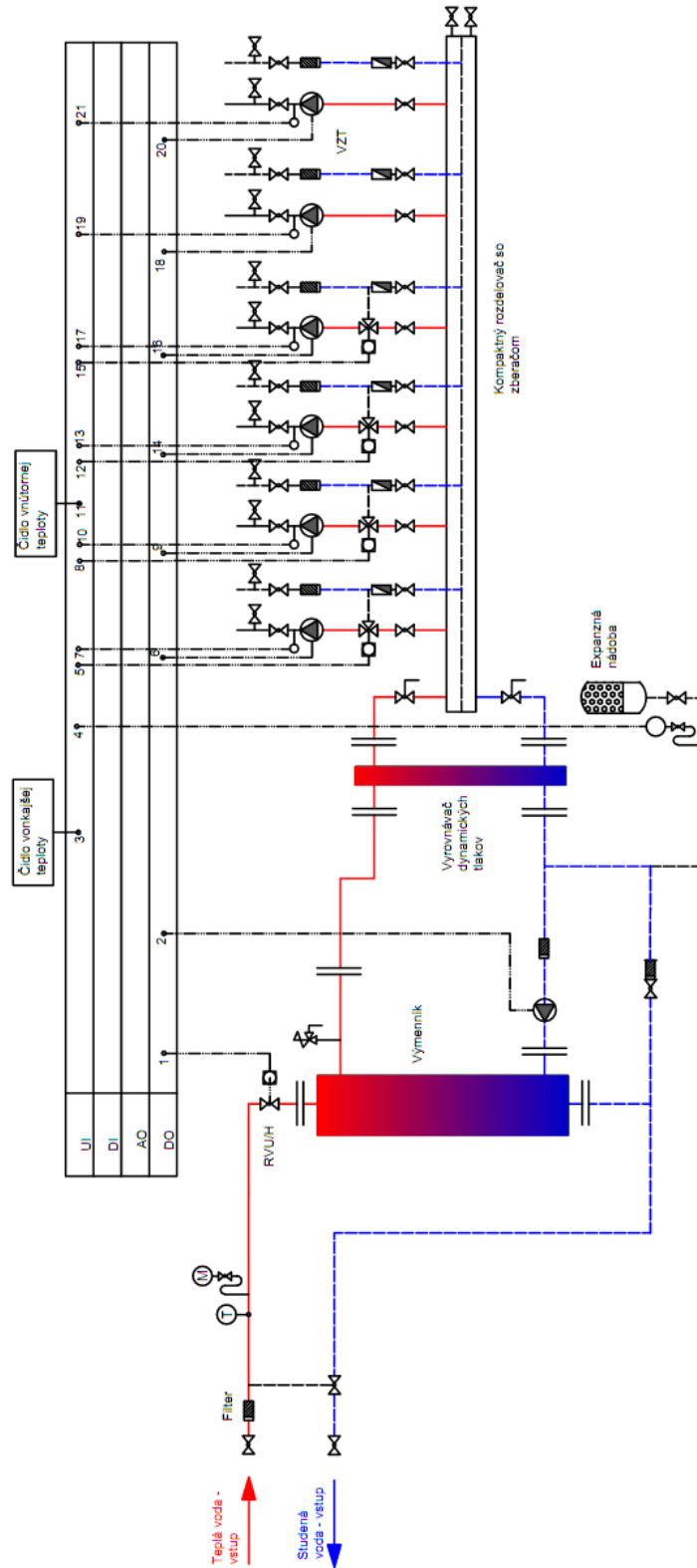
zobrazovanie teplôt nameraných jednotkou DUPPLEX. Po prepnutí do servisného módu, ovládač poskytuje tiež nadštandardné funkcie ako test vstupov a výstupov, nastavenie citlivosti regulácie, nastavenie výkonov jednotky pre jednotlivé prevádzkové režimy a nastavenie limitných a havarijných teplôt systému. Tento ovládač musí byť vždy prítomný pri sprevádzkovaní jednotky, pri normálnej prevádzke už môže byť nahradený kartou s protokolom KNX.



Obr. 38. Ovládač DC-p1

System DC regulácie obsahuje tiež špeciálny modul a to komunikačnú kartu pre protokol Konnex. Inštalovaná karta DC-knx poskytuje úplnú správu o regulácií.

## 12.2 Riadenie a monitoring vykurovacieho systému



Obr. 39. Schéma riadenia a monitorovania vykurovania a vzduchotechniky

Tab. 1. Zoznam vstupov a výstupov riadenia vykurovania a vzduchotechniky

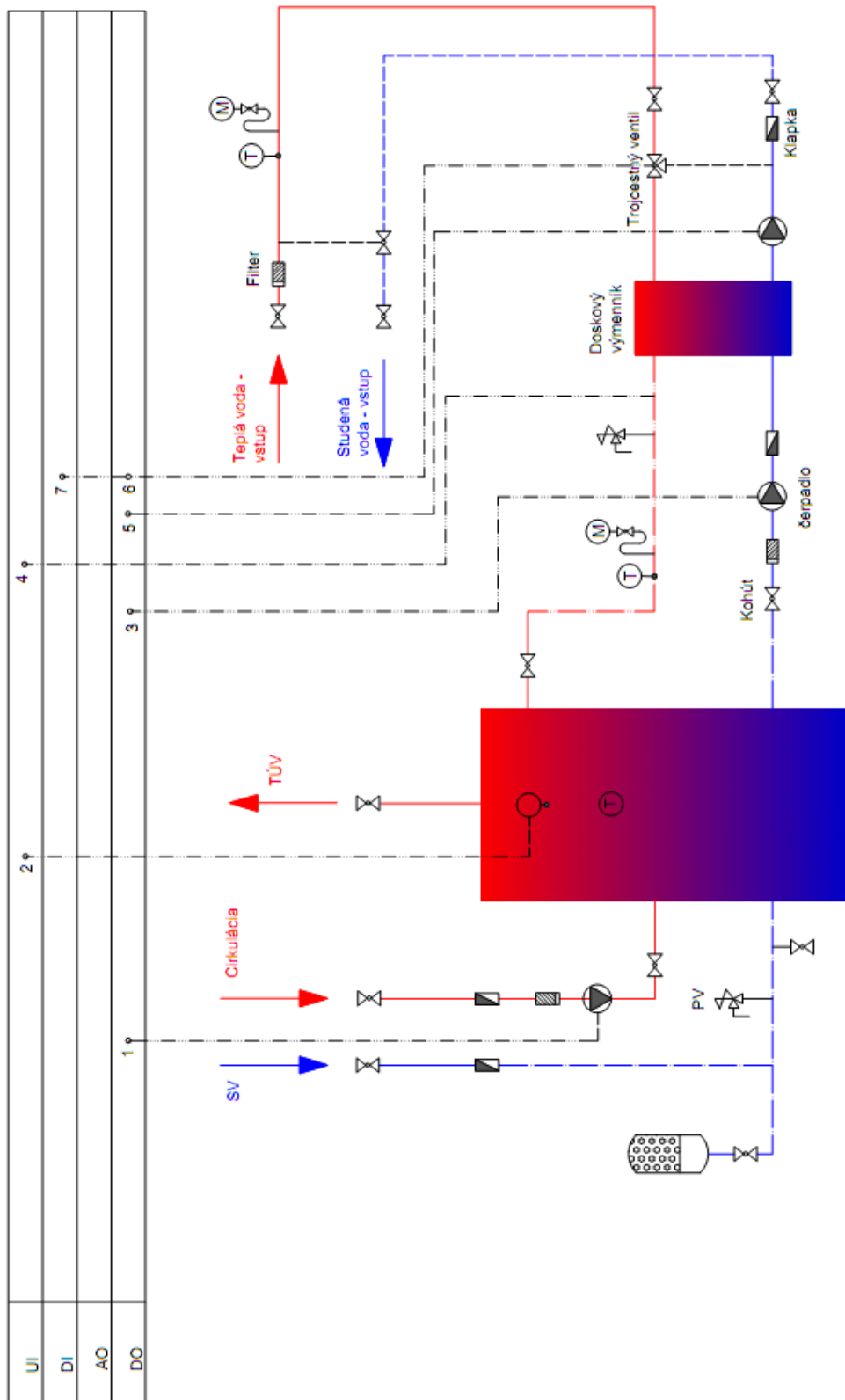
Číslo	Zariadenie	Typ
1	Regulačný ventil	DO
2	Čerpadlo	DO
3	Snímač vonkajšej teploty	UI
4	Snímač tlaku	UI
5	Regulačný ventil	UI
6	Čerpadlo	DO
7	Snímač teploty na vstupe do vetvy	UI
8	Regulačný ventil	UI
9	Čerpadlo	DO
10	Snímač teploty na vstupe do vetvy	UI
11	Snímač vnútornej teploty	UI
12	Regulačný ventil	UI
13	Čerpadlo	DO
14	Snímač teploty na vstupe do vetvy	UI
15	Regulačný ventil	UI
16	Čerpadlo	DO
17	Snímač teploty na vstupe do vetvy	UI
18	Čerpadlo	DO
19	Snímač teploty	UI
20	Čerpadlo	DO
21	Snímač teploty	UI

Jednotlivé prvky ako sú zobrazené na obrázku (Obr. 39) boli pripojené na vstupy a výstupy ako je popísané v tabuľke (Tab. 12). Na riadenie bolo teda nutné vybrať modul s ôsmimi digitálnymi výstupmi a trinástimi univerzálnymi vstupmi. Na základe toho sme vybrali kompaktnú podstanicu Siemens PXC52 s celkovými 52 vstupmi a výstupmi. Na túto podstanicu je celkom možné priviesť 16 univerzálnych vstupov, 16 digitálnych vstupov, 8 analógových výstupov a 12 digitálnych výstupov so zaťažiteľnosťou 230 V. Preto nám vyšla z výberu ako vyhovujúca.

Základom na vstupe do výmenníku je zmerať teplotu a tlak vstupného vykurovacieho média. Od týchto dvoch hodnôt sa odvíja regulácia a riadenie systému. Ešte pred vstupom do samotného výmenníka sa nachádza ventil, ktorý je ovládaný podľa potreby. Slúži na priškrtenie alebo zvýšenie prietoku horúcej vody na vstupe do primáru. Aby nedošlo k zničeniu výmenníka, daný ventil je možné podľa potreby úplne uzavrieť. V obvode s vyrovnávačom dynamických tlakov monitorujeme a ovládame len otáčky čerpadla čím regulujeme prietok vody. Nasleduje rozdeľovač so zberačom a regulácia sa rozdeľuje z komplexnej na reguláciu jednotlivých okruhov. Tu sa znovu snímajú veličiny ako teplota a tlak vstupného média. Ovládať tiež môžeme čerpadlá, čím sa reguluje prietok vody ale i trojcestné ventily, čím zabezpečíme požadovanú teplotu vstupného média.

Je navrhnutá ekvitermická regulácia, čo znamená že nastáva regulácia výkonu vykurovacej sústavy na základe zosnímaných hodnôt z vonkajšieho teplomeru a porovnaním teplôt s vnútorným prostredím.

### 12.3 Riadenie a monitoring systému pre prípravu TUV



Obr. 40. Schéma riadenia TUV

Tab. 2. Zoznam vstupov a výstupov riadenia TÚV

Číslo	Zariadenie	Typ
1	Čerpadlo	DO
2	Snímač teploty	UI
3	Čerpadlo	DO
4	Snímač teploty	UI
5	Čerpadlo	DO
6	Pohon ventilu	DI,DO

Podobne ako pri výbere podstanice pre vykurovanie a vzduchotechniku i pri výbere podstanice pre ohrev TÚV bolo nutné zhodnotiť počet potrebných vstupov a výstupov. Tu nám podľa kritérií 4 digitálne výstupy, dva univerzálne vstupy a jeden digitálny vstup vyšla ako vhodná podstanica od spoločnosti Siemens PXC22.

Na vstupe do vstupe zo zdroja CZT, podobne ako pri vykurovaní meriame teploty a tlak vstupného média. V prípade, že nastanú kritické hodnoty, krízový stav alebo je nutné zmiešať prírodné médium s vratným je možné tieto teploty a prietok regulovať pomocou trojcestného ventilu. Teplotu za výmenníkom je možné snímať pomocou zabudovaných snímačov. Aby nedošlo k poškodeniu zásobníka teplej vody a ostatných prvkov, horúca voda nevstupuje priamo do zásobníka, ale pred zásobníkom sa nachádza doskový výmenník. Teplotu v zásobníku snímame snímačom teploty, od čoho sa odvíja ďalšia regulácia. Obeh cirkuláciu zabezpečuje obehové a cirkulačné čerpadlo. Všetky čerpadlá, ktoré sú použité sú čerpadlá s plynulou reguláciou otáčok pomocou vstavaných frekvenčných meničov, čo platí okrem obehu TÚV aj pre vykurovanie.



### 13 VIZUALIZÁCIA SYSTÉMU

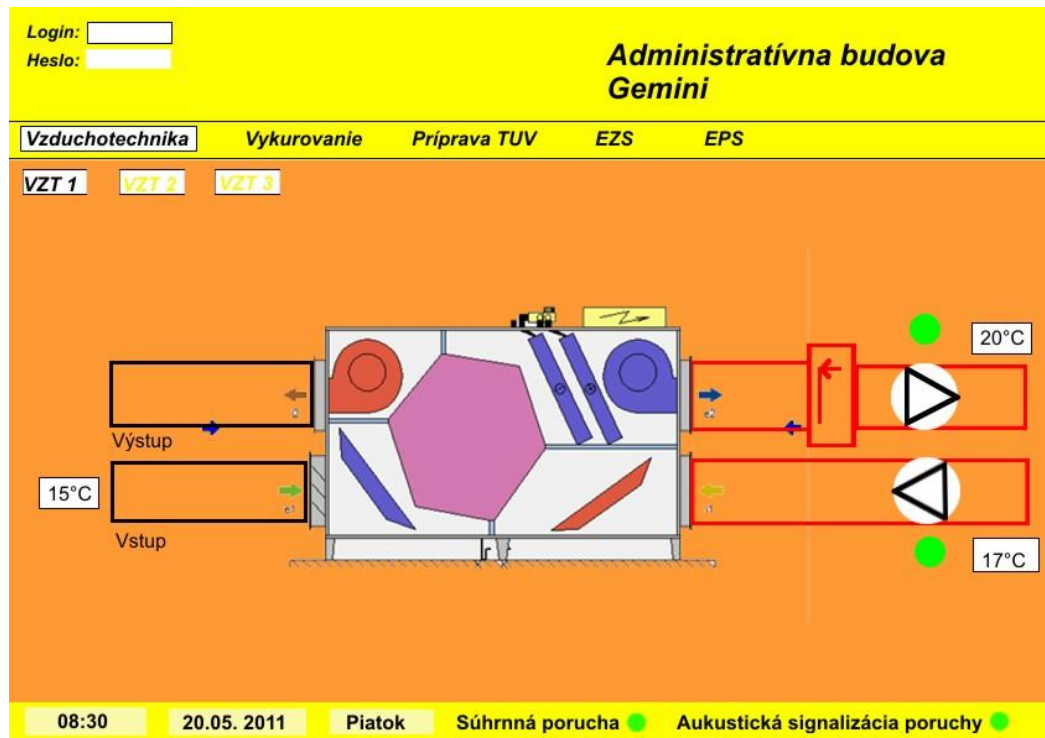
V predchádzajúcej kapitole bola rozobraná problematika riadenia. Vďaka použitému komponentu Desigo Insight nám riadiaca stanica umožňuje vizualizáciu na webe. Toto je zaistené pomocou programu SCADA. Ten nám zaistí nie len samotnú vizualizáciu ale tiež možnosť ovládať na diaľku jednotlivé komponenty.

Na vstup do systému je nutné byť prihlásený. Tu existuje niekoľko možností prihlásenia, či už ide len o monitoring a kontrolu alarmov, alebo ako administrátor, ktorý môže meniť nastavenia jednotlivých systémov. Na obrázku (Obr. 41) vidíme spúšťaciu obrazovku. Až po prihlásení vidíme ďalšie možnosti vizuálneho softwaru.



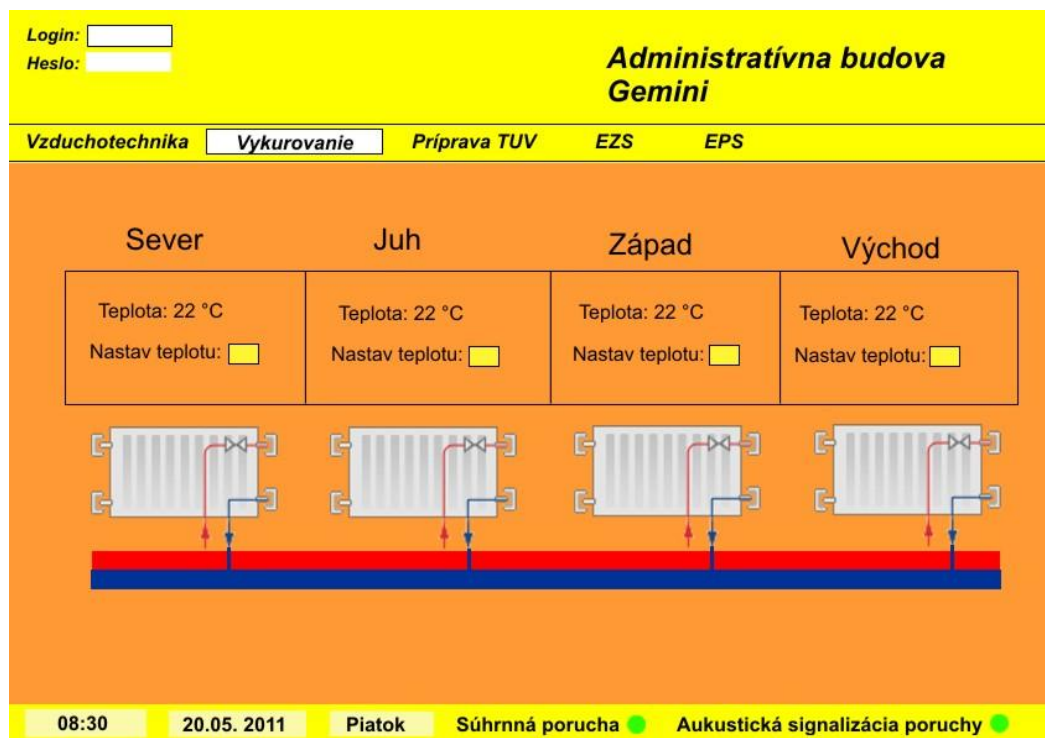
Obr. 41. Uvítacia stránka vizuálneho systému

Po kliknutí na záložku vzduchotechniky, sa zobrazí vzduchotechnická jednotka pre nami vybranú vetvu. Tu sú vyvedené všetky snímače a informujú nás o aktuálnych teplotách. Táto vizualizácia je zobrazená na obrázku (Obr. 42).



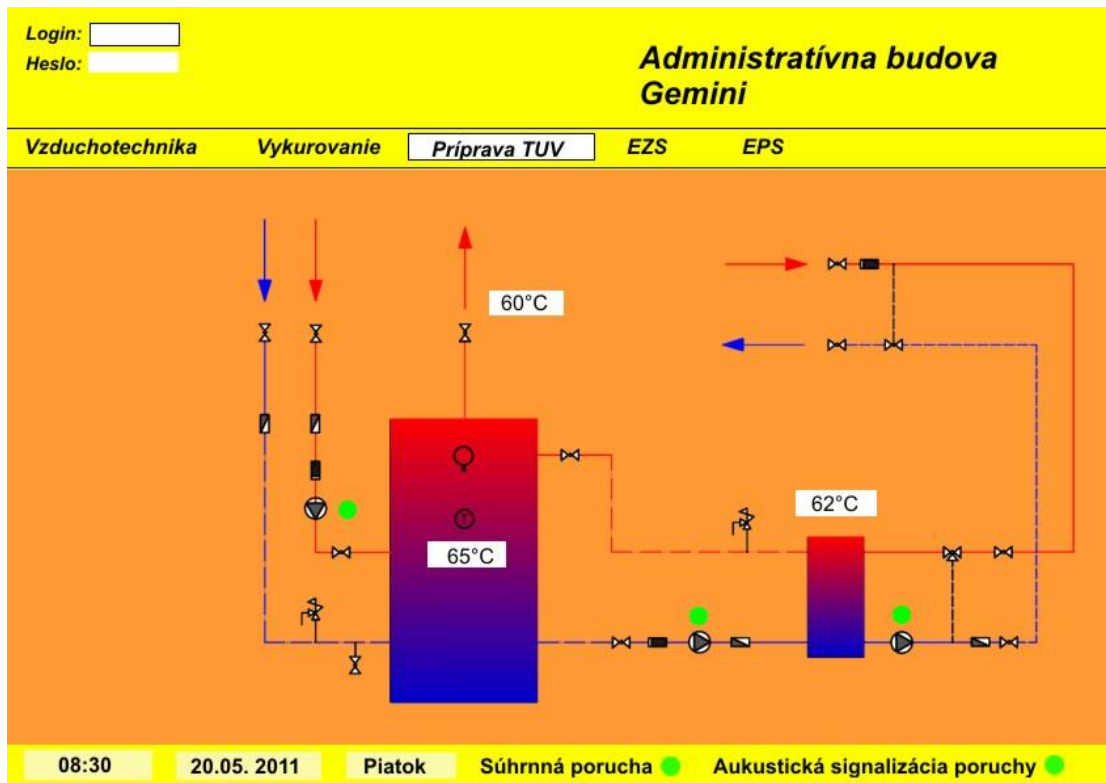
Obr. 42. Ukážka riadenia VZT

Po kliknutí na záložku vykurovania (Obr. 43), sa opäť zobrazí schéma, tentokrát vykurovania. Sú tu zobrazené všetky vetvy s ich aktuálnou teplotou. V prípade nutnosti úpravy preddefinovanej hodnoty na vetve, si môžeme túto hodnotu ručne upraviť.



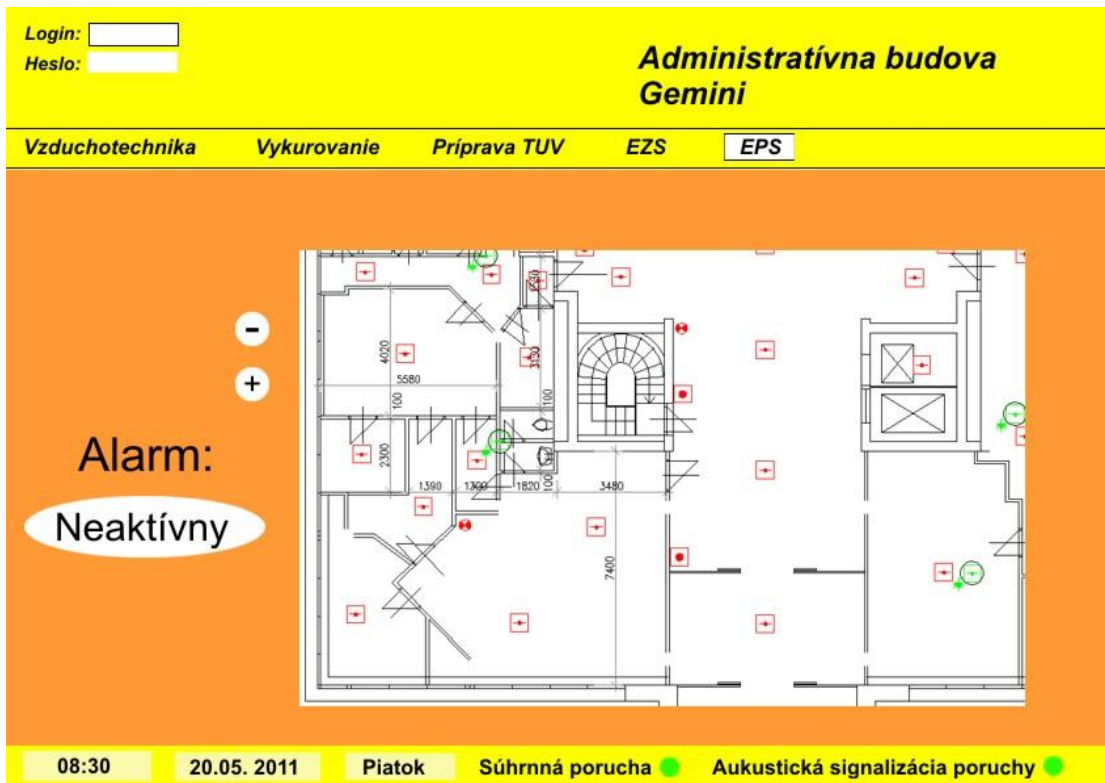
Obr. 43. Ukážka vykurovania

Ďalej nasleduje záložka TÚV, kde je sú vyvedené jednotlivé senzory teploty vo výmenníku a v zásobníku TÚV. Taktiež je tu možnosť ovládania jednotlivých čerpadiel, ktoré majú na starosti chod tejto časti. Ukážkové menu TÚV je ukázané na obrázku (Obr. 44).

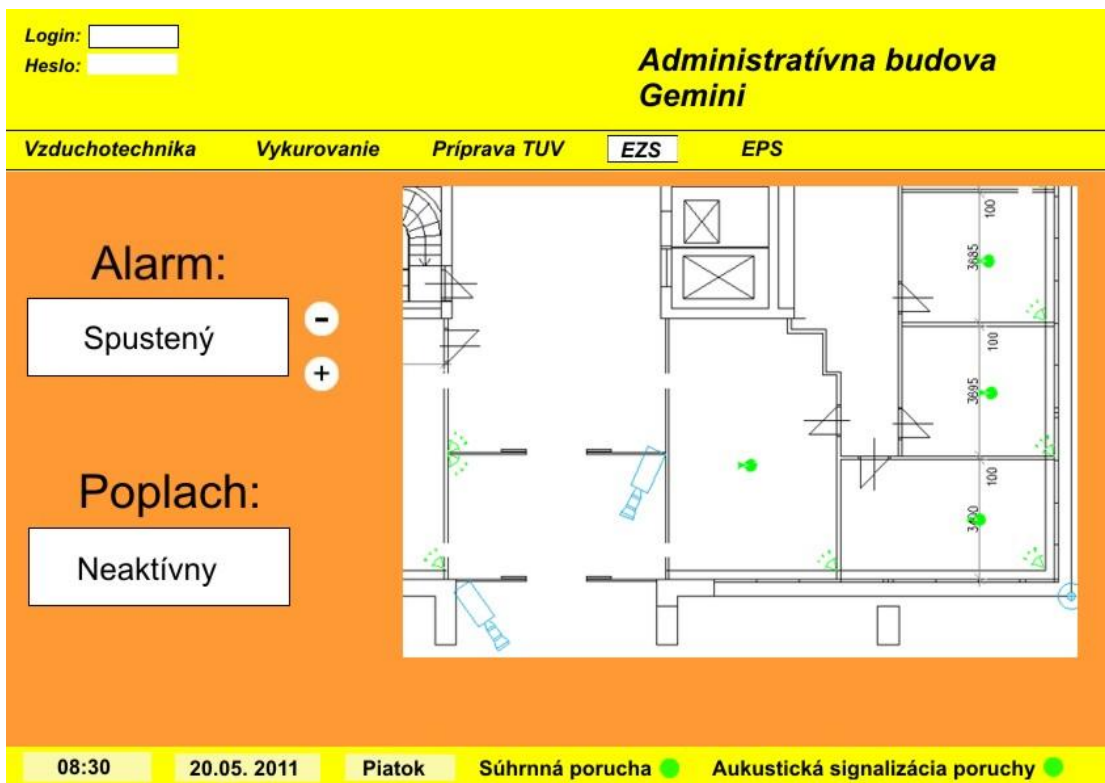


Obr. 44. Vizualizácia TÚV

V programe SCADA je tiež dôležité zobrazovať informácie z EZS a EPS. Tu nám program ukazuje, či nie sú vyhlásené poplachy v časti EZS alebo či nehlási požiarneho senzora poplach a ak áno, ukáže ktorý senzor poplach vyhlásil.



Obr. 45. Ukážka vizualizácie EPS



Obr. 46. Ukážka vizualizácie EZS

## 14 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOTENIE

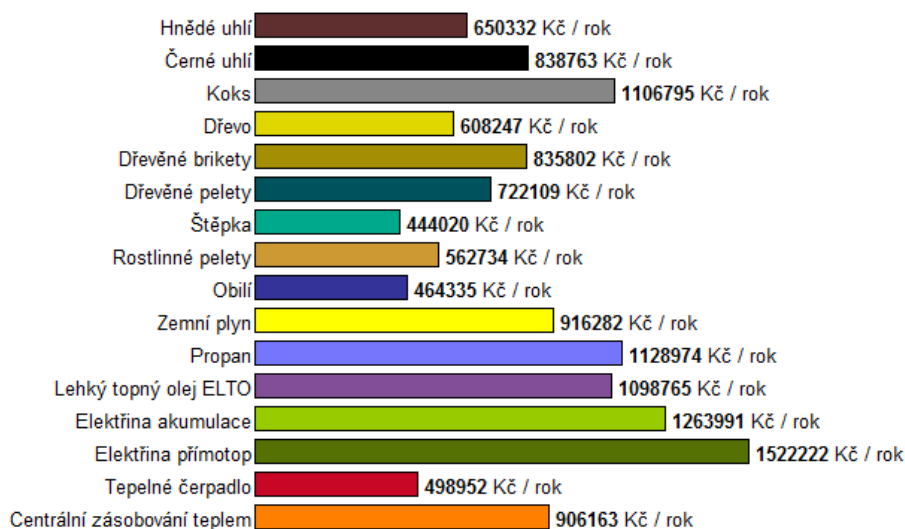
V rámci vyhodnocovania technicko-ekonomického hodnotenia musíme uvažovať, že budova je postavená už 30 rokov a preto nie všetky jej prvky sú v dokonalom technickom stave. I preto sú tu navrhnuté zmeny zariadení, ktoré by bolo nutné po tejto dobe vymeniť. Na ohľad však musíme brať i návratnosť použitých technológií. U drahších zariadení sa počíta napríklad s nižšími nákladmi na energie. No nie vždy docielime toho, že vklad do drahšieho zariadenia sa nám vráti v podobe úspor na energiách.

### 14.1 Náklady na vykurovanie a ohrev TÚV

Pri výpočte celkových nákladov na vykurovanie je potrebné počítať s ročným množstvom energie na vykurovanie i na ohrev teplej vody. Toto množstvo som určil pomocou výpočtovej pomôcky umiestnenej na portály tzb-info.cz. Aplikácia je tu k dispozícii pod názvom Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. Pre navrhnutú budovu vychádza ročná spotreba energie na vykurovanie  $Q_{VYT,r} = 557,4$  MWh/rok (= 2006,5 GJ/rok) a ročná potreba energie na ohrev teplej vody  $Q_{TUV,r} = 59,3$  MWh/rok (= 213,6 GJ/rok). Celková ročná potreba energie na vykurovanie a ohrev teplej vody sa určí ako súčet týchto dvoch spotrieb a pre administratívnu budovu vyšla  $Q_r = 616,7$  MWh/rok (= 2210,1 GJ/rok).

Na portály tzb-info.cz sa tiež nachádza pomôcka, ktorá nám dokáže porovnať náklady pre určitý druh paliva. Táto pomôcka vyhodnotí náklady na vykurovanie prehľadne a s grafickou úpravou, ktorá je uvedená na obrázku (Obr. 47). Ako je vidieť z obrázku, vykurovanie systémom CZT – horúca voda nepatrí medzi najlacnejšie. Ale i tak je tento systém lacnejší ako by bolo použité vykurovanie elektrinou. Navyše systém CZT sa vyznačuje pri vykurovaní svojou vysokou spoľahlivosťou.

## Náklady na vytápění



Obr. 47. Náklady na vykurovanie ohrev TÚV

## 14.2 Náklady spojené s vybudovaním vykurovacieho systému

Náklady na vybudovanie vykurovacieho systému predstavujú všetky náklady, ktoré boli potrebné či už na vybudovanie alebo sprevádzkovanie systému. Patrí sem ale aj systém na ohrev TÚV. Do cien boli započítané všetky prvky, od výmenníkov, po čerpadlá, potrubia, ventily potrebné na riadenie a reguláciu, ale tiež poistné zariadenia. Na základe cien uvedených v produktových listov, sú obstarávacie náklady uvedené v tabuľke (Tab. 14).

Tab. 11. Obstarávacie náklady na vykurovaciu sústavu

System	Cena v Kč
System ohrevu TÚV a vykurovanie	3 620 000,-
Vzduchotechnika	2 390 000,-
<b>Spolu</b>	<b>6 010 000,-</b>

## 14.3 Náklady na vybudovanie riadiaceho systému

Podobne, ako vyčíslenie nákladov na vybudovanie vykurovacieho systému KNX, sa vyčíslovali náklady aj na riadiaci systém. Tieto náklady sú spojené s vybudovaním systému riadenia vzduchotechniky, ohrevu TÚV a vykurovania, ale i EZS, EPS a SKV.

Zahŕňajú teda akčné členy, snímače, jednotlivé prvky, ale i samotnú zbernicu. Náklady na jeho vybudovanie sú uvedené v tabuľke (Tab. 15).

Tab. 12. Obstarávacie náklady na riadiaci systém

Prvky KNX	Cena v Kč
Systém riadenia TÚV, vykurovanie, vzduchotechnika	4 320 000,-
EZS+EPS+SKV	2 568 000,-
<b>Spolu</b>	<b>6 888 000,-</b>

Ako vidieť z tabuľky (Tab. 15), obstarávacie náklady na riadiaci systém sú pomerne vysoké a nepočíta sa s tým, že by systém zarábala nejaké peniaze. Na druhú stranu, efektívnym riadením napríklad vykurovacieho systému môže ušetriť financie. V neposlednom rade prináša zvýšenie užívateľského komfortu, ale i zvýšenia bezpečnosti zamestnancov a návštevníkov administratívnej budovy.

#### 14.4 Technicko-ekonomické hodnotenie rekuperačného výmenníka vstupnej haly

V budove administratívnej budovy boli v rámci návrhu vzduchotechniky použité rekuperačné výmenníky, ktoré znižujú náklady na vykurovanie v zimnom období. Z dôvodu vyšších obstarávacích nákladov na takúto jednotku sa nie vždy tento systém oplatí. Je preto nutné vedieť, či sa investície do takto zvolenej jednotky vyplatia.

Celkové straty vetraním v prístupovej hale sú 4850 W. Tieto straty je nutné poznať, aby bolo možné podľa vzťahu (34) spočítať celkovú energiu.

$$E_{celk} = d \cdot t \cdot P_v \cdot \left( \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \right) \cdot \varepsilon \quad [\text{kWh}] \quad (34)$$

Kde:  $d$  je počet vykurovacích dní [-];

$t$  doba prevádzky zariadenia [h];

$P_v$  tepelné straty vetraním [kW];

$\theta_{int,i}$  výpočtová vnútorná teplota [°C];

$\Theta_{m,e}$  ročná priemerná teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$\Theta_e$  vonkajšia výpočtová teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$E$  zmenšovací súčiniteľ [-].

Pre lokalitu Zlín, kde sa nachádza aj administratívna budova, je 226 vykurovacích dní. Doba prevádzky zariadenia je 12 hodín. Po dosadení všetkých hodnôt vyšla spotreba energie  $E_{celk} = 5165$  kWh.

Nasleduje výpočet energie, ktorú môžeme ušetriť rekuperačným výmenníkom. Tú spočítame podľa nasledovného vzorca:

$$E_{úspora} = \frac{E_{celk} \cdot \eta_r}{\eta_{vs}} \quad [\text{kWh}] \quad (35)$$

Kde  $\eta_r$  je priemerná účinnosť rekuperačného výmenníku [%];

$\eta_{vs}$  účinnosť vykurovacej sústavy [%];

$E_{celk}$  celková spotreba energie

Po dosadení účinnosti výmenníka, ktorá je 70%, účinnosti vykurovacej sústavy, ktorá je 95% a spočítanej celkovej energie, vyšla hodnota usporenej energie 3262 kWh.

Túto hodnotu treba ešte vynásobiť cenou tepla dodaným CZT, ktorá je 1,8 Kč/kWh. Tým dostávame celkovú hodnotu ušetreného tepla 5872,50 Kč.

Investičné náklady projektu, teda na kúpu rekuperačného výmenníku sú 170 000 Kč. Zmena nákladov na prevádzku nenastáva, pretože čistenie vzduchotechnických jednotiek musí prebiehať, či je použitý rekuperačný výmenník, alebo nie.



Tab. 13 .Hodnotenie VZT jednotky s rekuperátorom pre vstupnú halu

Investičné náklady projektu	(Kč)	170000
Investičné náklady projektu po dobu životnosti	(Kč)	<b>170000</b>
Zmena nákladov na energie	(Kč/rok)	5872
Zmena ostatných prevádzkových nákladov		
Zmena osobných nákladov	(Kč/rok)	0
Zmena ostatných prevádzkových nákladov	(Kč/rok)	0
Zmena tržieb	(Kč/rok)	0
<b>Prínosy projektu celkom</b>	(Kč/rok)	<b>5872</b>

Tab. 14. Ekonomické zhodnotenie

<b>Investičné náklady projektu po dobu životnosti</b> $N_1$	(Kč)	170000
<b>Prínosy projektu celkom</b> $P$	(Kč/rok)	5872
<b>Doba hodnotenia</b> $\bar{z}$	(rok)	15
<b>Diskont</b> $r$	(-)	0,05
<b>Inflácia</b> $p$	(-)	0,04
<b>Prostá doba návratnosti</b> $T_s$	(rok)	28,95
<b>Disk. doba návratnosti</b> $T_{sd}$	(rok)	39,59
<b>NPV</b>	(Kč)	-91649
<b>NPV (O)</b>	(Kč)	0,00
<b>IRR</b>	(-)	-0,038

Ako je vidieť z tabuľky (Tab. 17), pri dobe životnosti výmenníka 15 rokov, sa investičné náklady pri súčasnej cene rekuperačného výmenníku neoplatia. Je však možné, že ak sa zachová trend klesania cien týchto jednotiek, tak v budúcnosti bude návratnosť vložených investícií.

Preto sa do vzduchotechnických jednotiek s rekuperátorom oplatí investovať pri vyšších stratách s vetraním.

## ZÁVER

Táto diplomová práca sa zaoberá problematikou administratívnych budov. Delí sa na dve časti.

Prvá teoretická časť sa zaoberá vonkajším prostredím, ktorému je vystavená každá budova. Sú tu rozobrané parametre ako teplota vonkajšieho vzduchu, vplyv slnečného žiarenia, či vlhkosť, vietor a škodliviny v ovzduší. V ďalšej časti je rozobrané vnútorné prostredie a jeho tepelné a hygienické parametre. Potom nasleduje rozobratie tvorby vnútornej mikroklímy, zdroje energie a jej rozdelenie. Z toho sa dostávame po náš použitý systém vykurovania CZT. Energeticky úsporná administratívna budova využíva na svoju prevádzku automatizáciu a riadenie. Sú tu preto rozobrané možnosti riadenia, kde sa venujeme podrobnejšie KNX, ktorý je použitý v administratívnej budove. V poslednej časti je opísaná problematika energeticky úsporných budov.

K jadrú práce sa dostávame v praktickej časti. Táto časť obsahuje oboznámenie sa s popisom konkrétnej budovy, kde boli riešené všetky časti opísané v teoretickej časti. Ako prvé sú na základe projektovej dokumentácie spočítané tepelné straty vetraním a prestupom tepla. Ako nasledovné bolo nutné pre návrh vzduchotechniky spočítať aj tepelné zisky. Po získaní všetkých potrebných hodnôt nasleduje návrh samotných systémov. Prvá bola navrhnutá vzduchotechnika v prístupovej hale budovy. Nasledovalo rozobratie problematiky vzduchotechnických systémov v operačných miestnostiach a navrhnuté jej možné riešenie.

Ďalšia časť sa venovala návrhu tvorby TÚV a vykurovacieho systému, kde bol podrobne rozobraný systém vykurovania v severnej časti budovy. Dôležité z pohľadu bezpečnosti bolo nutné navrhnuť zabezpečovacie zariadenia.

Elektrická požiarňa signalizácia a integrovaný bezpečnostný systém sú rozobrané v nasledovných kapitolách diplomovej práce. Tu je opísaný princíp fungovania systémov i ukážka dokumentácie rozmiestnenia jednotlivých prvkov.

Práca tiež obsahuje riadenie jednotlivých systémov a opis zapojenia. Na to nadväzuje vizualizácia celého systému. Podrobne je tu zobrazené fungovanie celej vizualizácie.

Prácu uzatvára technicko-ekonomické hodnotenie celého projektu. Sú tu zrátané všetky použité systémy. Nechýba zhodnotenie nákladov na vykurovanie a tiež porovnanie systému CZT s inými druhmi palív. Ako posledná vec skúmaná v diplomovej práci je

výhodnosť použitia vzduchotechnickej jednotky s rekuperáciou v prístupovej hale administratívnej budovy.

## ZÁVER V ANGLIČTINE

This diploma thesis examines the topic of administrative buildings. It consists of two parts.

The first, theoretical part, examines the surrounding environment that every building is exposed to. Parameters such as temperature of external air, the effect of solar radiation, humidity, wind and chemicals in the air are discussed. Next, the internal environment and its thermal and hygienic parameters are studied. A detailed examination of internal microclimate generation follows, including a study of energy sources. Furthermore, the district heating system used for this project, is mentioned. Energy-efficient administrative building uses automatization and control-systems for its function. Therefore, control possibilities are studied here. Attention is focused on KNX, which is used in the administrative building. The last section focuses on the topic of energy-efficient buildings.

The main part of the thesis is the practical part. It describes the building, where all the parts discussed in the theoretical part are implemented. First, thermal losses through ventilation and heat transfer are calculated based on the project documentation. Following is a calculation of thermal gain, necessary to design air-conditioning. With all needed parameters obtained, design of specific systems is performed. First, air-conditioning in the entrance hall was designed. Next, air-conditioning systems in operative rooms were evaluated and a solution was provided.

The next part focuses on designing hot water production and heating system. A detailed examination of heating system in the northern part of the building is included. Also, due to security requirements, a design of security systems was performed.

In the following chapters of the thesis, electrical fire-hazard signallization system and integrated security system are examined. Principles of the function of these systems and documentation of the placement of individual parts of the systems are shown.

The thesis also contains control of individual systems and a description of their connection. A visualization of the whole system follows. A detailed overview of the visualization is included.

Last, but not least, a technical-economical evaluation of the whole project is done. All systems used in the project are included in the calculation. Heating costs are compared with a system using different types of fuels. The concluding part examines the efficiency

of the air-conditioning unit with recuperation in the entrance hall of the administrative building.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] **BYSTRICKÝ, VÁCLAV., POKORNÝ, ANTONÍN.** *Technická zařízení budov. Část B / - 1. vyd.* Dotisk. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 1996. Obr., tab., grafy, lit. **ISBN 80-01-00725-1.**
- [2] **ŠTÍPEK, JAN., PAROUBEK, JAN.** *Administrativní budovy / - 2. vyd.* Praha: České vysoké učení technické v Praze, **2006.** obr., fotogr., lit. **ISBN 80-01-03539-5.**
- [3] **HERMANN, Merz, HANSEMAN, Thomas, HUBNER, Christof.** *Automatizované systémy budov : Sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet. 1. vyd.* Praha : Grada Publishing, a.s, **2008.** 264 s. **ISBN 978-80-247-2367-9.**
- [4] **SZÉKYOVÁ, Marta, FERSTL, Karol; NOVÝ, Richard.** *Větrání a klimatizace. 1. české vyd.* Bratislava : Jaga, **2006.** 359 s. **ISBN 80-8076-037-3.**
- [5] **VRÁNA, Jakub.** *Technická zařízení budov v praxi : [příručka pro stavaře]. 1. vyd.* Praha: Grada, **2007.** 331 s. **ISBN 978-80-247-1588-9.**
- [6] **ZÁLEŠÁK, Martin.** *Integrované systémy řízení v budovách.* Zlín : [s.n.], 63 s.
- [7] *Študijné materiály k predmetom Technika prostredí a Systémy techniky prostredí.* [s.l.] : [s.n.], **2009.**
- [8] **CHYSKÝ, Jaroslav, et al.** *Větrání a klimatizace. Vyd. 3.* Praha: Česká matice technická, **1993.** 490 s. **ISBN 80-91574-0-8.**
- [9] **ŽIARAN, Stanislav, FERSTL, Karol.** *Technika prostredia.* Bratislava: Slovenská vysoká škola technická, **1990.** Obr., tab., grafy, lit., **ISBN 80-227-0308-7.**
- [10] **ZÁLEŠÁK, Martin.** *Zařízení na výrobu tepla.* Zlín : [s.n.], **2010.** 16 s.
- [11] *Tepelná čerpadla pro každého - TZB-info [online]. 2002 [cit. 2011-05-10].*  
Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=953>>.
- [12] **TYWONIAK, Jan.** *Nízkoenergetické domy.* Praha: Grada, **2005.** 200 s. **ISBN 80-1101-X.**
- [13] **DANIELS, Klaus.** *Technika budov.* Bratislava: Jaga Group, **2003.** 520 s. **ISBN 80-88905-63-X.**
- [14] **ČSN 06 0320.** *Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování.* Praha: Český normalizační institut, **2006.** 20 s.

- [15] ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: Český normalizační institut, 1985. 32 s.
- [16] ČSN 06 0830. *Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 20 s.
- [17] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha : Český normalizační institut, Březen 2005. 71 s.
- [18] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha : Český normalizační institut, 2007. 44 s.
- [19] Autoři: PAPEŽ, Karel a kol. *Technická zařízení budov. II. díl. Vytápění. Cvičení / - 1. vyd.* Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1996. Obr., tab., grafy, lit., ISBN 80-01-01531-9.
- [20] HANDBOOK, ASHRAE . *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.
- [21] VALENTA,V. a kol.: *TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3*. Agentura ČSTZ, Praha, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [22] JELÍNEK, V., HOUŠKOVÁ, M., PAVLÍČEK, I., PETROVÁ, M.: *Technická zařízení budov. Podklady pro projekty*. Vydavatelství ČVUT Praha, 1993. ISBN 80-01-00586-0.
- [23] LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: *Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky*. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9.
- [24] KŘEČEK, S. a kol.: *Příručka zabezpečovací techniky*. Cricetus, 2003. ISBN 80-902938-2-4.
- [26] *Atrea s.r.o.* [online]. 2009 [cit. 2011-05-10]. Dostupné z WWW: [www.atrea.sk](http://www.atrea.sk).
- [27] *Korado* [online]. 2009 [cit. 2011-05-17]. Dostupné z WWW: [www.korado.cz](http://www.korado.cz).
- [28] *Elektrika.cz* [online]. [cit.2011-05-01]. Dostupné z WWW: [www.elektrika.cz](http://www.elektrika.cz).



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CSMA	Carrier Sense Multiple Access.
CZT	Centrálne zásobovanie teplom
ČR	Česká republika.
EIB	European Installation Bus.
EPS	Elektronická požiarne signalizácia
ETS	Engineering Tool Software.
EZS	Elektronická zabezpečovacia signalizácia
IP	Internet Protocol.
ISO	International Organization for Standardization.
KNX	Konnex Association
OSI	Open Systems Interconnection.
RF	Radio Frequency.
RS 232	Recommended Standard 232.
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SKV	System kontrolly vstupu
TP	Twisted Pair.
TÚV	Teplá úžitková voda
TZB	Technické zariadenia budov
USB	Universal Serial Bus.
VZT	Vzduchotechnika
ZZ	Zabezpečovacie zariadenie

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Oblast' tepelnej pohody a oblast' pocitu horka .....</i>	16
<i>Obr. 2. Grafické znázornenie závislosti % nespokojných užívateľov .....</i>	17
<i>Obr. 3. Schéma teplárne s protitlakovou turbínou .....</i>	26
<i>Obr. 4. Schéma teplárne s plynovou turbínou .....</i>	27
<i>Obr. 5. Predizolované potrubie .....</i>	28
<i>Obr. 6. Informatické zasieťovanie zariadení systémovej techniky budov na zbernici KNX/EIB .....</i>	41
<i>Obr. 7. Stromová topológia KNX/EIB .....</i>	43
<i>Obr. 8. Štruktúra telegramu .....</i>	45
<i>Obr. 9. Štruktúra rámca .....</i>	45
<i>Obr. 10. Obrázok situácie objektu .....</i>	54
<i>Obr. 11. Pohľad na severovýchodnú stranu .....</i>	55
<i>Obr. 12. Pohľad na západnú stranu budovy .....</i>	55
<i>Obr. 13. Grafický výstup kondenzácie vodných pár .....</i>	59
<i>Obr. 14. Textový výstup kondenzácie vodných pár z .....</i>	60
<i>Obr. 15. Ukážka výstupu výpočtu zo stránky www.atrea.cz .....</i>	67
<i>Obr. 16. Možné spôsoby zapojenia vzduchotechnickej jednotky .....</i>	68
<i>Obr. 17. Blokové schémy vzduchotechnickej jednotky: R – Rekuperačný výmeník so zabudovaným chladením (CH) a ohrevom (T), P- parný zvlhčovač .....</i>	68
<i>Obr. 18. Konštrukcia rekuperátora so vstavaným ohrevom a chladením .....</i>	68
<i>Obr. 19. Hx diagram pre zimné obdobie .....</i>	69
<i>Obr. 20. Hx diagram pre letné obdobie .....</i>	70
<i>Obr. 21. Rozmiestnenie výpustiek .....</i>	71
<i>Obr. 22. Nasávanie čerstvého a vyfukovanie odvádzaného vzduchu v nemocničných objektoch .....</i>	72
<i>Obr. 23. Riešenie vzduchotechniky v operačnej miestnosti. F1, F2, F3 – tri stupne filtrácie, V1, V2 – ventilator, O – ohrievač, Ch – chladenie, Vh – parný zvlhčovač, VU - výustky .....</i>	73
<i>Obr. 24. Lineárny anemostat .....</i>	74
<i>Obr. 25. Integrovaný systém prívodu a odvodu vzduchu .....</i>	75
<i>Obr. 26. Hydraulické zapojenie vykurovania a TÚV .....</i>	77
<i>Obr. 27. Schéma prípravy TÚV .....</i>	79

<i>Obr. 28. Krivka odberu TÚV</i> .....	80
<i>Obr. 29. Schéma prípravy tepla pre vykurovacie telesá</i> .....	82
<i>Obr. 30. Možnosti zapojenia vykurovacích telies</i> .....	83
<i>Obr. 31. Rozvinutá schéma vykurovacích telies</i> .....	85
<i>Obr. 32. Charakteristika čerpadla UPS 40-185 F</i> .....	87
<i>Obr. 33. Elektrická požiarňa signalizácia v administratívnej budove 3NP</i> .....	92
<i>Obr. 34. Ukážka integrovaného bezpečnostného systému v 3NP</i> .....	94
<i>Obr. 35. Rozdelenie Desigo do úrovní</i> .....	96
<i>Obr. 36. Blokové schéma regulácie DC</i> .....	97
<i>Obr. 37. Modul regulácie DC-XS</i> .....	98
<i>Obr. 38. Ovládač DC-p1</i> .....	99
<i>Obr. 39. Schéma riadenia a monitorovania</i> .....	100
<i>Obr. 40. Schéma riadenia TÚV</i> .....	103
<i>Obr. 41. Uvítacia stránka vizuálneho systému</i> .....	105
<i>Obr. 42. Ukážka riadenia VZT</i> .....	106
<i>Obr. 43. Ukážka vykurovania</i> .....	106
<i>Obr. 44. Vizualizácia TÚV</i> .....	107
<i>Obr. 45. Ukážka vizualizácie EPS</i> .....	108
<i>Obr. 46. Ukážka vizualizácie EZS</i> .....	108
<i>Obr. 47. Náklady na vykurovanie ohrev TÚV</i> .....	110

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Index PMV</i> .....	17
<i>Tab. 2. Tepelná strata predizolovaného potrubia</i> .....	33
<i>Tab. 3. Rozdelenie budov do kategórií podľa potreby tepla na vykurovanie</i> .....	47
<i>Tab.4. Ukážka z normy pre výpočet vnútorných teplôt <math>\Theta_i</math> a relatívnej vlhkosti vnútorného vzduchu <math>\varphi_{ai}</math> ČSN 06 0210</i> .....	53
<i>Tab. 5. Tabuľka okrajových podmienok</i> .....	54
<i>Tab. 6. Základná charakteristika podlaží</i> .....	56
<i>Tab. 7. Súčasnú požiadavky na tepelno-izolačné parametre konštrukcií stanovené v ČSN 730540</i> .....	56
<i>Tab. 8. Skladba obalových konštrukcií</i> .....	57
<i>Tab. 9. Tepelné zisky v priebehu roka pre prístupovú halu [W]</i> .....	64
<i>Tab. 10. Rozpis tlakových strát jednotlivých úsekov</i> .....	86
<i>Tab. 11. Obstarávacie náklady na vykurovaciu sústavu</i> .....	110
<i>Tab. 12. Obstarávacie náklady na riadiaci systém</i> .....	111
<i>Tab. 13. Hodnotenie VZT jednotky s rekuperátorom pre vstupnú halu</i> .....	113
<i>Tab. 14. Ekonomické zhodnotenie</i> .....	113

## ZOZNAM PRÍLOH

Príloha P I: Zoznam použitých telies v severnej časti budovy

Príloha P II: Výpočet miestnych tlakových strát podľa úsekov

**PRÍLOHA P I: ZOZNAM POUŽITÝCH TELIES V SEVERNEJ ČASTI  
BUDOVY**

Č.	Názov vykurovacieho telesa značky Korado	Počet	Jednotka	Jednotková cena	Celková cena
1	RADIK 10 VK 500/700 (Bílá RAL 9010)	1	ks	1 836,00 Kč	1 836,00 Kč
2	RADIK 10 VK 500/1100 (Bílá RAL 9010)	1	ks	2 126,00 Kč	2 126,00 Kč
3	RADIK 10 VK 500/1600 (Bílá RAL 9010)	1	ks	2 492,00 Kč	2 492,00 Kč
4	RADIK 10 VK 500/2000 (Bílá RAL 9010)	1	ks	2 784,00 Kč	2 784,00 Kč
5	RADIK 10 VK 500/2300 (Bílá RAL 9010)	1	ks	3 242,00 Kč	3 242,00 Kč
6	RADIK 10 VK 500/2600 (Bílá RAL 9010)	1	ks	3 479,00 Kč	3 479,00 Kč
7	RADIK 10 VK 500/3000 (Bílá RAL 9010)	4	ks	3 793,00 Kč	15 172,00 Kč
8	RADIK 11 VK 500/2000 (Bílá RAL 9010)	2	ks	3 522,00 Kč	7 044,00 Kč
9	RADIK 11 VK 500/2300 (Bílá RAL 9010)	1	ks	3 851,00 Kč	3 851,00 Kč
10	RADIK 11 VK 500/3000 (Bílá RAL 9010)	2	ks	4 617,00 Kč	9 234,00 Kč
11	RADIK 20 VK 500/700 (Bílá RAL 9010)	1	ks	2 319,00 Kč	2 319,00 Kč
12	RADIK 20 VK 500/800 (Bílá RAL 9010)	1	ks	2 442,00 Kč	2 442,00 Kč
13	RADIK 20 VK 500/900 (Bílá RAL 9010)	1	ks	2 562,00 Kč	2 562,00 Kč
14	RADIK 20 VK 500/1000 (Bílá RAL 9010)	2	ks	2 685,00 Kč	5 370,00 Kč
15	RADIK 20 VK 500/1100 (Bílá RAL 9010)	1	ks	2 806,00 Kč	2 806,00 Kč
16	RADIK 20 VK 500/1400 (Bílá RAL 9010)	1	ks	3 170,00 Kč	3 170,00 Kč
17	RADIK 20 VK 500/1600 (Bílá RAL 9010)	1	ks	3 414,00 Kč	3 414,00 Kč
18	RADIK 20 VK 500/2300 (Bílá RAL 9010)	1	ks	4 264,00 Kč	4 264,00 Kč
19	RADIK 20 VK 500/2600 (Bílá RAL 9010)	5	ks	4 629,00 Kč	23 145,00 Kč
20	RADIK 20 VK 500/3000 (Bílá RAL 9010)	8	ks	5 116,00 Kč	40 928,00 Kč
21	RADIK 21 VK 500/1000 (Bílá RAL 9010)	1	ks	3 027,00 Kč	3 027,00 Kč
22	RADIK 21 VK 500/1100 (Bílá RAL 9010)	1	ks	3 161,00 Kč	3 161,00 Kč
23	RADIK 21 VK 500/1200 (Bílá RAL 9010)	1	ks	3 292,00 Kč	3 292,00 Kč
24	RADIK 21 VK 500/1800 (Bílá RAL 9010)	1	ks	4 096,00 Kč	4 096,00 Kč
25	RADIK 21 VK 500/2300 (Bílá RAL 9010)	1	ks	5 145,00 Kč	5 145,00 Kč
26	RADIK 21 VK 500/2600 (Bílá RAL 9010)	11	ks	5 578,00 Kč	61 358,00 Kč
27	RADIK 21 VK 500/3000 (Bílá RAL 9010)	3	ks	6 155,00 Kč	18 465,00 Kč
28	RADIK 22 VK 500/1100 (Bílá RAL 9010)	2	ks	3 766,00 Kč	7 532,00 Kč
29	RADIK 22 VK 500/1600 (Bílá RAL 9010)	1	ks	4 650,00 Kč	4 650,00 Kč
30	RADIK 22 VK 500/1800 (Bílá RAL 9010)	3	ks	5 005,00 Kč	15 015,00 Kč
31	RADIK 22 VK 500/2000 (Bílá RAL 9010)	2	ks	5 358,00 Kč	10 716,00 Kč
32	RADIK 22 VK 500/2300 (Bílá RAL 9010)	6	ks	5 887,00 Kč	35 322,00 Kč
33	RADIK 22 VK 500/2600 (Bílá RAL 9010)	3	ks	6 417,00 Kč	19 251,00 Kč
34	RADIK 22 VK 500/3000 (Bílá RAL 9010)	2	ks	7 125,00 Kč	14 250,00 Kč
35	RADIK 33 VK 500/2300 (Bílá RAL 9010)	1	ks	8 506,00 Kč	8 506,00 Kč

**Cena použitých výrobkov 355 466,00 Kč**

**Celková cena 355 466,00 Kč**

## PRÍLOHA P II: VÝPOČET MIESTNYCH TLAKOVÝCH STRÁT PODĽA ÚSEKOV

### Úsek:

1. Úsek – kotol  $\xi=2,5$   
3x oblúk 90  $\xi=0,6 \times 3=1,8$   
Křížový kus, odbočka delenie  $\xi=2,7$   
koleno  $\xi=2,5$
2. Úsek – T kus, prechod- delenie  $\xi=0$
3. Úsek – T kus, prechod- delenie  $\xi=0$
4. Úsek – T kus, prechod- delenie  $\xi=0$
5. Úsek – T kus, prechod- delenie  $\xi=0$
6. Úsek – T kus, prechod- delenie  $\xi=0$   
Zúženie plynulé  $\xi=0,1$
7. Úsek – oblúk  $\xi=0,6$   
T kus, protiprud- delenie  $\xi=1,8$   
Zúženie plynulé  $\xi=0,1$
8. Úsek -T kus, priechod -delenie  $\xi=2,5$
9. Úsek -T kus, priechod -delenie  $\xi=2,5$
10. Úsek -T kus, priechod -delenie  $\xi=2,5$
11. Úsek -T kus, priechod -delenie  $\xi=2,5$   
Zúženie plynulé,  $\xi=0,1$
12. Úsek -T kus, priechod -delenie  $\xi=2,5$
13. Úsek -T kus, priechod -delenie  $\xi=2,5$
14. Úsek -T kus, priechod -delenie  $\xi=2,5$
15. Úsek -T kus, priechod -delenie  $\xi=2,5$
16. Úsek -koleno  $\xi=2,5$   
Zúženie plynulé,  $\xi=0,1$
17. Úsek – ventil priamy  $\xi=6$   
vykurovacie teleso  $\xi=2,5$
18. Úsek koleno,  $\xi=2,5$
19. Úsek – T kus, priechod spojenie  $\xi=0,3$
20. Úsek – T kus, priechod spojenie  $\xi=0,3$

Rozšírenie plynulé o jeden rozmer  $\xi=0,5$

- 21. Úsek – T kus, prechod spojenie  $\xi=0,3$
- 22. Úsek – T kus, prechod spojenie  $\xi=0,3$
- 23. Úsek – T kus, prechod spojenie  $\xi=0,3$
- 24. Úsek – T kus, prechod spojenie  $\xi=0,3$
- 25. Úsek – T kus, prechod spojenie  $\xi=0,3$

Rozšírenie plynulé o jeden rozmer  $\xi=0,5$

- 26. Úsek – T kus, prechod spojenie  $\xi=0,3$
- 27. Úsek – T kus, prechod spojenie  $\xi=0,3$
- 28. Úsek – T kus, súprúd spojenie  $\xi=5$
- 29. Úsek – T kus, prechod- spojenie  $\xi=0,3$

Oblúk  $\xi=0,6$

Rozšírenie plynulé o jeden rozmer  $\xi=0,5$

- 30. Úsek – T kus, prechod- spojenie  $\xi=0,3$

Rozšírenie plynulé o jeden rozmer  $\xi=0,5$

- 31. Úsek – T kus, prechod- spojenie,  $\xi=0,3$
- 32. Úsek – T kus, prechod- spojenie,  $\xi=0,3$
- 33. Úsek – T kus, prechod- spojenie,  $\xi=0,3$
- 34. Úsek – kotol  $\xi=2,5$

3x oblúk 90  $\xi=0,6 \times 3=1,8$

Křížový kus, odbočka spojenie  $\xi=2,7$