

# **System tvorby mikroklimatu a řídící systém v bankovním objektu s bytovou částí**

The system of creation microclimate and control system in a bank  
building with a residential part

Bc. Petr Mareš

---

Diplomová práce  
2011

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

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

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr MAREŠ**  
Osobní číslo: **A09696**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**

Téma práce: **Systém tvorby mikroklimatu a řídicí systém v bankovním objektu s bytovou část**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte studii energeticky úsporných budov zahrnující možné způsoby tvorby mikroklimatu včetně řídicích a komunikačních systémů v budovách podobného typu.
2. Provedte aplikaci poznatků na konkrétní budovu.
3. Řešte systém vytápění pomocí teplovodního systému konvekčního typu v kombinaci s velkoplošným vytápěním s využitím možnosti chlazení v letním období, pro objekt s bankovní a bytovou částí, řízený sběrníkovým systémem.
4. Integrujte systémy EPS, EZS.
5. Navrhněte SCADA systém a komunikační brány s protokolem TCP/IP.
6. Vypracujte 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 **ASHRAE HANDBOOK** . Díl 1 ? 4 . American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1791 Tuttle Circle, N.E., Atlanta, GA 30 329. ISBN 1-931862-73-7. ISSN 1549-2370.
2. SMOLÍK, J. a kol.: **Technika prostředí** . SNTL Praha 1970
3. CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: **Větrání a klimatizace**. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8
4. VALENTA, V. a kol.: **TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3**. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2
5. RECKNAGEL ? SPRENGER ? SCHRAMEK ? **Taschenbuch fur Heizung und Klimatechnik**. Ouldenbourg Verlag GmbH, Munchen, 2003. ISBN 3-8356?3104-7
6. JELÍNEK, V., HOUŠKOVÁ, M., PAVLÍČEK, I., PETROVÁ, M.: **Technická zařízení budov. Podklady pro projekty**. Vydavatelství ČVUT Praha, 1993. ISBN 80-01-00586-0
7. LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: **Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky**. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9 Platné ČSN řada 06, 07, 34, 35, 36, 37, 38, 73, 74, 83, 91.

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*



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

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se věnuje systémům tvorby mikroklimatu v bankovním objektu s bytovou částí. Nezbytnou součástí návrhu systémů je řešení způsobu jejich řízení, monitorování a komunikace. Vzhledem k typu budovy je pro objekt banky realizován návrh systémů zabezpečení EZS, EPS a CCTV. V práci je také vypracováno technicko-ekonomické řešení vybrané části objektu.

Klíčová slova: vytápění, větrání, řízení, bankovní objekt, SCADA, EZS, EPS, CCTV, VZT.

## **ABSTRACT**

This thesis is dedicated to creating systems of microclimate in bank building with residential part. An essential part of system design is solution ways of their managing, monitoring and communication. Given the type of building is implemented security, fire and CCTV system design. There is also made technical-economic solution of the selected part of object in thesis.

Keywords: heating, ventilation, control, bank object, SCADA, ESS, EFAS, CCTV, air condition unit

Především bych chtěl poděkovat Ing. Martinu Zálešákovi CSc., který mi po dobu psaní diplomové práce předával důležité rady, díky nimž jsem mohl do dané problematiky proniknout a úspěšně dokončit svou práci. Velký dík také patří mé rodině za jejich podporu a zaměstnancům firmy Johnson Controls spol. s r.o. za poskytnutí materiálů, které mi pomohly při psaní diplomové práce.

*Logika tě dostane z bodu A do bodu B. Představivost tě dostane všude.*

Albert Einstein

**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>12</b>
<b>1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY A JEJICH HODNOCENÍ .....</b>	<b>13</b>
1.1 MOŽNOSTI VYUŽITÍ SLUNEČNÍ ENERGIE.....	13
1.2 CERTIFIKACE BUDOV Z HLEDISKA ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI.....	14
1.2.1 Průkaz energetické náročnosti budovy .....	14
1.2.2 Energetický štítek obálky budovy .....	15
1.3 VNITŘNÍ MIKROKLIMATICKÉ PROSTŘEDÍ BUDOV .....	17
1.3.1 Tepelná pohoda a její klasifikace .....	21
1.3.2 Hygienická pohoda .....	23
1.4 VNĚJŠÍ KLIMATICKÉ PODMÍNKY .....	25
1.4.1 Venkovní výpočtová teplota .....	25
1.4.2 Rychlost a směr větru .....	25
1.4.3 Sluneční záření .....	26
<b>2 ZDROJE TEPLA .....</b>	<b>27</b>
2.1 PŘEDÁVACÍ STANICE TEPLA .....	29
2.2 SOUČÁSTI PŘEDÁVACÍCH STANIC TEPLA .....	30
2.3 ZÁLOHOVÁNÍ ZDROJŮ TEPLA .....	31
<b>3 VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE .....</b>	<b>33</b>
3.1 VĚTRACÍ ZAŘÍZENÍ .....	33
3.2 ROZDĚLENÍ VĚTRACÍCH SYSTÉMŮ:.....	34
3.2.1 Celkové nucené větrání:.....	34
3.2.2 Místní přívod vzduchu .....	36
3.2.2.1 Vzduchové clony .....	36
3.2.2.2 Vzduchové sprchy .....	37
3.2.2.3 Vzduchové oázy .....	37
3.2.3 Místní odsávání vzduchu .....	37
3.2.4 Přirozené větrání.....	37
3.2.5 Přirozené odsávání.....	38
3.3 KLIMATIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ .....	38
3.3.1 Vzduchové systémy .....	40
3.3.1.1 Vzduchový jednokanálový systém.....	40
3.3.1.2 Vzduchový dvoukanálový systém.....	41
3.3.1.3 Vzduchový jednokanálový vícezónový systém – proměnný průtok... 41	
3.3.2 Vodní systémy .....	42
3.3.2.1 Fan-coil .....	42
3.3.2.2 Chladicí stropy .....	43
<b>4 INTEGRACE ŘÍDÍCÍCH SYSTÉMŮ A STRUKTURA SLUŽEB .....</b>	<b>45</b>
<b>5 KOMUNIKAČNÍ SBĚRNICE A PROTOKOLY V INTELIGENTNÍCH BUDOVÁCH .....</b>	<b>46</b>
5.1 KNX SBĚRNICE .....	46
5.1.1 KNX protokol.....	47
5.1.2 Datová komunikace .....	49

5.1.3	Řídící komunikace.....	51
5.2	LON SBĚRNICE .....	51
5.2.1	Návrh sítě.....	52
5.2.2	Komunikační protokoly.....	53
5.2.3	Řízení sítě.....	53
5.2.4	LonTalk protokol.....	53
5.2.5	Adresování v LonTalk protokolu .....	54
5.2.6	Síťové proměnné v LonTalk .....	55
5.2.7	Typy zpráv v LonTalk .....	56
5.2.8	Typy kanálů v LonTalk.....	56
<b>6</b>	<b>SCADA .....</b>	<b>58</b>
<b>7</b>	<b>TECHNICKO - EKONOMICKÉ PARAMETRY.....</b>	<b>60</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>65</b>
<b>8</b>	<b>POPIS OBJEKTU .....</b>	<b>66</b>
8.1	PODMÍNKY NÁVRHU .....	66
8.2	ANALÝZA KONSTRUKCÍ POUŽITÝCH NA BUDOVĚ .....	67
8.2.1	Analýza konstrukcí na součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2.....	67
8.2.2	Analýza kondenzace vodních par v konstrukcích dle ČSN 73 0540-2.....	70
<b>9</b>	<b>VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT DLE ČSN EN 12831 .....</b>	<b>72</b>
9.1	UKÁZKA VÝPOČTU TEPELNÝCH ZTRÁT MÍSTNOSTI J4-GF_08 .....	74
9.1.1	Výpočet celkové tepelné ztráty prostupem do vnějšího prostředí.....	75
9.1.2	Zátopový tepelný výkon .....	76
9.1.3	Výpočet ztrát větráním.....	76
9.1.4	Celkové tepelné ztráty objektu.....	79
<b>10</b>	<b>NÁVRH TEPELNÉHO ZDROJE .....</b>	<b>80</b>
10.1	VÝMĚNÍKOVÁ STANICE.....	80
10.1.1	Dimenzování výměníku pára-voda.....	80
10.1.2	Dimenzování oběhových čerpadel a návrh třicestných ventilů.....	82
10.1.3	Návrh TUV.....	90
10.2	NÁVRH BEZPEČNOSTNÍCH PRVKŮ .....	96
10.2.1	Návrh expanzního zařízení.....	96
10.2.2	Výpočet pojistného ventilu .....	99
<b>11</b>	<b>ŘEŠENÍ MIKROKLIMATU BANKOVNÍ HALY .....</b>	<b>101</b>
11.1	NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES .....	101
11.2	NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ.....	102
11.3	NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY .....	105
11.3.1	Výpočet tepelných zisků od lidí .....	105
11.3.2	Výpočet tepelných zisků od osvětlení .....	106
11.3.3	Výpočet tepelných zisků oken radiací a konvekci .....	106
11.4	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY.....	110
11.5	NÁVRH DISTRIBUČNÍCH PRVKŮ VÝMĚNY VZDUCHU .....	114
<b>12</b>	<b>ŘÍZENÍ SYSTÉMŮ TVORBY MIKROKLIMATU V BUDOVĚ .....</b>	<b>117</b>
12.1	NÁVRH ŘÍDÍCIHO SYSTÉMU VÝMĚNÍKOVÉ STANICE.....	117
12.1.1	Primární okruh.....	118

12.1.2	Okruh topné vody .....	118
12.1.3	Měření a regulace .....	118
12.1.4	Stavy výměňkové stanice.....	120
12.1.5	Konfigurace regulátorů .....	121
12.2	NÁVRH ŘÍDÍCÍHO SYSTÉMU VZDUCHOTECHNIKY .....	124
12.2.1	Cíle návrhu .....	124
12.2.2	Popis řízení klimatizace pro bankovní halu .....	124
<b>13</b>	<b>VOLBA ŘÍDÍCÍCH SYSTÉMŮ .....</b>	<b>128</b>
13.1	ÚSTŘEDNÍ VYTÁPĚNÍ MÍSTNOSTÍ .....	128
13.2	INTEGRACE REGULÁTORŮ FX07 DO SYSTÉMU ŘÍZENÍ .....	131
13.3	KOMUNIKAČNÍ BRÁNA S PROTOKOLEM TCP/IP .....	132
13.4	DISPEČERSKÉ PRACOVÍŠTĚ – LOKÁLNÍ A VZDÁLENÁ SPRÁVA .....	134
<b>14</b>	<b>VIZUALIZACE SYSTÉMU BUDOVY .....</b>	<b>135</b>
<b>15</b>	<b>TOPOLOGIE SYSTÉMU.....</b>	<b>137</b>
<b>16</b>	<b>NÁVRH EZS .....</b>	<b>138</b>
16.1	KOMPONENTY EZS .....	138
16.2	KAMEROVÝ CCTV SYSTÉM.....	145
<b>17</b>	<b>NÁVRH EPS.....</b>	<b>151</b>
17.1	KOMPONENTY EPS .....	151
<b>18</b>	<b>TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....</b>	<b>154</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>155</b>
	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>156</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>157</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>160</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>162</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>165</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>167</b>

## ÚVOD

Inteligentní budovy aplikují technologie ke zlepšení prostředí budov a jejich funkčnosti s důrazem na řízení nákladů. Zvyšují uživatelskou bezpečnost, komfort a dostupnost. Intelligence je obecně schopnost lidí vyvíjet postupy, které ulehčují život. Tato definice platí i pro tzv. „inteligentní budovy“. Inteligentní budovy jsou budovány pro pobyt lidí a lidé jsou důvodem pro existenci tohoto typu budov ve snaze vytvořit co možná největší symbiózu mezi budovou a člověkem.

Názorů na to jak definovat inteligentní budovu je více. Jako vhodnou definici bych vybral tuto:

*Inteligentní budova zajišťuje produktivní a cenově výhodné prostředí pomocí optimalizací čtyř základních elementů – struktury, systémů, služeb a managementu a spojení mezi nimi. Inteligentní budovy pomáhají jejich vlastníkům, správcům a obyvatelům realizovat jejich cíle v oblastech ceny, řízení energií, komfortu, bezpečnosti a dlouho trvající přizpůsobitelnosti novým trendům v oblasti*

*Caffrey (1985)*

*(Intelligent Buildings Institute, Washington DC)*

Základním bodem pro stanovení modelu inteligentní budovy jsou lidé, protože oni určují sílu intelligence budovy. Lidé nejsou pouhými pasivními uživateli svého prostředí, ale adaptují se psychologicky a svým chováním. Lidé reagují samostatně a jejich odezva může být přechodná nebo být uložena v dlouhodobé paměti. Budova a její prostředí, sociální prostředí, práce a řídicí procesy spouští odezvy systému. Inteligentní budovy musí být schopny odpovídat na smyslové požadavky a měli by je zohledňovat na vyšší úrovni jako zdroje stimulace prostředí.

Budovy, jejich systémové služby a management pracovních procesů musí vždy přispívat k zdravému prostředí mezi lidmi uvnitř organizace. Produktivita silně závisí na pocitu spokojenosti s pracovním prostředím. Inteligentní budovy mají rozhodující roli v pomoci pro dosažení kvalitního prostředí, které podporuje produktivitu, kreativitu a myšlení lidí.

Vývoj v oblasti inteligentních budov bude pokračovat i nadále se stále se zvyšující se rychlostí. Inteligentní budovy budou energeticky efektivnější, šetrnější k životnímu prostředí, zdraví lidí atd.

Pokrok v oblasti mikroelektroniky, umělé inteligenci, informačních technologiích, bio a nanotechnologiích poskytne nové prvky, které najdou široké uplatnění při využití v oblasti inteligentních budov [11].

- Integrované senzory a automatické kontrolery - poskytnou budovám objekty s vlastní inteligencí. Toto je již možné pomocí prvků LonWorks sítě apod.
- Biotechnologie – v budoucnu budou hlavní hybnou silou při vývoji nových materiálů
- Nanotechnologie – pomocí nanotechnologií budou vyvinuty nové materiály, procesy které budou mít zásadní dopad na zlepšení zdraví, eliminaci znečištění a zajistí vysokou využitelnost zdrojů.
- Čipové implantáty –lepší přímou komunikaci lidí se systémy inteligentních budov.
- Informační a komunikační technologie (ICT) – poskytnou větší virtuální interakci a modelování

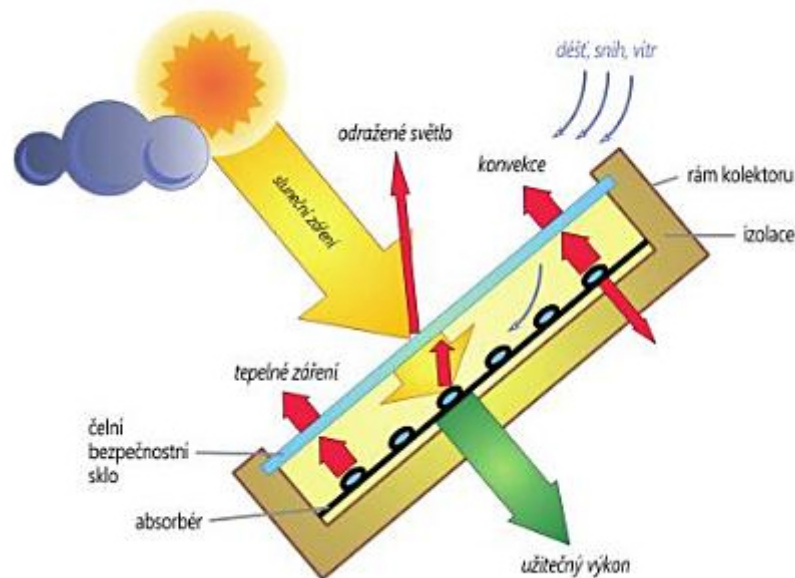
## TEORETICKÁ ČÁST

## 1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY A JEJICH HODNOCENÍ

Jedním z hlavních důvodů proč se snažíme o budování inteligentních budov je jejich nižší energetická náročnost. Úspory energie v inteligentních budovách lze nalézt na více místech. Jedná se například o systém vytápění, přípravu teplé vody, osvětlení. Použitím vhodných technologií a kvalitního řízení lze dosáhnout významných zlepšení energetické náročnosti budovy. To jak je budova hospodárná závisí nejen na systémech v ní použitých, ale také na vnějších parametrech prostředí jako jsou umístění budovy, sluneční záření, rychlost větru. Významných úspor lze také dosáhnout použitím obnovitelných a alternativních zdrojů energie. Pro budovy administrativního typu se především jedná o využití sluneční energie [12].

### 1.1 Možnosti využití sluneční energie

K získání tepla ze slunečního záření využíváme slunečních kolektorů. Jejich základem je absorbér, který absorbuje sluneční záření a přeměňuje je na teplo. Lze toho využít k ohřevu teplé vody, vytápění nebo technologickým procesům, které potřebují vysokou teplotu. Základní procesy, které probíhají na solárním kolektoru můžeme vidět na obrázku (Obr. 1).



Obr. 1. základní procesy u plochého solárního kolektoru [12]

Solární kolektory lze dělit na

- solární absorbéry
- ploché deskové kolektory
- vakuové trubkové kolektory
- koncentrační kolektory

Pro potřeby administrativních budov lze nejlépe použít ploché deskové nebo trubkové kolektory. Tyto kolektory přeměňují dopadající sluneční energii na teplo a zvyšují tak teplotu absorpční vrstvy kolektoru. Teplota kolektoru je regulována prouděním teplotonosné látky. Pomocí kolektoru je tepelná energie pomocí teplotonosné látky přenášena do zásobníku. V současné době se provozují kolektory vakuové, které téměř vylučují tepelné ztráty do okolí.

Vzhledem k charakteru budovy respektive střechy banky, která je předmětem této práce bohužel není vhodné realizovat instalaci solárních kolektorů [12].

## **1.2 Certifikace budov z hlediska energetické náročnosti**

Budovy se klasifikují podle energetické náročnosti do několika kategorií. Se vstupem ČR do EU došlo k úpravám v posuzování budov z hlediska jejich energetické náročnosti.

### **1.2.1 Průkaz energetické náročnosti budovy**

Dle nové evropské legislativy platné od 1.1.2009 musí mít každý dům vystaven tzv. Průkaz energetické náročnosti budovy. V naší legislativě je upraven zákonem 406/2000 Sb. a prováděcí vyhláškou 148/2007 Sb [22].

Průkaz mohou vypracovat energetičtí experti certifikovaní ministerstvem průmyslu a obchodu. Hlavním parametrem průkazu je spotřeba energie na m<sup>2</sup> podlahové plochy. Spotřeba se počítá z tepla potřebného na vytápění, ohřev vody, osvětlení, chlazení budovy a elektřiny na provoz oběhových čerpadel, ventilátorů.

<b>PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY</b>				
Typ budovy, místní označení Adresa budovy Celková podlahová plocha:			Hodnocení budovy	
			stávající stav	po realizaci doporučení
				B
			C	
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m <sup>2</sup> rok			XY	XY
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			XY	XY
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
%	%	%	%	%
Doba platnosti průkazu				
Průkaz vypracoval		Jméno a příjmení Osvědčení č.		

Obr. 2. Průkaz energetické náročnosti budovy vyhl. 148/2007 Sb.

### 1.2.2 Energetický štítek obálky budovy

Existuje souběžně s průkazem energetické náročnosti budovy. Objekt se řadí do třídy A až G podle průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$ . Obvyklá kategorie pro nízkoenergetické domy je „B“.

Průměrný součinitel prostupu tepla lze vypočítat podle (1):

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} [W/m^2K] \quad (1)$$

$H_T$  měrná ztráta prostupem tepla stanovená dle ČSN 73 0540-2

$A$  plocha obálky budovy [m<sup>2</sup>]

Požadované hodnoty  $U_{em}$  se stanoví v závislosti na tzv. faktoru tvaru budovy  $A/V$  [ $m^2/m^3$ ] dle tabulky uvedené v normě ČSN 73 0540-2:2007 [28]

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY							
Typ budovy, místní označení				Hodnocení obálky budovy			
Adresa budovy							
Celková podlahová plocha $A_c =$ m <sup>2</sup>				stávající		doporučení	
<p><b>CI</b> Velmi úsporná</p> <p>0,3 <b>A</b></p> <p>0,6 <b>B</b></p> <p>1,0 <b>C</b></p> <p>1,5 <b>D</b></p> <p>2,0 <b>E</b></p> <p>2,5 <b>F</b></p> <p><b>G</b></p> <p>Mimořádně ne hospodárná</p>							
				<b>Cl<sub>x</sub></b>		<b>Cl<sub>y</sub></b>	
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{em}$ ve $W/(m^2 \cdot K)$				$U_{em} = H_T / A$		X Y	
Klasifikační ukazatele $CI$ a jim odpovídající hodnoty $U_{em}$ pro $A/V =$ m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>							
$CI$	0,30	0,60	(0,75)	1,00	1,50	2,00	2,50
$U_{em}$							
Platnost štítku do				Datum			
Štítek vypracoval				Jméno a příjmení			
				Klasifikace			

Obr. 3. Energetický štítek obálky budovy

### 1.3 Vnitřní mikroklimatické prostředí budov

Zajištění kvalitního mikroklimatického vnitřního prostředí budov je zásadní věcí, kterou je nutné se zabývat při realizaci nové stavby nebo rekonstrukci staršího objektu.

Mezi hodnotící parametry vnitřního prostředí ovlivňující tepelnou pohodu patří:

Tab. 1. Faktory ovlivňující tepelnou pohodu

Vnitřní prostředí	Osobní faktory	Doplňující faktory
Teplota vzduchu	Hodnota metabolismu	Jídlo a pití
Operativní teplota	Oblečení	Aklimatizace
Radiační teplota		Aklimace
Efektivní teplota		Tělesná postava
Relativní vlhkost vzduchu		Podkožní tuk
Rychlost proudění vzduchu		Věk a pohlaví
PMV, PPD index		

Způsob měření jednotlivých veličin je uveden v ČSN ISO 7726 [30] případně ve věstníku MZ ČR, Částka 11/2004 jako Metodické opatření č.12.

#### Parametry vnitřního prostředí

*Teplota vzduchu*  $\Theta$  - je teplota vzduchu v interiéru bez vlivu sálání z okolních povrchů

*Operativní teplota*  $\Theta_o$  - je definována jako jednotná teplota černého uzavřeného prostoru, ve kterém by tělo sdílelo konvekci i sáláním stejné množství tepla jako ve skutečném teplotně nesourodém prostředí.

$$\Theta_o = \Theta_r + A(\Theta_i - \Theta_r) \quad (2)$$

$\Theta_r$  střední radiační teplota [°C]

$\Theta_i$  vnitřní teplota [°C]

A součinitel odvozený podle rychlosti proudění vzduchu  $v_a$  dle (Tab. 2)

$$\theta_a = \frac{\sum(A_i \cdot \theta_{Ai})}{\sum(A_i)} \quad (3)$$

$\theta_a$  účinná teplota okolních ploch [°C]

$A_i$  i-tá plocha konstrukce místnosti [°C]

$\theta_{Ai}$  povrchová teplota plochy

Tab. 2. Závislost součinitele A na rychlosti proudění vzduchu  $v_a$

$v_a$ [m/s]	0,2	0,3	0,4	0,8	1,0
A[-]	0,50	0,60	0,65	0,7	1,0

Pro netabulkové hodnoty rychlosti  $v_a$  je nutné použít následující vzorec pro výpočet střední radiační teploty  $\theta_r$ .

$$\theta_r = [(\theta_g + 273)^4 + 2,9 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6} \cdot (\theta_g - \theta_a)]^{1/4} - 273 \quad (4)$$

$\theta_g$  výsledná teplota kulového teploměru

$\theta_a$  teplota vzduchu

$v_a$  rychlost proudění m/s

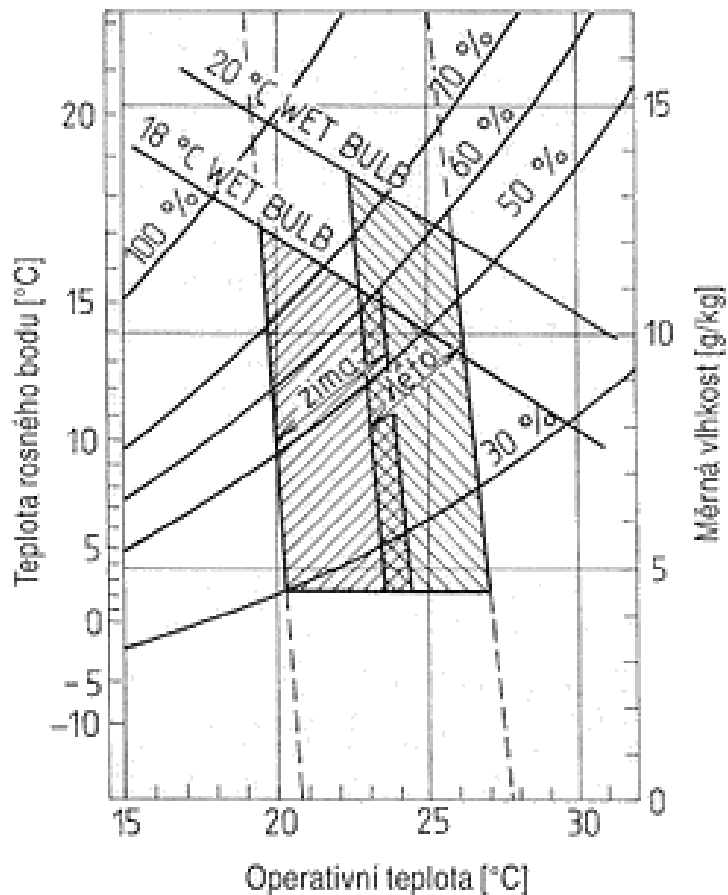
Případně lze teplotou kulového teploměru lze nahradit operativní teplotu pro rychlosti proudění vzduchu menší jak 0,2 m/s.

*Radiační teplota  $\theta_r$*  - je myšlená rovnoměrná společná teplota všech ploch v prostoru, při níž by byl přenos tepla z těla sáláním stejný jako ve skutečnosti.

*Efektivní teplota  $\theta_{ef}$*  - je teplota prostoru při relativní vlhkosti 50%, která způsobí stejné celkové tepelné ztráty z pokožky jako ve skutečném prostředí.

*Relativní vlhkost vzduchu  $\varphi$*  - udává nasycení vzduchu vodní parou. Významně ovlivňuje vnitřní mikroklima. Doporučené hodnoty relativní vlhkosti jsou uvedeny spolu s ostatními parametry v tabulce (Tab.5) v poměrně širokém rozmezí. Optimální hodnota bývá uváděna jako  $\varphi_i=50\%$ . Nízká relativní vlhkost zvyšuje prašnost v prostředí a vytváření

elektrostatického náboje. S vysokou mírou relativní vlhkosti naopak souvisí vznik plísní, výskyt mikroorganismů apod.



Obr. 4. Meze operativní teploty a vlhkosti vnitřního vzduchu zima a léto (wet bulb – teplota mokrého teploměru) dle ANSI/ASHRAE 55-92 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy [31]

Vysoká relativní vlhkost vzduchu spolu s vysokou teplotou vedou k mokrému odpařování (pocení). Se zvýšením teploty by se měla snižovat relativní vlhkost vzduchu [23].

*Rychlost proudění vzduchu*  $v_a$  - ovlivňuje přenos tepla prouděním a odpařování vlhkosti z pokožky. Může však i způsobit pocit průvanu, který nastává při rychlostech nad  $0,2\text{ms}^{-1}$ . S rychlostí proudění vzduchu souvisí také obtěžování průvanem. Vyjadřuje se procentem lidí u kterých se předpokládá pocit obtěžování průvanem  $DR$ .

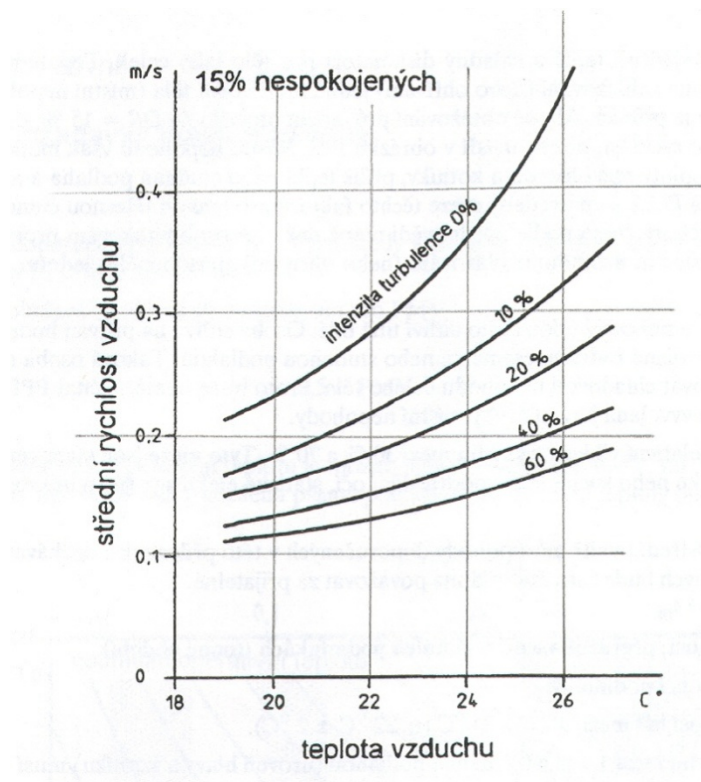
$$DR = (34 - \Theta_{ai}) \cdot (v_{ai} - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot v_{ai} \cdot T_u + 3,14) \quad (5)$$

$\Theta_{ai}$  teplota vzduchu [°C]

$v_{ai}$  rychlost proudění vzduchu [m/s]

$T_u$  místní intenzita turbulence vyjádřená v procentech. Podíl směrodatné odchylky místní rychlosti vzduchu a místní průměrné rychlosti vzduchu

Pro splnění podmínek tepelné pohody musí být DR menší jak 15% nespokojených.



Obr. 5. Závislost střední rychlosti proudění vzduchu na teplotě vzduchu a intenzitě turbulence při DR < 15% nespokojených

*Hodnota metabolismu* může být ovlivněna jídlem, pitím i úrovní aklimace člověka. Krátkodobé fyziologické přizpůsobení zmíněným podmínkám je dosahováno za 20 až 30 minut. Je však i dlouhodobé přizpůsobení venkovním podmínkám, kdy aklimatizace může trvat až 6 měsíců.

*Oblečení* je jeden z hlavních faktorů ovlivňujících odvod tepla z lidského těla do okolí. Pro účely studia tepelné pohody byla zavedena jednotka *clo*. 1 clo odpovídá izolační hmotě

s tepelným odporem  $R=0,155\text{m}^2\text{KW}^{-1}$ . Izolační hodnota 1 clo odpovídá běžnému pánskému oděvu s bavlněným spodním prádlem.

### 1.3.1 Tepelná pohoda a její klasifikace

*Tepelná pohoda* – je vyjádřením schopnosti vnímat pocity kvalitu vnitřního prostředí budovy. Tyto pocity lze klasifikovat pomocí indexu PMW [21].

*PMW (Predicted Mean Vote)* - vyjadřuje teplý a chladný diskomfort pro tělo jako celek. Tepelnou nepohodu může však vyvolat také nežádoucí ochlazování (nebo ohřívání) určité části těla (místní nepohoda). Častou příčinou místní nepohody je průvan. Pro zamezení obtěžování průvanem se doporučuje udržovat menší místní střední rychlost proudění vzduchu  $w_{stř}$ . Místní nepohodu mohou také vyvolat velké rozdíly vnitřní teploty v místě hlavy a kotníků, příliš teplá nebo studená podlaha a asymetrie radiační teploty.

$$PMW = (0,303 \cdot \exp^{-0,036 \cdot M} + 0,028) \cdot L \quad (6)$$

$M$  energetický výdej člověka [W]

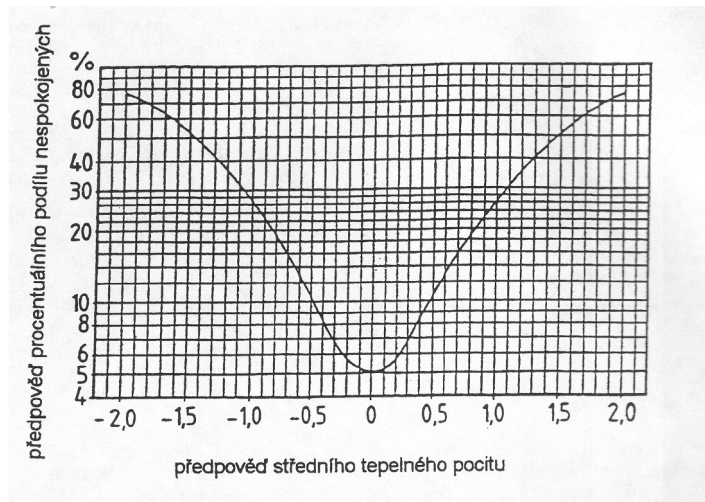
$L$  rozdíl energetického výdeje a tepla odvedeného bez mokrého pocení [W]

Tab. 3. Hodnocení tepelné pohody podle PMW

PMW	3	2	1	0	-1	-2	-3
Pocit	horko	teplo	mírné teplo	neutrálně	mírné chladno	chladno	zima

*PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)* - ukazatel procentuálního podílu nespokojených, který kvantifikuje předpověď poměrného počtu lidí, kteří budou s daným tepelným mikroklimatem nespokojeni. Maximální hodnota PPD se musí pohybovat do 10%. PPD závisí na indexu PMW podle

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp [-(0,033 \cdot PMW^4 + 0,2179 \cdot PMW^2)] \quad (7)$$



Obr. 6. Závislost procentuálního podílu nespokojených na indexu PMV

Tab. 4. tabulka vyjadřující vztah mezi indexy PMV, PPD a PMV.

PMV	PPD	Procento hodnotících osob pro hodnocení stupněm		
		0	-1 až +1	-2 až +2
+2	75	5	25	75
+1	25	27	75	95
0	5	55	95	100
-1	25	27	75	95
-2	75	5	25	70

Tab. 5. Optimální podmínky vnitřního mikroklimatu pro obytné prostory

Parametr vnitřního prostoru	Léto	Zima
Operativní teplota	20 - 24°C	23 - 26°C
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu	30 – 70%	
Rozdíl teploty mezi hlavou a kotníky	Max 3K	
Teplota podlahy	19- 26°C	-
Povrchová teplota podlahového vytápění	29°C	-
Střední rychlost proudění vzduchu	0,13 – 0,20 m/s	0,16 – 0,25 m/s

### 1.3.2 Hygienická pohoda

Mimo zajištění parametrů tepelné pohody je nutné zajistit také vyhovující hygienické podmínky vnitřního prostředí dle platné normy ČSN 730540 [28].

Mezi sledované hygienické parametry patří:

- Chemické škodliviny
- Výskyt radonu
- Koncentrace NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>
- Biologické faktory

Chemické škodliviny se mohou ve vnitřním prostoru vyskytovat díky vnitřním zdrojům, aktivitou obyvatel, uvolňováním ze stavebního materiálu nebo interiérového zařízení. Další možností je pronikání škodlivin z vnějšího prostředí.

Mezi významné vnitřní zdroje patří:

*Formaldehyd* – bezbarvý, štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Hlavním zdrojem výskytu formaldehydu v interiérech budov jsou stavební materiály, zařizovací předměty (nábytek, koberce), spalování uhlí, kouření. Projevy způsobené formaldehydem jsou dráždění sliznic horních cest dýchacích, kašel, pálení očí, bolesti hlavy, nevolnost a celková únava.

*VOC* – organické těkavé sloučeniny. V interiéru se vyskytují v čistících prostředcích, osvěžovačích vzduchu, nátěrech, barvách a dezinfekčních prostředcích. Způsobují poruchy neurologického charakteru, některé mají karcinogenní účinky.

*NO<sub>x</sub>* – především se jedná o oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>) a oxid dusný (NO). Hlavním zdrojem NO je automobilová doprava a spalování plynu případně pevných paliv při vaření. Místem působení jsou plíce, kam NO<sub>x</sub> vnikají přes dolní cesty dýchací. Oxid uhelnatý je nebezpečný v tom že se váže na hemoglobin a krev není schopna přenášet dostatek kyslíku.

CO<sub>2</sub> – oxid uhličitý je bezbarvý plyn bez chuti nebo zápachu těžší než vzduch. Je nedýchatelný a ve větších koncentracích způsobuje ztrátu vědomí díky acidose (nerovnováha uhličitánu v krvi). Při koncentraci nad 0,1% tj. 1000ppm se vzduch označuje jako špatný. Pokud koncentrace vzroste nad 0,25% tj. 2500ppm je škodlivý lidskému organismu.

SO<sub>2</sub> – Proniká do budov netěsnostmi v jejich pláštích z venkovního prostředí. Dráždí horní cesty dýchací. Větší výskyt koncentrací SO<sub>2</sub> je v oblastech těžkého průmyslu, případně v oblastech kde se spalují fosilní paliva např. tepelné elektrárny.

*Azbest* – zahrnuje několik typů vláknitých minerálních látek. Azbest se používá pro své protipožární a tepelně izolační vlastnosti. Při mechanickém poškození výrobků z azbestu dochází k uvolňování vláken, která se při vdechnutí usazují v plicích. Azbest je karcinogenní látka a jejich použití je kontrolováno a limitováno.

*Odéry* – plyny anorganické či organické vnímané jako pachy nebo vůně. Přímo sice zdraví neohrožují, nicméně snižují koncentraci a pohodu.

*Radon* – bezbarvý plyn bez chuti a zápachu. Do budov může pronikat z geologického podloží, stavebních materiálů. Vzniká radioaktivním rozpadem radia a uranu. Je známo asi dvacet izotopů radonu. V souvislosti s hygienou v budovách nás zajímá především radionuklid <sup>222</sup>Rn. Po vdechnutí se rozkládá v tělních tekutinách. Doprovází ho však látky

kteře se koncentrují v dýchacích cestách a tam ozařují tkáň. Průměrná koncentrace radonu v budovách v ČR je  $120\text{Bq/m}^3$ . Ve volném prostoru pak 15 - 20  $\text{Bq/m}^3$ .

*Biologické faktory* jsou úzce spjaty s relativní vlhkostí uvnitř budovy. Mezi hlavní skupiny organismů patří roztoči a mikroorganismy. Jejich zvýšený výskyt se projevuje, pokud je relativní vlhkost přibližně nad 70%. Snížit jejich výskyt je možné provětráváním budovy a důsledným hygienickým režimem. Významně zvyšují rizika vzniku astmatu a alergií.

## 1.4 Vnější klimatické podmínky

### 1.4.1 Venkovní výpočtová teplota

Klimatické podmínky jsou významným faktorem z pohledu tepelných ztrát. Pro výpočty tepelných ztrát se využívá venkovní výpočtová teplota. Ta je odvozena z dlouhodobých měření pěti nejchladnějších dnů. Území České republiky je rozděleno do tří oblastí s výpočtovými teplotami -12,-15,-18°C. Objekt banky v této diplomové práci se nachází v oblasti s výpočtovou teplotou -12°C.

Při používání výpočtové teploty musíme ještě zohlednit nadmořskou výšku ve které se objekt nachází a patřičně snížit hodnotu výpočtové teploty viz. (Tab. 6).

Tab. 6. Hodnoty výpočtové venkovní teploty a její snížení vzhledem k nadmořské výšce

Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota [°C]	Snížená výpočtová venkovní teplota [°C]
nad 400 m.n.m	-12	-15
nad 600 m.n.m	-15	-18
nad 800 m.n.m	-18	-21

### 1.4.2 Rychlost a směr větru

Vítr obecně je horizontální proudění vzduchu v atmosféře vyvolaný rozdílem v tlaku vzduchu a rotací Země. Při posuzování vlivu na budovy nás zajímá směr, rychlost a jeho ochlazovací účinek. Měří se pomocí anemometru.

### 1.4.3 Sluneční záření

Sluneční energie má charakter elektromagnetického záření. Jeho spektrum lze rozdělit na:

- Ultrafialové ( $\lambda < 400\text{nm}$ )
- Viditelné ( $\lambda = 400 - 750\text{nm}$ )
- Infračervené ( $\lambda > 750\text{nm}$ )

Příkon dopadajícího záření je tzv. solární konstanta a činí  $1373\text{W/m}^2$ . Tato veličina není konstantní díky eliptické oběžné dráze Země kolem Slunce.

V technice budov je sluneční záření bráno jako významný zdroj tepelných zisků. Tepelné zisky jsou počítány v praktické části této práce.

## 2 ZDROJE TEPLA

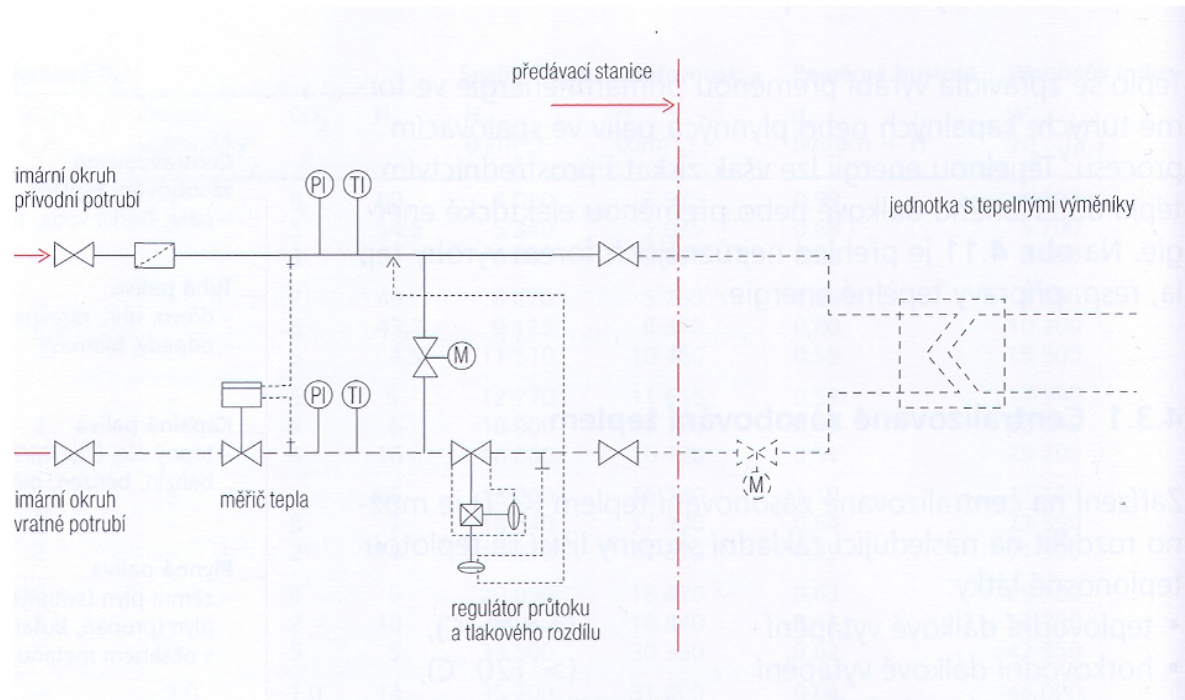
Zařízení na centralizované zásobování teplem (CZT) je možno rozdělit na následující základní skupiny lišící se teplotou teplotonosné látky:

- teplovodní dálkové vytápění ( $< 120^{\circ}\text{C}$ );
- horkovodní dálkové vytápění ( $> 120^{\circ}\text{C}$ );
- parní dálkové vytápění ( $> 120^{\circ}\text{C}$ );
- nízkoteplotní dálkové vytápění (25 až  $35^{\circ}\text{C}$ ).

Hlavní části systému na centralizované zásobování teplem jsou:

- výroba tepla v kotlích spalováním plynného, kapalného nebo tuhého paliva
- distribuce tepla prostřednictvím tepelných rozvodů (primárních i sekundárních)
- předávací stanice tepla (PST)

Jako tepelné zdroje jsou používány i kombinované teplárny, v nichž se teplo odebírá po výrobě elektrické energie, a spalovny odpadu. Dodávaná tepelná energie byla dříve vázaná hlavně na páru. Zařízení na centralizované zásobování teplem jsou v současnosti provozována zpravidla v 2 nebo 4-trubkovém systému. V dvoutrubkovém systému je teplo distribuováno s ekvitermně regulovanou teplotou na přívodu, která se průběžně mění podle venkovní teploty (zima  $130^{\circ}\text{C}$ /léto  $70^{\circ}\text{C}$ ). V čtyřtrubkovém systému jsou dva různé rozsahy teplot, přičemž jeden teplotní rozsah je provozován s konstantní teplotou, aby bylo možno během celého roku zásobovat odběratele tepla s vysokou vstupní teplotou na přívodu (průmyslová spotřeba, ohřev TUV).



Obr. 7. schéma zapojení předávací stanice

Výhody centralizovaného zásobování teplem jsou:

- žádný odběr/nákup paliva
- žádné skladování paliva
- žádné odstraňování zbytků a odpadu po spalování
- možnost použití levného paliva při spalování v teplárně (např. odpadu, netříděného uhlí)
- vyšší hospodárnost využívání paliv při centralizované výrobě tepla ve srovnání s větším počtem decentralizovaných lokálních zdrojů tepla (např. v bytech)
- větší provozní bezpečnost střídavým používáním více kotlů
- úspora prostoru u spotřebitele, protože není potřebná kotelna, sklad paliva ani komín
- snížení provozních nákladů na obsluhu a opravy zařízení
- snížení produkce škodlivých látek při centralizované výrobě tepla ve srovnání s jednotlivými lokálními zdroji tepla
- v oblasti elektráren možnost kombinované výroby elektrické a tepelné energie za současného zlepšení termodynamiky procesu a využití odpadního tepla
- zvýšené protipožární zabezpečení budovy vytápěné pomocí systému CZT

## 2.1 Předávací stanice tepla

Výměňiková stanice a směšovací stanice jsou obecně nazývány předávací stanice tepla. Tyto předávací stanice se dělí podle několika kritérií.

Podle druhu topného média dělíme předávací stanice na:

- horkovodní, nad 115°C
- teplovodní, do 115°C
- parní

Pole způsobu připojení odběratele na tepelnou síť se předávací stanice dělí na:

- tlakově závislé - směšovací stanice
- tlakově nezávislé - výměňikové stanice
- kombinace předchozích dvou

Předávací stanice tlakově nezávislá má vždy teplosměnnou plochu a tím je vodotěsně oddělena primární a sekundární strana. Obě strany jsou na sobě tlakově i hydraulicky nezávislé. Udržování tlaku v sekundární soustavě se provádí vlastním zabezpečovacím zařízením.

Předávací stanice tlakově závislé nemají teplosměnnou plochu a dochází u nich pouze k regulaci, např. na požadovanou teplotu sekundární vody do odběrného zařízení, pomocí směšování primární vody se zpětnou sekundární vodou. Udržování tlaku v primáru i sekundáru je prováděno společně. U parní tlakově závislé předávací stanice se provádí pouze redukce tlaku páry v redukční stanici. Horkovodní předávací stanice stejně jako parní jsou obvykle tlakově nezávislé. Teplovodní jsou obvykle tlakově závislé pro vytápění a vždy tlakově nezávislé pro ohřev TUV.

Předávací stanice mohou být použity pro:

- vytápění
- ohřev TUV
- vytápění i ohřev TUV
- vzduchotechniku
- technologické účely

Předávací stanice tepla pro vytápění slouží pro úpravu teploty a tlaku sekundární vody pro vytápění objektů. Zdrojem tepla je primární voda nebo pára.

Předávací stanice tepla pro ohřev TUV je určena obvykle pro více odběratelů. Řešení ohřevu TUV může být následující:

- průtočné
- zásobníkové
- kombinované

Propojení v předávací stanici sloužící pro vytápění i přípravu TUV může být:

- sériové
- paralelní
- sérioparalelní

## 2.2 Součásti předávacích stanic tepla

### Výměník tepla

Na základě požadovaného výkonu se navrhne velikost výměníku. Charakteristickou veličinou výměníku je velikost teplosměnné plochy, která zabezpečí pro dané parametry primární strany požadovaný výkon sekundární strany. Pro páru o přetlaku nad 0,2 MPa se obvykle používají trubkové výměníky, pro páru o nižším přetlaku a pro vodu pak deskové výměníky. Jak již název napovídá, teplosměnnou plochu tvoří trubky nebo desky. Deskové výměníky mohou být pájené nebo těsněné se šroubením.

### Regulační ventil

Dalším hlavním prvkem předávací stanice je regulační ventil. Tento ventil slouží k regulaci množství propuštěného primárního média tak, aby bylo dosaženo požadovaných parametrů sekundární strany. Rozhodujícím údajem při nadimenzování regulačního ventilu je hodnota průtokového součinitele,  $k_v$  ( $\text{m}^3/\text{h}$ ).

### Čerpadlo

Součástí předávací stanice je dle druhu čerpadlo vytápění, nabíjecí čerpadlo TUV a většinou i cirkulační čerpadlo TUV

## Příslušenství

Dále se stanice osazují armaturami (kulové kohouty, mezipřírubové klapky, zpětné ventily, filtry, pojistné ventily, solenoidové ventily) a vodoměry. Některé stanice obsahují též zásobník TUV, expanzní zařízení, případně úpravnu vody.

### 2.3 Zálohování zdrojů tepla

Zdroje tepla je nutno zálohovat. Zálohování se provádí tak aby při výpadku jednoho zdroje byla zajištěna určitá záloha pro zabezpečení základní funkce tepelného zdroje. U zařízení do výkonu 250 kW záloha být nemusí.

U zařízení nad 250 kW by velikost zálohy měla být následující:

- výměníky - nejméně dva po 50 % jmenovitého výkonu
- směšovací čerpadla - při poruše jednoho zbývající pokryjí 100 % jmenovitého výkonu
- zálohu může tvořit i nenamontovaný výměník nebo čerpadlo na jmenovitý výkon zařízení

Předávací stanice tepla je zařízení bez trvalé obsluhy pouze s občasným dohledem. Umisťuje se pokud možno do samostatné dobře větratelné místnosti. Pokud není v samostatné místnosti, je vhodné ji oddělit lehkou příčkou nebo pletivem, aby se zabránilo nežádoucí manipulaci. Elektrický rozvaděč a rozvaděč měření a regulace se též doporučuje umístit v samostatné místnosti.

Předávací stanice tepla musí být vybavena měřením množství odebraného tepla. Obvyklý způsob je tzv. rozdílové měření, tzn., měří se množství tepla na primární straně a množství tepla pro vytápění na sekundární straně. Množství tepla pro ohřev TUV se pak určí rozdílem.

Předávací stanice tepla s teplosměnnou plochou musí být vybavena zabezpečovacím zařízením dle ČSN 06 0830 [25], tzn. pojistným a expanzním zařízením. Dále je nutno sekundární stranu osadit zařízením pro plnění a doplňování vody. U horkovodních stanic je možno provádět doplňování přepouštěním z primární strany. Vždy je nutno měřit množství doplňované vody.

Stejně tak je nutno vybavit stanici samostatně jištěným a měřitelným přívodem elektrické energie dle příslušných předpisů a ČSN.

Součástí měření a regulace, které slouží k automatickému udržování požadovaných teplot a tlaků, je též zabezpečení před následujícími havarijními stavy:

- překročení nejvyšší pracovní teploty (u TUV obvykle 65 °C)
- překročení max. tlaku sekundární strany
- zaplavení stanice
- překročení teploty prostoru předávací stanice
- výpadek elektrického proudu

### 3 VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE

Prostory obytných, průmyslových budov jsou zatíženy produkcí zdroji škodlivin. Tyto zdroje mohou být:

- Látkové
- Vnitřní (osoby, technologická zařízení atd.)
- Venkovní (znečištění ovzduší, klimatické poměry)

K eliminování těchto škodlivin ve vnitřním prostředí budov je nutné nasadit větrací, případně klimatizační zařízení

#### 3.1 Větrací zařízení

Je určeno k přivádění čerstvého venkovního vzduchu  $V_e$  do interiéru budovy a odvádění vzduchu z vnitřních prostor  $V_o$ . Přísun čerstvého vzduchu je charakterizován intenzitou větrání podle :

$$I = \frac{V_e}{O} [1/h] \quad (8)$$

$V_e$  [ $m^3/h$ ]      objemový průtok venkovního vzduchu

$O$  [ $m^3$ ]      objem místnosti do které přivádíme vzduch

Dále také intenzitou výměny vzduchu

$$I_p = \frac{V_p}{O} [1/h] \quad (9)$$

$$V_p = V_e + V_c \quad (10)$$

$V_p$  [ $m^3/h$ ]      objemový průtok přiváděného vzduchu

$V_c$  [ $m^3/h$ ]      objemový průtok cirkulačního vzduchu

$O$  [ $m^3$ ]      objem místnosti do které přivádíme vzduch

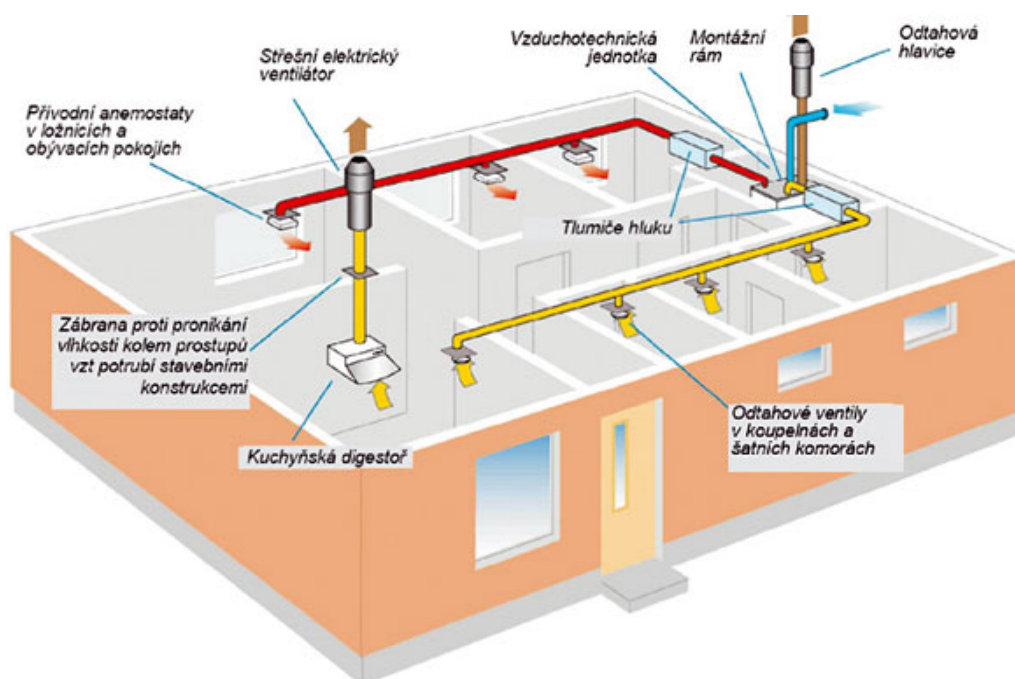
### 3.2 Rozdělení větracích systémů:

Tab. 7. Rozdělení typů větrání

Nucené větrání	Celkové nucené větrání Místní přívod vzduchu Místní odsávání vzduchu
Přirozené větrání	Celkové větrání Místní odsávání

#### 3.2.1 Celkové nucené větrání:

Provádí rovnoměrné větrání místnosti. Využívá se například u hal, kde je homogenní výskyt škodlivin v prostoru. V této práci je celkovým nuceným větráním s úpravou přiváděného vzduchu řešena bankovní hala.



Obr. 8. Schéma vzduchotechnického systému nuceného větrání v rodinném domě (převzato z asb-portal.cz)

Výměna vzduchu se provádí vzduchotechnickým zařízením (VZT). Množství potřebného vzduchu je nutné určit buď na základě známého obsazení známého počtu lidí ve větrané místnosti nebo podle vznikajících škodlivin.

Výpočet dávky čerstvého vzduchu  $V_e$  [ $m^3/s$ ] na osobu dle nařízení vlády č. 178/01 a č. 523/02:

$$V_e = \frac{n \cdot D}{3600} [m^3/s] \quad (11)$$

$n$  [-] počet osob v místnosti

$D$  [ $m^3/h$ ] dávka čerstvého venkovního vzduchu

Výpočet množství škodlivin, které se uvolňuje do prostoru

Podmínkou je aby koncentrace škodlivin  $C$  byla menší než  $C_{hyg}$  (hygienicky povolené množství).

$$V_e \cdot C_p + M_{\xi} = V_o \cdot C \quad (12)$$

$V_e$  objemový průtok čerstvého vzduchu

$C_p$  koncentrace škodlivin v přiváděném vzduchu

$M_{\xi}$  množství škodlivin

$V_o$  potřebný průtok vzduchu

$C$  koncentrace škodlivin v odváděném vzduchu

$$V_e = \frac{M_{\xi}}{C - C_p} [m^3/s] \quad (13)$$

Vývoj koncentrace v závislosti na čase  $\tau$  lze vyjadřuje rovnice

$$V_e \cdot C_p \cdot d\tau + M_{\xi} d\tau = V_e \cdot C \cdot d\tau \pm 0dC \quad (14)$$

Za předpokladu že  $\tau = 0$  a v místnosti je  $C=C_p$  lze zjistit koncentrace v čase  $\tau$ .

$$C = C_p + \frac{M_{\xi}}{V_e} (1 - e^{-\tau(V_e/O)}) [mg/m^3] \quad (15)$$

Další možností jak stanovit průtok čerstvého vzduchu  $V_e$  [ $m^3/h$ ] je na základě intenzity větrání  $I_e$  [ $1/h$ ]. Intezitou větrání je myšlen poměr průtoku venkovního vzduchu  $V_e$  [ $m^3/h$ ] k objemu místnosti  $O$ .

$$I_e = \frac{V_e}{O} [1/h] \quad (16)$$

Tab. 8. Intenzita větrání v závislosti na typu místnosti

Typ místnosti, provozu	Intenzita větrání $I_e$ [1/h]
Bazény	4 až 8
Dopravní prostředky (tramvaje, autobusy, železniční vagóny)	15 až 40
Kanceláře	3 až 10
Kina, divadla	5 až 8
Knihovny	3 až 5
Montážní haly	4 až 8
Posluchárny	8 až 10
Restaurace	8 až 12
Shromažďovací místnosti	5 až 0
Šatny	2 až 3
Umývárny, koupelny	4 až 6
Záchody – byty	2 až 3
- kanceláře	3 až 5
- veřejné	10 až 15

### 3.2.2 Místní přívod vzduchu

Slouží k místnímu upravování parametrů vzduchu jako je teplota, čistota vzduchu. Mezi používané zařízení patří vzduchové clony, sprchy, oázy.

#### 3.2.2.1 Vzduchové clony

Omezují proudění chladného zimního vzduchu do vnitřních prostor budov. Proudění vzniká rozdílným tlakem mezi teplejším vnitřním prostorem a chladnějším vnějším prostředím. Clona fouká proud teplého vzduchu proti pronikajícímu chladnému vzduchu. Vzduch pro clonu bývá nasáván z vnitřních prostor místnosti směrem od stropu.



Obr. 9. Dveřní vzduchová clona

### 3.2.2.2 *Vzduchové sprchy*

Jedná se o místní prvek určený k ochraně člověka před sálavým teplem. Zvyšuje odvod tepla z těla konvekci. Zařízení lze aplikovat na základě experimentálních výsledků. Je nutné zamezit nerovnoměrnému osálení nebo naopak odvodu tepla.

### 3.2.2.3 *Vzduchové oázy*

Zlepšují kvalitu ovzduší ve velkých prostorách hal. Instalují se místě u pracovních míst a v odpočinkových zónách. Zajišťují rovnoměrný přívod vzduchu s nízkou rychlostí proudění.

### 3.2.3 **Místní odsávání vzduchu**

Odsává se z míst, kde se vyskytují větší koncentrace škodlivin nebo zvýšené teplo. Vzduch, který odsáváme, poté nahrazujeme přívodním vzduchem, který můžeme podle požadavků upravit. Musí platit rovnost mezi vzduchem odsávaným a přiváděným.

### 3.2.4 **Přirozené větrání**

Je nejjednodušším, ale i nejméně účinným typem větrání. Využívá se rozdíl hustot vzduchu v místnosti, který je lehčí a venkovního těžšího vzduchu. Objem přiváděného vzduchu za hodinu by měl být minimálně 50% objemu. Zároveň by měla být zachována rovnost mezi vzduchem přiváděným a odvedeným. V současné době se staví budovy s co nejmenšími tepelnými ztrátami tj. s co nejtěsnějším pláštěm. Přirozeným větráním tak většinou nemůžeme zajistit potřebnou kvalitu vnitřního vzduchu.

### 3.2.5 Přirozené odsávání

Nazývá se odsávání šachtové. Vzduch do prostor se šachtovým větráním vniká díky podtlaku ze sousedících místností. Nevýhodou je pronikání hluku z okolí budovy dovnitř. Závislost na okolních podmínkách. Nefunkčnost pokud jsou venkovní a vnitřní teplota vyrovnány.

## 3.3 Klimatizační zařízení

Komplexní zařízení určené k přísunu upraveného čerstvého vzduchu do místnosti. V klimatizačním zařízení lze upravit parametry teplota, vlhkost, případně upravit jeho kvalitu použitými filtry. Minimálně je nutné přivádět do prostoru 10% čerstvého vzduchu.

Klimatizační zařízení lze rozdělit podle dispozice na:

- Jednozónový
- Vícezónové

### Jednozónové systémy

Používají se k úpravám vzduchu v jedné místnosti nebo místnostech se stejným charakterem. Celá VZT jednotka je řízena pomocí čidel umístěných v místnosti. Mezi typické jednozónové prostory patří sportovní, průmyslové, bankovní haly, sály, kina. Zvláštním druhem jednozónových systémů jsou tzv. split systémy, používané například pro klimatizování kanceláří.

### Vícezónové systémy

Využívají se u větších objektů jako jsou hotely, administrativní budovy atd. Systém je rozdělen na společnou část, která provádí základní úpravy vzduchu a místní klimatizační jednotky. Právě tyto jednotky slouží k dodatečné úpravě vzduchu v místnostech, ať už podle ruční regulace od uživatelů nebo podle měnící se aktuální tepelné zátěže místnosti.

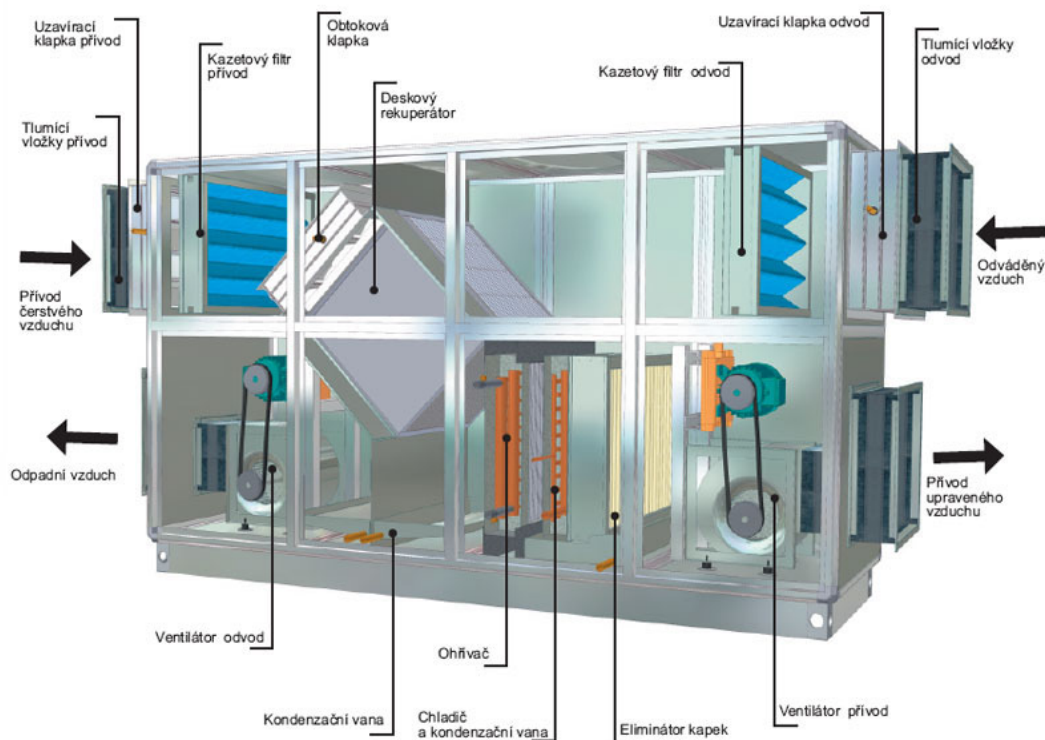
Rozdělení dle distribuce:

- Vzduchové
  - Jednokanálový systém / konst. průtok vzduchu
  - Jednokanálový systém / proměnný průtok vzduchu
  - Dvoukanálový systém / konst. průtok vzduchu
  - Dvoukanálový systém / proměnný průtok vzduchu
- Vodní
  - Systém s ventilátory
  - Systém s otopnými nebo chladícími plochami
- Vzduch/voda
  - Indukční systémy
- Chladivové
  - Jednozónový split / konst. průtok chladiva
  - Vícezónový multisplit / konst. průtok chladiva
  - Vícezónový multisplit / proměnný průtok chladiva

### 3.3.1 Vzduchové systémy

#### 3.3.1.1 Vzduchový jednokanálový systém

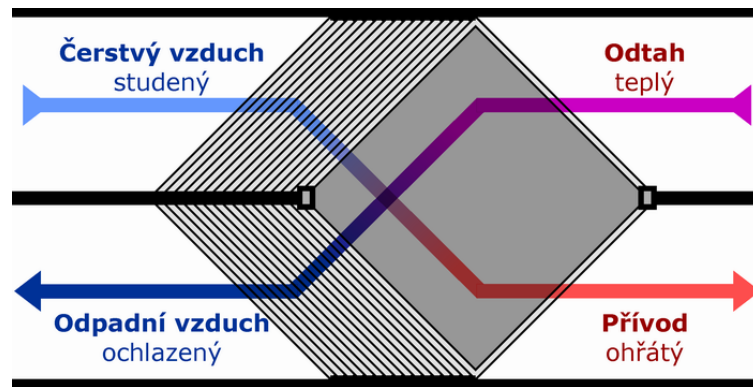
Prostorově náročný systém jak vlastní jednotky tak rozvodů vzduchu. Tyto jednotky lze upravit pro využívání tepla z cirkulačního vzduchu (tzv. systém zpětného získávání tepla ZZT).



Obr. 10. VZT jednotka převzato z <http://azklima.no-ip.org>

Klimatizační jednotka se skládá z několika částí. Je to modulární systém, takže pokud nepotřebujeme provádět nějakou úpravu vzduchu je možné ji vynechat. Mezi základní části jednotky patří směšovací komora pro ZZT, zde jako deskový rekuperátor, filtry, ohřivač, chladič, zvlhčovač, ventilátory.

ZZT – jednotka zpětného získávání tepla je určena po využívání tepla z vzduchu odváděného z místnosti. Může být v provedení deskového výměníku protiproudého s účinností 70 – 90% nebo křížového o účinnosti 50 – 67%. Pro úplnost existují ještě rotační výměníky.



Obr. 11. Deskový křížový výměník tepla převzato z : [www.nazeleno.cz](http://www.nazeleno.cz)

**Ohříváč vzduchu:** obvykle se používají teplovodní ohříváče vzduchu. Parní ohříváče se složitě regulují. Výkon je regulován podle teploty vody na vstupu ohříváče. Otopné médium je přivedeno samostatným rozvodem. Na ohříváči venkovní teploty je nutné zapojit protiúrazovou ochranu.

**Chladič vzduchu:** existují buď jako vodní chladiče nebo jako přímé výparníky. Regulace vodních chladičů řídíme změnou průtoku vody na vstupu chladiče. U přímých škrcením průtoku chladiva, nebo otvíráním, zavíráním přívodu.

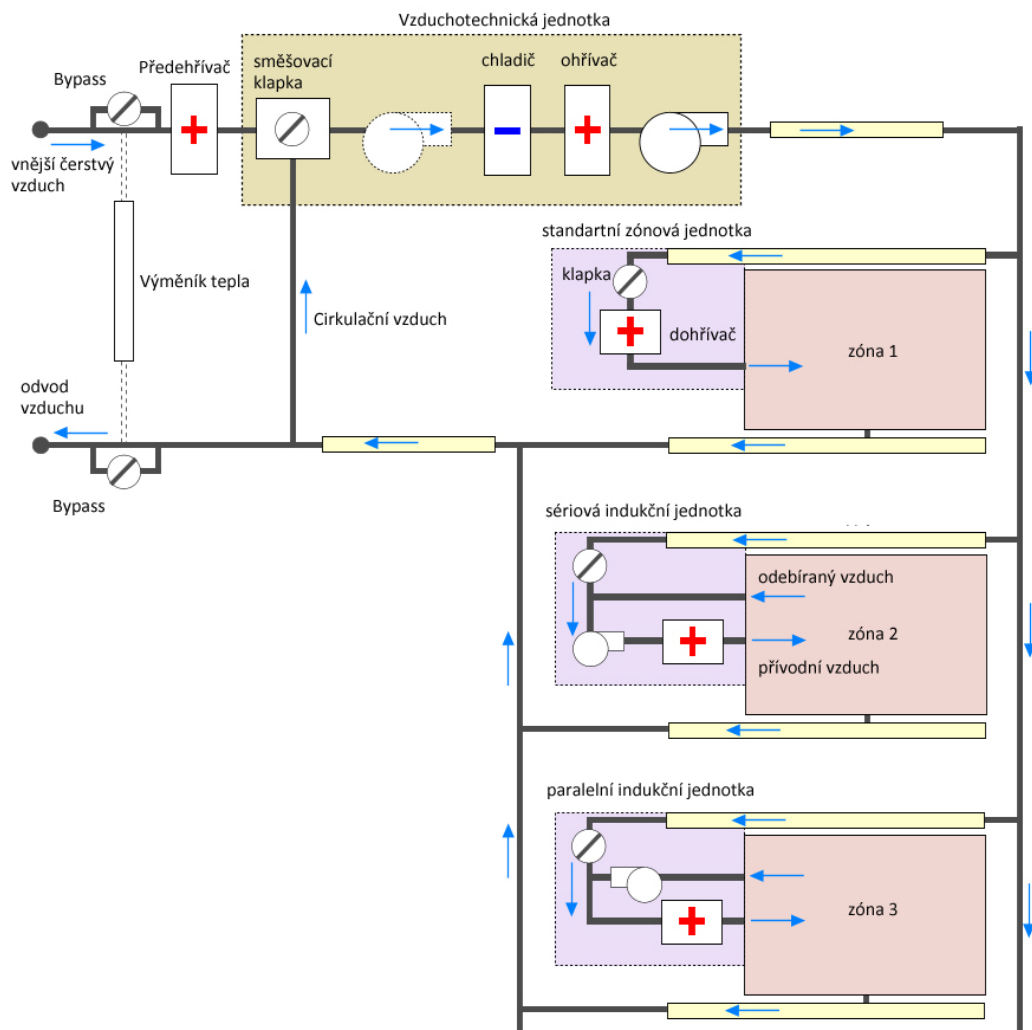
**Zvlhčovač vzduchu:** obvykle se instalují parní zvlhčovače. Jsou to samostatná zařízení s elektrickým vyvíječem páry.

### 3.3.1.2 Vzduchový dvoukanálový systém

V VZT jednotce je nutné vytvořit teplý a studený vzduch. Pro zlepšení efektivity se využívá cirkulační vzduch, který ve ZZT části ohřívá čerstvý přívodní vzduch. Poměr teplého a studeného vzduchu se určuje podle termostatu umístěného v místnosti. Průtok přiváděného vzduchu je konstantní.

### 3.3.1.3 Vzduchový jednonálový vícezónový systém – proměnný průtok

VAV systém (Variable air volume). VZT jednotka funguje buď v zimním režimu kdy je jejím úkolem ohřívát přívodní vzduch nebo v letním kdy naopak přívodní vzduch ochlazuje. Proměnný průtok je zajištěn regulací průtoku, která je u každé klimatizované, vytápěné místnosti. Skládá se ze škrtící klapky. Ta je ovládána termostatem umístěným v místnosti. Odvod znečištěného vzduchu z místnosti je řešen obdobně. Každopádně je nutné zajistit minimální hygienický přísun čerstvého vzduchu a odsávání vzduchu podle množství přiváděného vzduchu.



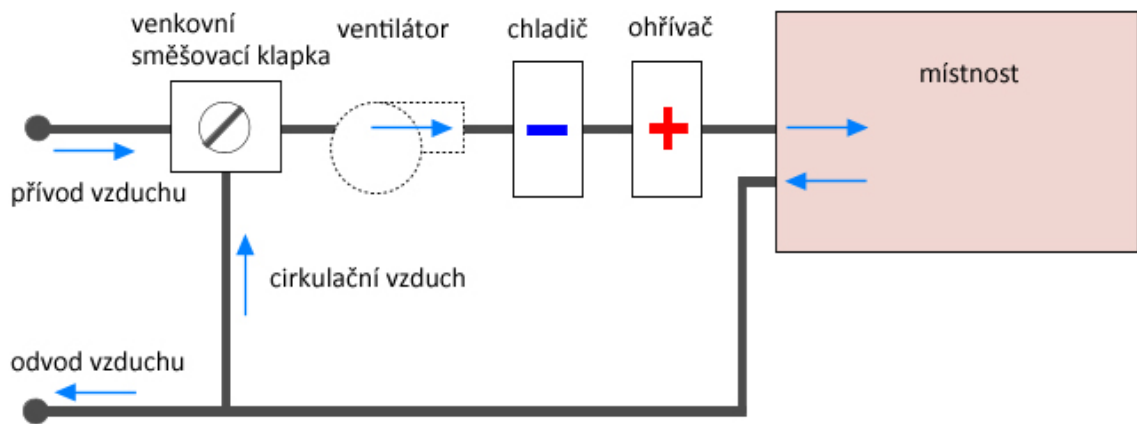
Obr. 12. Jednokanálový vícezónový systém VAV

### 3.3.2 Vodní systémy

#### 3.3.2.1 Fan-coil

Fan-coil jednotka je obvykle čtyřtrubkový vodní systém. Dvě trubky jsou pro přívod a odvod teplé vody. Další dvě pro studenou vodu. Distribuci vzduchu do místnosti zajišťuje vnější ventilátor se stupňovou regulací otáček. Do fan-coil jednotky se přivádí vzduch upravený jednokanálovým vzduchovým zařízením. V fan-coil jednotce se tento vzduch smísí s cirkulačním vzduchem odebíraným z místnosti. Chladič a ohříváč je napojen na

centrální rozvody médií. Řízení výkonu fan-coil jednotek je realizováno úpravou průtoku škrcením topné a chladicí vody na základě údajů z termostatu v místnosti.



Obr. 13. Princip fungování fan-coil jednotky

### 3.3.2.2 Chladící stropy

Jsou analogií k podlahovému vytápění. Skládá se meandrovitě složených plastových trubek ve kterých proudí chladicí médium. Existují dva typy podle způsobu instalace:

- Sádrokartonové stropní panely
- Systém pod omítku

Používanější je systém stropních panelů, který lze využít při montování v již zařízeném interiéru nebo při rekonstrukcích. Skládají se ze stropních panelů o tloušťce 12 nebo 16mm. Uvnitř panelů jsou uloženy plastové trubky o vnitřním průměru 6 nebo 8mm, ve kterých proudí chladicí médium. Na každý panel připadá jeden chladicí okruh. Montáž chladícího stropu je stejná jako u běžného sádrokartonového stropu a lze využít i stejné uchycovací konstrukce.

Jako médium pro chlazení se nejčastěji používá voda, ochlazená na potřebnou teplotu. Tepelnou pohodu lze dosáhnout s teplotou chladicí vod kolem 16°C. Pokud je teplota v místnosti přibližně 24 - 26°C má teplota chladícího stropu přibližně 20 - 22°C. I přes poměrně vysokou teplotu v místnosti je prostor vybavený chladícím stropem vnímán jako příjemný. V případě, že by došlo ke kondenzaci vlhkosti a strop by se v některých místech orosil jsou stropy vybaveny snímačem rosného bodu a okruh s chladivem se přeruší.

Výhody:

- Nedochozí k pocitu průvanu
- Chlazení je rovnoměrné
- Distribuce chladného vzduchu v místnosti je přirozená
- Nevíří se prach, mikroorganismy
- Nevysušuje vzduch
- Lze mít vyšší teplotu v místnosti a přesto je zajištěna tepelná pohoda

## 4 INTEGRACE ŘÍDÍCÍCH SYSTÉMŮ A STRUKTURA SLUŽEB

Od 80-tých let minulého století, kdy byly služby v inteligentních budovách individuálně monitorovány se začali prosazovat snahy o co možná největší možnou integraci jednotlivých systémů pod zastřešující řídicí a monitorovací systém, kdy jsou jednotlivé části inteligentní propojeny komunikačními sběrnici. Tok dat takovými sítěmi lze rozdělit do několika částí.

- Lidské toky – dohled a osobní přístup k systémům
- Energetický a vodní toky – monitoring sítě a propočty spotřeby energií a vody.
- Informační toky – řízení vysílání a příjmu zpráv mezi obyvateli, teamem TZB a samozřejmě také vnějšími službami jako jsou policie, hasiči, školy, nemocnice atd.

Výsledný rozsah aplikace zahrnuje jednak řízení technologické části tak i napojení na služby, které zajišťují komplexní řešení komfortu, bezpečnosti, řešení dopravních obtíží, úklidových a servisních prací apd.

Dnešní nově stavěné budovy nebo rekonstruované budovy objevují schopnosti mikroseparování a osobní řídicí systémy. Myšlenkou je využít centrální distribuované systémy s uzly, které reagují na osobní potřeby uživatelů. Kvalita prostředí může působit na pracovní výkonnost s cílem zlepšit výkonnost firem. Proto je nutné vyřešit několik základních součástí k zajištění potřeb pracovišť.

- Dodávky čerstvého vzduchu a řízení teploty
- Řízení osvětlení
- Přístup k dennímu světlu a výhledu s ochranou proti oslunění
- Soukromí a tiché pracovní prostory
- Přístup k sítím
- Zálohované datové, energetické a komunikační systémy
- Ergonomický nábytek šetrný k prostředí

Systémy služeb budov jsou navrhovány, aby zajistili řízení vnitřního klimatu prostředí, zařízení, komunikace, požární ochranu a bezpečnost. Měla by být zachována rovnováha mezi technickým vybavením budovy, organizací, která ji využívá a službami, které se starají o její provoz.

## 5 KOMUNIKAČNÍ SBĚRNICE A PROTOKOLY V INTELIGENTNÍCH BUDOVÁCH

Sběrnice je subsystém, který přenáší data mezi počítači nebo uvnitř počítače.

Protokol obecně je sada pravidel, které řídí komunikaci mezi počítači připojených k síti.

Tyto pravidla obsahují pokyny jak řídit následující charakteristiky sítě

- síťový přístup
- dovolené fyzické topologie
- typy kabeláže
- rychlost přenosu dat

V oblasti inteligentních budov se nejdříve pracovalo se sběrnicemi a protokoly určenými pro průmyslové aplikace. Postupem času se vyvinuly nové sběrnice přímo určené pro automatizaci budov. Základní vlastností těchto sběrnic je otevřenost systému tj. schopnost spolupracovat se systémy ostatních výrobců.

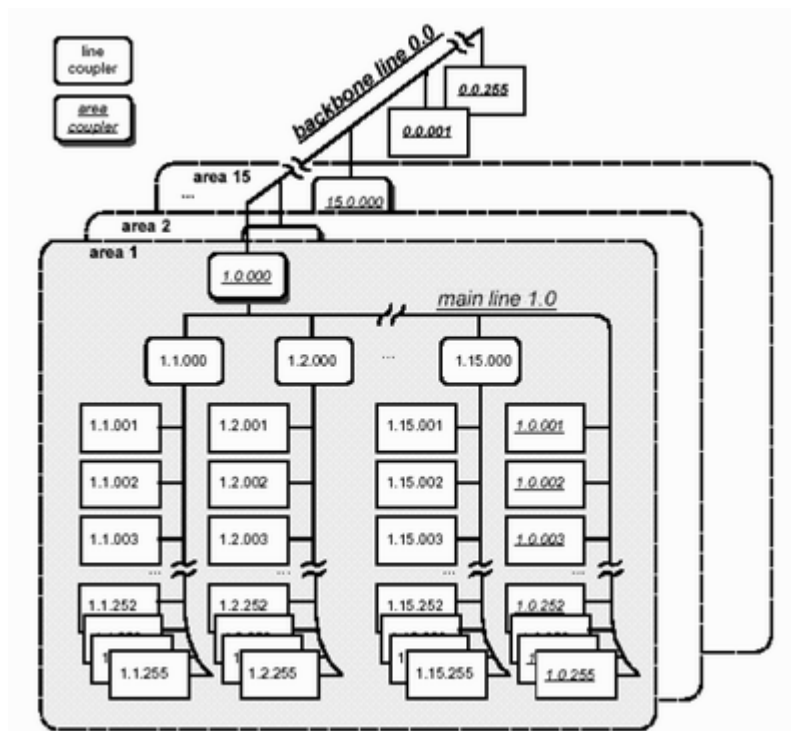
V praxi se nejčastěji můžeme setkat se sběrnicemi KNX, LON, M-Bus, BACnet

### 5.1 KNX sběrnice

EIB (European Installation Bus) je sběrnice navržena pro rozšíření elektrických instalací v domech a budovách s důrazem na oddělení přenosu řídicích informací od klasické elektroinstalace. Jejím hlavním zaměřením je řešení osvětlení, ovládání žaluzií, HVAC systémy (Heating, Ventilating, and Air Conditioning). EIB je založena na otevřené specifikaci, spravovaná donedávna společností EIBA (EIB Association). Nejnověji ustanovený KNX standart je kombinace EIB, Batibus a EHS (European Home System).

Z každého standartu se v KNX objevují jejich nejlepší vlastnosti. EIBA, EHS Batibus spolu vytvořily Konnex Association.

KNX/EIB instalace jsou hierarchicky strukturované a koncové zařízení jsou topologicky zařazeny do *linií a oblastí*. Linie jsou propojeny mezi sebou pomocí *liniových spojek (LC)*. Kombinace až 15 linií tvoří oblast. *Páteřní spojky (BC)* mohou propojit až 15 oblastí. Na jedné linii může být adresováno až 256 zařízení takže maximální možný počet zařízení v KNX/EIB dosahuje 57600.

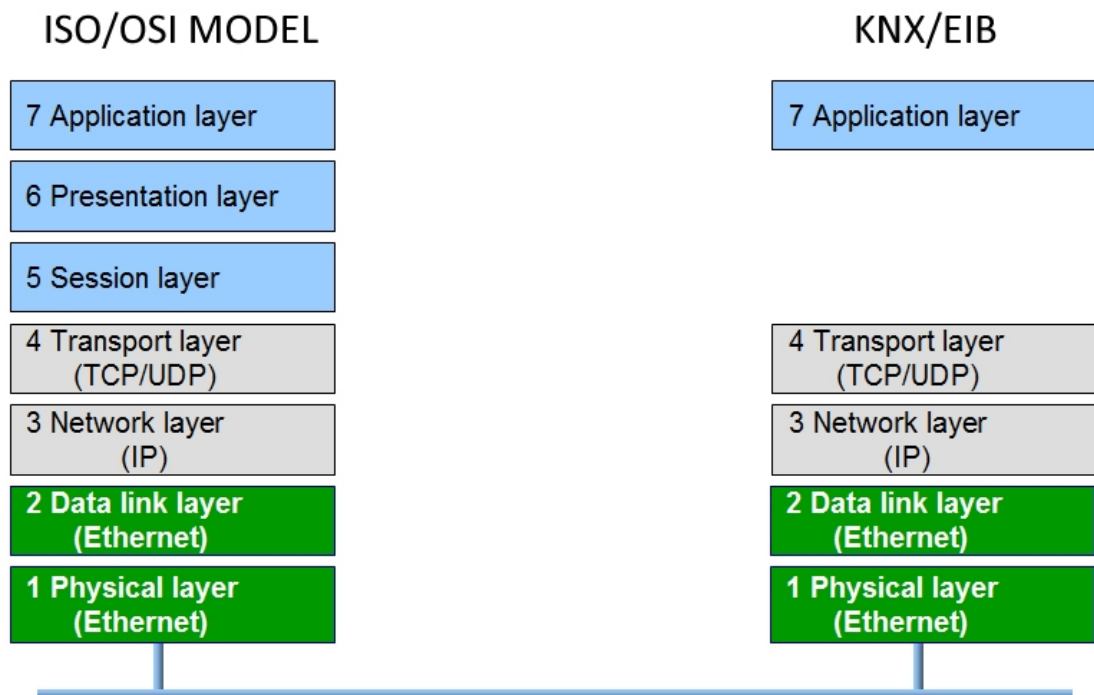


Obr. 14. topologie KNX/EIB

Prvky zapojené v KNX/EIB sběrnici spolu komunikují systémem peer-to-peer tj. „každý s každým bez zásahu nadřazených prvků“. Ve skutečnosti jsou možné dva typy komunikace. *Management communication* využívající druhy vysílání unicast a broadcast nebo *process data communication* využívající multicast.

### 5.1.1 KNX protokol

KNX/EIB protokol vychází ze základního sedmivrstvého ISO/OSI uspořádání. Komunikace je rozdělena do vrstev kdy každá horní vrstva komunikuje s vrstvou pod sebou. Horní vrstva je tedy poskytovatel služeb a řídí komunikaci se spodní vrstvou. Protokol je sada pravidel, které se používají na stejně položených vrstvách a tím zajišťují kompatibilitu komunikace mezi zařízeními. Komunikace mezi horní a spodní vrstvou je realizována přes *Service Data Unit* (SDU) zatímco komunikace mezi dvěma stejně položenými vrstvami probíhá pomocí *Protocol Data Unit* (PDU). PDU obsahuje *Interface Control Information* (ICI) a *Protocol Control Information* (PCI).



Obr. 15. porovnání ISO modelu a KNX/EIB

### Fyzická vrstva

Tato vrstva popisuje mechanické, elektrické a logické vlastnosti použitého media jako je typ konektoru, typ kabelu a jeho impedance, přenosová frekvence.

Jako komunikační media lze použít:

- Kroucená dvojlinka (TP) – nejjednodušší metalické přenosové medium. Existuje ve dvou verzích jako TP-0 s přenosovou rychlostí 4800bit/s nebo TP-1 s rychlostí 9600bit/s
- Power-line (PL) – komunikace probíhá po silových rozvodech v budově. Opět existuje ve dvou verzích PL-110 na kmitočtu 110kHz s rychlostí 1200bit/s PL-132 na kmitočtu 132kHz s rychlostí 2400bit/s. Existence více verzí jak u TP tak PL je dána sjednocováním starších standardů.
- Radiový přenos (RF) – Přenos probíhá vzduchem na frekvenci 868MHz o rychlosti 38,4kbit/s a je začleněn do KNX standartu pro bezdrátovou komunikaci.
- Ethernet – toto medium je využíváno k napojení KNX do sítě internet. KNX rámce jsou zapouzdřeny do rámců UDP/IP.

### **Linková vrstva**

Tato vrstva zajišťuje přenos mezi dvěma zařízeními. Má za úkol poskládat datový rámec z informací z horní vrstvy a kontrolovat chyby (error checking). Také musí zakódovat rámec tak aby byla data poslána správně vyšší vrstvě.

### **Síťová vrstva**

Nastavuje koncové spojení mezi zařízeními a zajišťuje služby pro přenos paketů od zdroje cíle. Cílový spoj má jinou adresu a paket musí projít rozdílnými cestami sítě. Síťová vrstva tedy zajišťuje informace o optimální cestě pro nadřazenou transportní vrstvu.

### **Transportní vrstva**

Transportní vrstva v pojetí KNX/EIB nabízí dvě metody přenosu dat do aplikační vrstvy.

Spojově orientovaná komunikace – tento typ komunikace ustavuje spolehlivé spojení mezi vysílacím prvkem a přijímacím. Pokud je poslaný datový rámec ztracen během komunikace, je zaslán znovu.

Nespojová komunikace – zde se zasílají rámce od vysílacího prvku k přijímacímu bez prioritního ustavení komunikačního kanálu. Odesílací prvek nemá kontrolu nad tím jaké rámce dochází k příjemci.

### **Aplikační vrstva**

Poskytuje aplikacím přístup ke komunikačnímu systému. Na této vrstvě pracuje celá řada služeb jako je FTP, DHCP, POP3, SMTP, SSH atd.

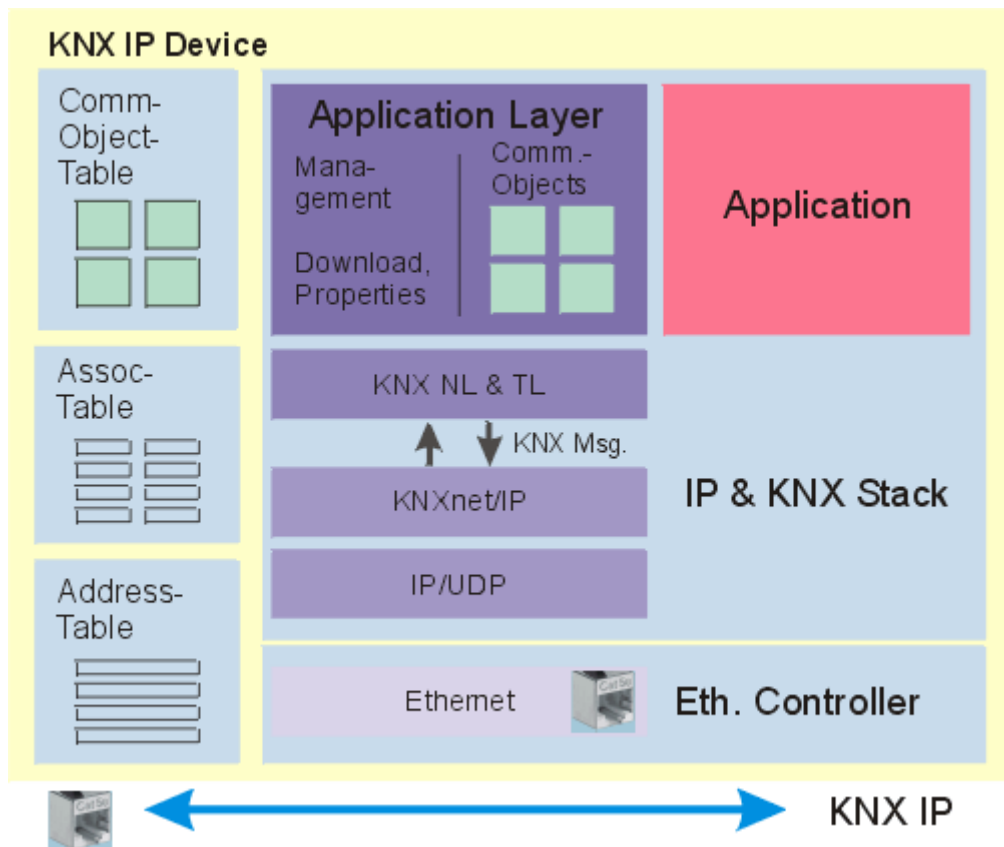
#### **5.1.2 Datová komunikace**

KNX/EIB zařízení si pro implementaci funkcí musí vyměňovat data. K tomu jsou používány tzv. Komunikační objekty. Je to paměťová oblast zařízení, která může být adresována funkcemi aplikační vrstvy a může být do ní zapisováno nebo z ní číst.

Komunikační objekt musí být podepsán od více zařízení, tzn. že všechny zařízení musí být v dosahu. Pro tento účel se používá tzv. skupinové adresování. Vysílací zařízení může adresovat více přijímacím zařízením, pokud jsou zařazeny ve stejné skupině adres. Asociace mezi skupinovou adresou a komunikačním objektem je definována v asociační tabulce. Když zařízení obdrží data, aplikační vrstva využije asociační tabulku k zjištění, které komunikační objekty jsou cílem v skupině adres.

Tab. 9. Asociační tabulka – přiřazení adres k objektům

Asociační tabulka	
Skupinová adresa	Komunikační objekt
0/0/1	0
0/0/2	0
0/1/1	1
0/2/1	2



Obr. 16. schématické zobrazení KNX a jeho propojení vnější sítí

### 5.1.3 Řídící komunikace

Konfigurace zařízení je využívána v aplikační vrstvě, pokud je potřeba nastavit nebo upravit individuální adresu. Pro tyto účely musí být zařízení nastaveno v programovacím módu, který lze vyvolat stlačením programovacího tlačítka na zařízení. V tomto stavu zařízení čeká na vyslaný rámec, který obsahuje adresu pro zařízení.

Další možností pro nastavení individuální adresy zařízení je služba, která nastaví adresu na základě unikátního sériového čísla.

## 5.2 LON sběrnice

Na konci 80-tých let začala společnost Echelon Corporation vyvíjet platformu LonWorks s výhledem, aby se tato nová platforma stala univerzálním standardem pro průmyslové sítě. Síť LonWorks se skládá ze skupiny zařízení pracujících v režimu peer-to-peer, které spolu komunikují pomocí LonTalk protokolu.

V roce 1991 byla LonWorks platforma dokončena a nyní je podporována celosvětově více jak 4000 společnostmi. V mnoha ohledech se platforma LonWorks podobá síti typu LAN (Local Area Network), kdy mezi sebou komunikují počítače propojené pomocí přenosových medií a síťového hardwaru např. switche atd. za použití běžného síťového protokolu. Platforma LonWorks obsahuje podobné prvky s optimalizovaným výkonem, velikostí, rychlostí odezvy a samozřejmě cenou.

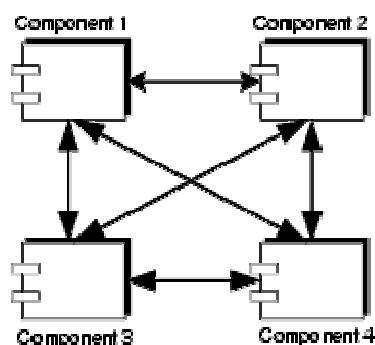
Samotná síť se nazývá LON<sup>®</sup>. Platforma LonWorks vzniká spojením LON<sup>®</sup> a protokolu LonTalk. Vlastnosti LON<sup>®</sup> dovolují na nich založených síťových systémech expandovat do aplikací, kterých není možné za použití standardních síťových technologií dosáhnout. Výrobci řídicích systémů a zařízení jsou schopni při využití LonWorks prvků zkrátit vývojovou dobu na minimum. Výsledkem je cenově výhodný vývoj a možnost použití výrobků od více výrobců se zajištěnou kompatibilitou. Rozsah LonWorks platformy je od malých sítí zabudovaných v strojích po velké sítě s tisíci nody. V oblasti řízení budov je platforma LonWorks běžně používána a ukazuje se jako ideální implementace otevřeného standardu [9].

### 5.2.1 Návrh sítě

Pro pochopení správného návrhu sítě je nutné pochopit funkce sítě. Síť se skládá z množství zařízení, která komunikují mezi sebou. Není zde žádné nadřazené zařízení, které by vyžadovalo informace z podřazených zařízení a přeposílalo by informace jiným zařízením.

To znamená, že každé zařízení je schopno zpracovávat informace a publikovat je v rámci sítě. Informace jsou data, která putují přímo po síti do ostatních zařízení. Přenos dat typicky vyžaduje jedno zařízení, které posílá data a jedno nebo více přijímacích zařízení.

#### Peer to Peer Messaging



Obr. 17. peer-to-peer komunikace

Vysílací a přijímací zařízení musí vytvořit nějakou formu spojení a po jejím vytvoření může dojít k přenosu dat ve formě stavů ON-OFF. Komponenta, která umožňuje vysílat data přes síť se nazývá transceiver, což je elektronický modul který představuje fyzické rozhraní mezi komunikačním portem mikroprocesoru a fyzickým médiem někdy nazývaným channel (kanál), které dopravuje pakety ostatním zařízením v síti. Výběr přenosového media a typu transceiveru má vliv na přenosovou rychlost a vzdálenost stejně jako zvolená síťová topologie.

Všechna zařízení připojená na specifický kanál musí obsahovat kompatibilní transceiver na stejné frekvenci. Transceivery jsou dostupné pro různé typy přenosových médií jako jsou

kroucená dvojlinka, elektrické rozvody, RF, IR přenos, optika a koaxiální kabel. Rychlost přenášených dat záleží na přenosovém mediu a použitém transceiveru.

### 5.2.2 Komunikační protokoly

Zařízení připojené na síti vysílá informace vyhrazené aplikaci, která právě běží. Aplikace není synchronizována a je možné že v jednu chvíli se pokusí vysílat více zařízení. Proto je potřeba provoz na síti upravovat pomocí sady pravidel a procedur. Tyto pravidla a procedury se nazývají komunikační protokol. Protokol definuje formát zpráv posílaných mezi zařízeními a předpokládané akce pokud jedno zařízení posílá zprávu jinému zařízení.

Protokol je obvykle implementovaný ve firmware každého zařízení v síti. Zařízení, které obsahuje kód protokolu spolu s nějakým typem inteligence je nazýván *nodem*. Zabudovaný kód, který implementuje komunikační protokol může být poměrně komplexní. K jednoduchému pochopení toho jak je implementován může být protokol rozdělen do několika funkčních vrstev. Tyto vrstvy se potom nazývají protocol stack (protokolový zásobník).

### 5.2.3 Řízení sítě

Sítě byly původně designovány pro propojení velkého množství počítačových systémů mezi sebou. Komunikační protokoly vyvinuté v minulosti byly ideální pro velké datové toky s dávkovým zpracováním.

Časem cena mikroprocesorů dosáhla bodu, kdy mohly být použity v levných kontrolérech a řídicích zařízeních. Původní komunikační protokoly bylo nutné razantně upravit a zoptimalizovat pro použití v řídicích systémech. Základní požadavky jsou tyto:

- Častá, spolehlivá a bezpečná komunikace mezi zařízeními
- Krátké formáty zpráv pro informace o prošlých datech
- Peer-to-peer spojení pro každé zařízení
- Nízká cena, která umožní budovat levné nody

### 5.2.4 LonTalk protokol

LonTalk komunikační protokol je srdcem platformy LonWorks. Protokol je sada komunikačních služeb, které umožňují programu v zařízení odesílat a přijímat zprávy přes síť bez znalosti topologie sítě, názvů, adres jiných zařízení. LonTalk protokol může optimálně zajistit konečné potvrzení, autentifikaci zpráv a prioritní doručování. Podpora

síťových služeb umožňuje nástrojům pro vzdálené řízení sítě komunikovat se zařízeními po síti, včetně překonfigurování adres, parametrů, nahrávání programů, reportování síťových problémů a start/stop/reset funkce aplikací v nodech.

LonTalk protokol je vrstvý, paketově orientovaný, peer-to-peer komunikační protokol. Stejně jako podobný Ethernet je vydaný standart vycházející ze struktury vrstev podle ISO (International Standards Protocol). LonTalk protokol je však designován pro specifické použití v řídicích systémech. Každý paket má proměnnou bitovou délku a obsahuje informace aplikační vrstvy spolu s adresováním a dalšími síťovými informacemi. Každé zařízení na kanálu sleduje adresu každého vyslaného paketu. Takže zpracovává procesy, aby zjistilo zda paket obsahuje data pro aplikaci nodu nebo je to síťový paket. Data v aplikačním paketu jsou převzata aplikačním programem a ten pokud jej přijme odešle potvrzovací zprávu do odesílacího zařízení.

K zabránění kolizím zpráv na síti LonTalk využívá CSMA (Carrier Sense Multiple Access), který je stejný jako u Ethernetu. LonTalk protokol je postaven na CSMA algoritmu pro zajištění funkce Media Access protokol které povoluje prioritní doručování zpráv a dynamicky upravuje počet paketových time slotů podle předpokládaného síťového provozu. S dynamicky alokovanou šířkou pásma pracuje algoritmus známý jako *predictive persistent CSMA protokol* dovolující síti fungovat na velké rychlosti bez zpomalení v průběhu komunikace.

### 5.2.5 Adresování v LonTalk protokolu

Ke zjednodušení nastavení a správy sítě je možné přiřazovat logické adresy nodům. Logické adresy dovolují uživatelům asociovat názvy s fyzickými zařízeními nebo nody. Logické adresy v řízení sítě LonTalk jsou definovány v momentu nastavení sítě. Všechny logické adresy mají dvě části. První částí je *domain ID*, které určuje doménu. Doména je zjednodušeně soubor nodů, často celý systém, který mezi sebou může komunikovat. Druhá část logické adresy specifikuje nejméně jeden nod v doméně svou 15-bit adresou nodu nebo předdefinovanou skupinu nodů jedinečnou 8-bitovou skupinovou adresou. Každý LonTalk paket vyslaný přes síť obsahuje logickou adresu nodu z odesílacího nodu, tzv. zdrojovou adresu a adresu příjmacího nodu tzv. cílovou adresu., což může být fyzická ID adresa neuron čipu, logická adresa nodu, skupinová adresa nebo broadcastová adresa.

Vícenásobné domény používány pokud počet nodů přesahuje povolený doménový limit nebo existuje důvod k rozdělení nodů např. kvůli přehlednosti. Je také možné aby dva nebo

více nezávislých LonWorks systémů sdílelo stejnou fyzickou síť, pokud má každý systém unikátní ID domény. Zařízení v každém takto odděleném systému odpovídá pouze na pakety ze své domény. Zařízení také odpovídají na pakety adresované s jejich vlastní fyzickým ID, které je obvykle známé jen odpovídajícímu nástroji síťového managementu. Samozřejmě pokud je fyzická síť sdílená, průměrné odezvy sítě se zvyšují s množstvím paketů.

Skupina je logickým souborem nodů uvnitř domény. Podobně jako podsítě je skupina soubor nodů, které jsou spojeny k sobě bez závislosti na jejich fyzickém umístění na síti. Neuron čip umožňuje nodům jejich nakonfigurování jako členy do 15 skupin. Limitem je 256 skupin v doméně. Maximální velikost skupiny je 64 nodů pokud se používá potvrzování zpráv. Pokud se potvrzování nepoužívá je počet skupin neomezený. Skupiny jsou vhodnou cestou pro optimalizaci využití šířky přenosového pásma.

Tab. 10. shrnutí LonWorks parametrů

Nody v podsíti	127
Podsít v domén	255
Nodů v doméně	32385
Maximum nodů v systému	$2^{48}$
Zařízení ve skupině	
S potvrzováním / bez potvrzování	63 / bez omezení
Počet skupin v doméně	255
Kanálů v síti	bez omezení
Počet bytů v síťové proměnné	31
Počet bytů v přednostní zprávě	228
Počet bytů v datovém souboru	$2^{32}$

### 5.2.6 Síťové proměnné v LonTalk

LonTalk protokol implementuje inovativní koncept síťových proměnných tzv. NV (network variables). NV velkou měrou zjednodušují úlohu designování LonWorks aplikací se zajištěním kompatibility pro výrobky různých dodavatelů a usnadnění designování informačně založených řídicích systémů. Síťová proměnná je každá datová položka (teplota, přepínací hodnota,...) u které speciální aplikace zařízení očekává příjem této

proměnné z jiného zařízení v síti (input NV) nebo očekává její poskytnutí ostatním zařízeními na síti (output NV).

Aplikace v zařízení nepotřebuje znát podrobnosti o input/output NV. Když aplikace změní hodnotu output NV jednoduše se zapíše nová hodnota do speciální části paměti. Stejně funguje i zápis do paměti v případě změny input NV. Aplikace má vždy aktuální data ze zařízení. Binding (spojovací) proces vytváří logická spojení mezi output NV v jednom zařízení a input NV v jiném zařízení ve skupině. Spojení je možné si představit jako propojení virtuálními dráty. Pokud jeden nod obsahuje fyzický přepínač (switch) s odpovídajícím výstupní NV nazvanou switch on/off a další nod např. žárovku s odpovídajícím vstupem NV nazvaným lamp on/off tvoří logické spojení pomocí bindingu těchto dvou NV má stejnou funkci jako spojení fyzickým vodičem ze switche na žárovku.

### 5.2.7 Typy zpráv v LonTalk

LonTalk protokol nabízí tři typy služeb zpráv a také podporuje ověřovací zprávy. Optimalizovaná síť často využívá všechny tyto služby. První typ zpráv zajišťuje koncové ověřování. Když jsou používány ověřovací zprávy je zpráva poslána nodu nebo skupině nodů a jedinečná odpověď je pak očekávána od každého zařízení. Pokud potvrzení není přijato, zruší se přenos s příznakem time-out. Počet nepřijatých potvrzení a time-outů je nastavitelný.

Druhým typem zpráv je nepotvrzené opakování. Použití tohoto typu zprávy znamená, že zpráva byla odeslána nodu nebo skupině nodů víckrát. Tato služba je typická pokud se používá broadcastové vysílání velké skupině nodů.

Třetím typem zpráv je jednoduše nepotvrzená zpráva ve které je zpráva poslána skupině nodů a není očekávána odpověď.

Autentifikační služba pro zprávy dovoluje příjemcům zpráv zjistit zda odesílající zařízení je autorizováno odeslat danou zprávu. Autentifikace zabraňuje neautorizovanému přístupu k nodům a je implementována distribuovanými 48-bitovými klíči do nodů při instalaci.

### 5.2.8 Typy kanálů v LonTalk

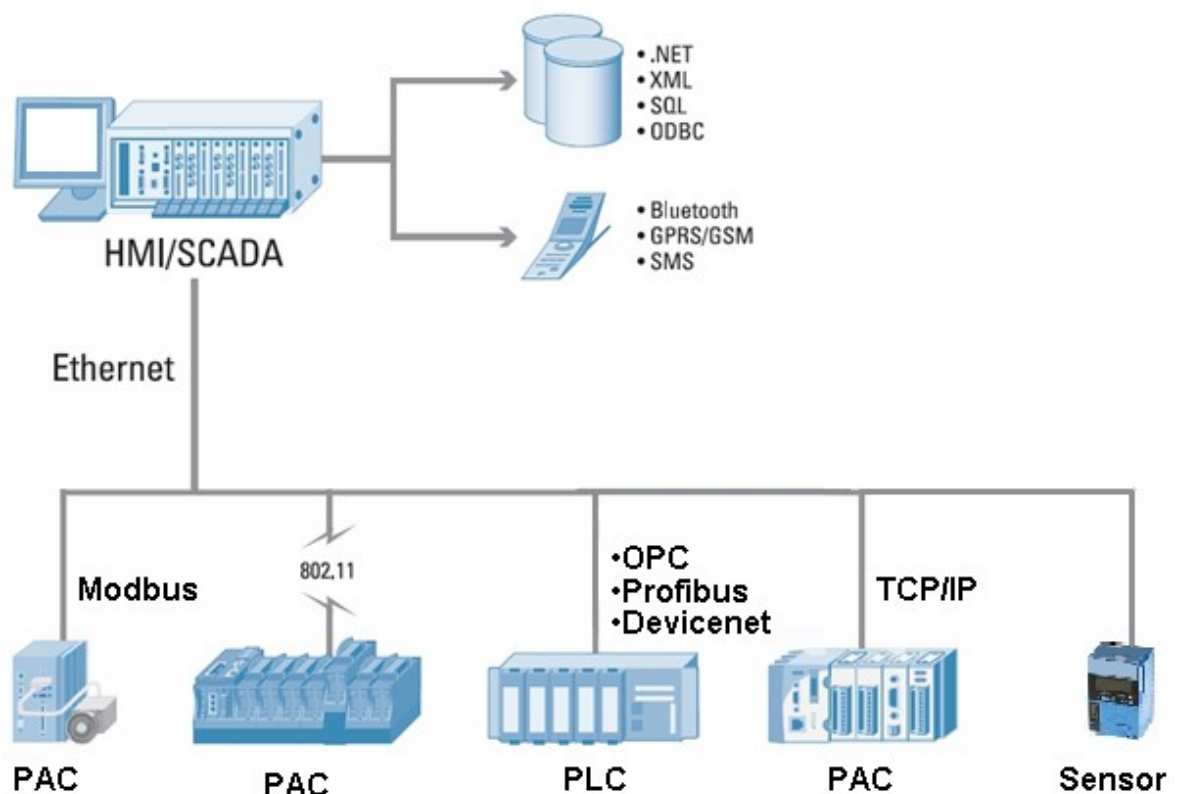
LonTalk protokol je navržen jako nezávislý na použitém přenosovém mediu. Protokol obsahuje množství upravitelných konfiguračních parametrů k vytvoření aplikace s kompromisem mezi výkonem, zabezpečením a spolehlivostí. Kanál je specifické fyzické

komunikační medium, ke kterému jsou LonWorks zařízení připojeny pomocí transceiverů. Každý typ kanálu má odlišné charakteristiky jako je počet připojených zařízení, rychlost komunikace, limity vzdáleností.

- Podpora širokého rozsahu komunikačních médií.
- Podpora spolehlivé komunikace, včetně obrany proti zneužití systému
- Nabízí předem dané časy odpovědi nezávislé na velikosti sítě
- Podporuje sítě navržené kombinací různých druhů přenosových médií a rychlostí
- Zajišťuje rozhraní transparentní pro nody
- Dovoluje libovolnou propojitelnost mezi nody
- Nabízí peer-to-peer komunikaci, která umožňuje budování distribuovaných systémů
- Zajišťuje efektivní mechanismus pro kompatibilitu produktů
- Implementuje řešení do síťové správy uvnitř protokolu.

## 6 SCADA

Vizualizační aplikace tzv. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) operátorsky řídí procesy na základě sběru dat. Je to zjednodušeně balík software umístěný na vrcholu hardware, která tvoří rozhraní, jako jsou PLC nebo jiné hardwarové moduly určený pro vizualizaci dat a řízení. V SCADA systémech rozlišujeme dvě základní vrstvy. Klientskou vrstvu, která obstarává ruční interakci a serverovou datovou vrstvu, která řeší většinu aktivit řízení procesů. Datové servery komunikují se zařízeními v provozu přes řídicí kontroléry (PLC). Řídící kontroléry jsou propojeny na datové servery buď přímo nebo pomocí sběrnice. Datové servery jsou propojeny mezi sebou a napojeny na klientské stanice přes LAN síť. SCADA produkty jsou víceúlohové a jsou založeny na databázi pracující v reálném čase (real-time database RTDB) umístěné na jednom nebo více serverech. Servery jsou zodpovědné za sběr dat a řízení např. kontrola alarmů, výpočty, archivování atd.



Obr. 18. Hierarchie SCADA systému

Komunikace server-klient a server-server je hlavně založena na využití protokolu TCP/IP, což znamená, že klientská aplikace přebírá parametry vlastněné serverovou aplikací. Datové servery komunikují s kontroléry na definované komunikační rychlosti.

Komunikační rychlost může být rozdílná pro různé parametry. Největší devizou pro rozšiřování SCADA systémů je jejich škálovatelnost. Díky tomu jsou SCADA systémy nasazovány i na menší pracoviště např. správa budovy, recepce hotelů, případně až na úrovni řízení jednotlivých strojů, výrobních linek díky tzv. vestavěným (embedded) počítačům.

## 7 TECHNICKO - EKONOMICKÉ PARAMETRY

Inteligentní budovy nejenom zajišťují zvýšený komfort užívání, zjednodušenou správu, ale také větší šetrnost k životnímu prostředí. Zařízení, která jsou schopna šetřit provozní náklady budovy jsou významným prvkem ve snaze zajistit její levnější provoz. V této kapitole se budu věnovat soupisu ekonomických pojmů a parametrů pro ekonomické posuzování projektů, které pak budou využity v praktické části.

### **Doba hodnocení**

Je doba, po kterou trvají efekty a nároky z realizovaného projektu, investice. Za dobu hodnocení se počítají peněžní toky pro výpočet kritérií NPV (čistá současná hodnota), IRR (vnitřní výnosové procento).

Po uplynutí doby hodnocení je předpoklad, že bude muset být zařízení v podstatě celé obnoveno.

Dobu hodnocení můžeme odhadnout dle podkladů od výrobce, který udává fyzickou životnost zařízení s případnou úpravou podle očekávaného způsobu provozu. Případně lze vycházet i ze znalosti doby účetního odepisování. Ta respektuje předpokládanou dobu použitelnosti zařízení a uvažuje nejen fyzické, ale i morální, ekonomické opotřebení.

### **Investiční výdaje**

Jsou peníze, zaplacené za přípravu výstavby, přípravu projektu, nákup zařízení, dopravu, montáž, stavební části atd., tj. veškeré výdaje na pořízení investičního majetku v období výstavby. Investiční výdaje při zadání rozdělují na vstupní cenu odepisovaného majetku do odpisových skupin a na neodepisované částky, což jsou třeba výdaje na nákup pozemků.

Tyto investiční výdaje lze zadat v jednom, nebo ve dvou po sobě následujících letech. Pokud je stavba realizována 2 roky začíná se odepisovat až ve druhém roce.

Investiční výdaje celkem zahrnují i úroky z úvěru, placené v době před zahájením provozu (tzv. investiční úroky) a jsou součástí vstupní ceny investičního majetku pro odepisování.

### **Neodepisované investiční výdaje**

Výdaje na nákup pozemků, nákup zásob paliva nebo náhradních dílů. Zadaná částka je výdajem, neuplatňuje se v odpisech ani v provozních výdajích, ale pouze jako výdaj do výpočtu cash flow v období výstavby.

### **Doba obnovy zařízení (účetní odpisy)**

V uvedených cyklech se počítá s částkou budoucích investičních výdajů, která je odvozena ze zadané vstupní ceny investičního majetku pro příslušnou (daňovou) odpisovou skupinu. Při obnově se počítá s celkovou částkou investic z vlastních zdrojů, neuvažuje se financování úvěrem ani investiční dotace.

### **Financování**

Investice může být financována z cizích zdrojů úvěrem a nevratnou investiční dotací. Zbývající částka je vynaložena z vlastních peněžních prostředků investora.

### **Úvěr**

Poskytnutý úvěr lze splácet

- *konstantní anuitní splátkou*, kdy je vypočtena anuita za dobu splácení a peněžní částka, zaplacená každý rok je konstantní,
- *konstantním úmorem*, kdy je umořování úvěru rovnoměrné a úroky postupně během zadané doby splácení úvěru klesají.

### **Investiční dotace**

Jedná se o částku, která snižuje částku vynakládanou na projekt z vlastních finančních prostředků investora nebo úvěrem. Částka investiční dotace se neodepisuje.

### **Daně a odpisy**

Daňové odpisy jsou vypočteny v souladu se zákonem o dani z příjmů. Případná investiční dotace se odečítá.

### **Daň z příjmů**

Základ daně z příjmů je rozdíl mezi výnosy a daňově uznatelnými náklady, upravený o odpočitatelnou položku z investic, popř. o vliv daňové ztráty z minulých let.

### **Odpočitatelná položka**

Je to zadané procento z investic. Snižuje základ daně pro vybrané daňové skupiny investičního majetku. Odpočitatelnou položku lze uplatnit v roce uvedení zařízení, stavby do provozu. Lze ji uplatnit i později pokud se předpokládá rozpuštění daňové ztráty v dalších letech. Odpočitatelná položka nijak nemění výši odpisů.

### **Výnosy (příjmy)**

Hodnota produkce, která je vyjádřena jako součin množství a ceny v penězích.

### **Provozní výdaje (provozní náklady)**

Mezi největší provozní výdaje patří výdaje za nákup paliv a energie a jsou odvozeny z předpokládaných provozních režimů a v závislosti na parametrech zařízení. U těchto položek je někdy potřebná znalost jejich vztahu k provozním ukazatelům, aby bylo možno stanovit jejich výši např. při změně ročního využití.

Mezi další položky ročních provozních nákladů patří

- mzdové a další náklady v závislosti na počtu pracovníků, vč. pojistného;
- náklady na opravy a údržbu zařízení;
- náklady režijního charakteru, nakupované služby;
- poplatky a daně (emisní poplatky, silniční a majetkové daně, ...);
- ostatní provozní náklady (materiál, provozní hmoty, ...)

### **Zisk**

Vyjadřuje rozdíl výnosů a nákladů, věcně a časově vztahený k příslušnému roku.

### **Peněžní, hotovostní tok (cash flow) investora**

Základním hlediskem jak hodnotit investiční akce je podle jejich příspěvku ke tvorbě nebo čerpání finančních zdrojů investora. Tento příspěvek je dán celkovou bilancí toku hotovosti, tj. příjmů a výdajů souvisejících s hodnocenou investicí.

### **Cash flow (peněžní tok) projektu**

Lze jím posoudit ekonomickou efektivnost projektu jako celku, bez vlivu zvoleného způsobu financování a bez konkrétních daňových důsledků pro investora můžeme tak učinit podle peněžního toku projektu (před zdaněním).

## Investor

Investorem může být

- podnikatelský subjekt
- občan – domácnost
- jiný subjekt (nezisková organizace, rozpočtová, státní instituce apod.)

Rozdíl mezi těmito subjekty je v uplatnění daní, neboť podnikatelský subjekt má možnost provozní výdaje, úroky i náklady na výstavbu ve formě odpisů převést do výpočtu své daňové povinnosti při výpočtu základu daně ze zisku (daně z příjmů). V případě, že je investor registrován jako plátce DPH, odečítá tuto daň zaplacenou na vstupu při pořízení investice a jiných platbách od daně z přidané hodnoty na výstupu, kterou zase odvádí do státního rozpočtu.

Pokud je investorem občan - domácnost, uplatní se ve výpočtu v zásadě shodné výdajové položky (investiční výdaje, provozní výdaje, úroky, splátky úvěru). Z daňového základu fyzické osoby - nepodnikatele je ovšem nelze odečítat, pokud nejsou jako daňová úleva obsaženy přímo v zákoně (např. příjmy z provozu malých vodních elektráren, větrných elektráren apod.). Tyto položky budou navíc obsahovat i zaplacenou daň z přidané hodnoty, kterou již konečný spotřebitel (domácnost) neodečítá, ale opravdu platí v ceně výrobků, služeb či energií.

## Čistá současná hodnota – NPV (Net Present Value)

Za hodnocené období je celková tvorba nebo čerpání finančních zdrojů investora dána diskontovaným součtem toku hotovosti kumulovaném za hodnocené období.

Pro  $NPV = 0$ , přináší hodnocená investice výnos z vložených prostředků právě ve výši zadaného, zvoleného diskontu (viz kritérium IRR níže).

Pro  $NPV > 0$  je výnos větší, než by byl při použití investované částky na jinou, alternativní investici, přinášející výnos ve výši zadaného diskontu.

**Vnitřní výnosové procento - IRR**

Užitečnost kritéria *IRR*, spočívá mj. v možnosti posoudit efektivnost hodnocené investice ve srovnání se zvoleným diskontem, tedy s požadovanou, očekávanou mírou výnosnosti vlastních prostředků.

**Doba splacení - prostá** (Payback Period, prostá doba návratnosti)

Prostá doba návratnosti se vypočte jako rok, v němž tvorba peněžních prostředků (kladný cash flow, postupně kumulovaný během doby provozu) převáží nad počátečními (investičními) výdaji. Ovšem takto vypočtená doba splacení má pro nás jako rozhodovací kritérium pouze orientační charakter. Neuvažuje totiž časovou cenu peněz (diskont) a také nerespektuje změny příjmů a výdajů během hodnoceného období především v důsledku inflace nebo postupného splácení úvěru.

**Doba splacení - diskontovaná** – (Payback Period, doba návratnosti)

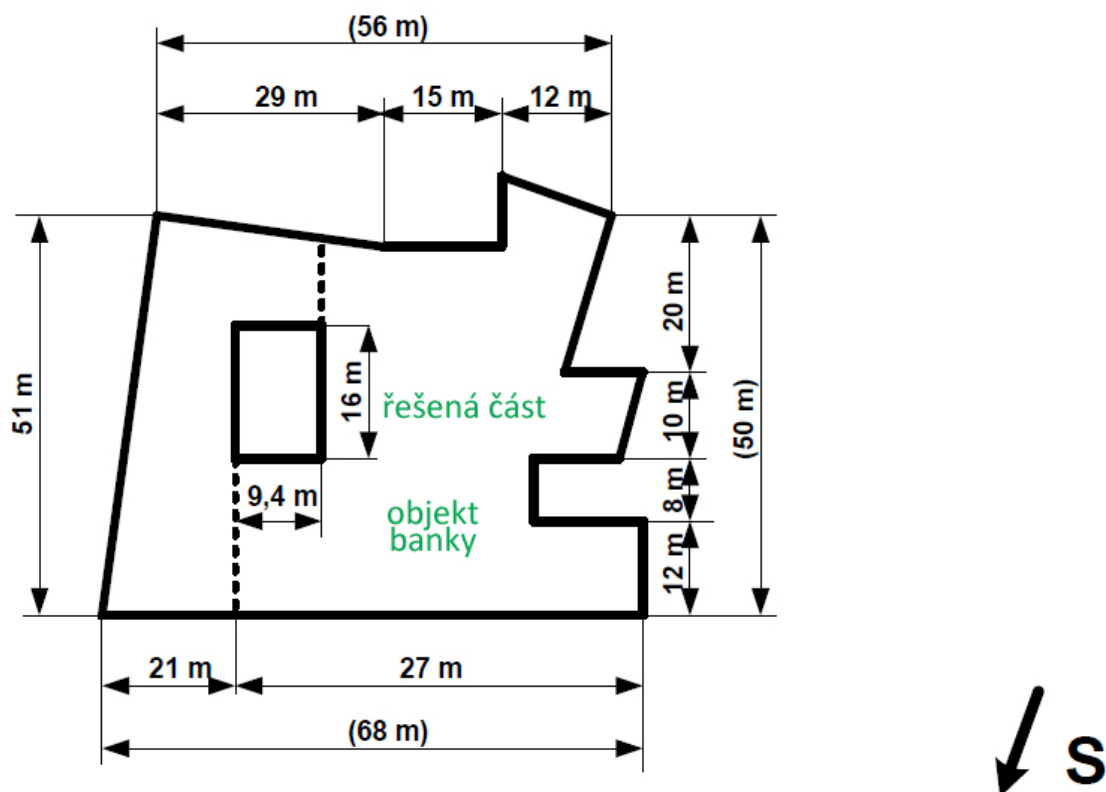
Diskontovaná doba návratnosti, se stanoví jako rok, v němž tvorba peněžních prostředků (kladný cash flow, postupně kumulovaný během doby provozu) převáží nad počátečními (investičními) výdaji. Při výpočtu se uvažuje diskont a proto se postupně kumulují hodnoty diskontovaného, odúročeného peněžního toku.

Oproti prosté doby splacení, je diskontovaná doba splacení přesnější, neboť uvažuje časovou cenu peněz (diskont).

## **PRAKTICKÁ ČÁST**

## 8 POPIS OBJEKTU

Jedná se o řadovou budovu s šesti nadzemními a jedním podzemním podlažím postavenou mezi léty 1938 – 1939 v centru Brna. Od doby výstavby prošla budova několika rekonstrukcemi. V současné době budova slouží primárně jako banka, nicméně v 1 – 5. patře jsou bytové jednotky, v 6. patře nebytové prostory a v suterénu pronajaté prostory pro obchody. Prostory banky jsou využívány 5 dní v týdnu od 8:00 do 18:00 stejně jako prostory obchodů. Byty jsou využívány trvale.



Obr. 19. půdorys objektu banky s vyznačenou řešenou částí

### 8.1 Podmínky návrhu

Pro bankovní objekt je nutné navrhnout vhodný systém tvorby mikroklimatu. Jedná se o poměrně velký objekt charakteristický různým využitím. Faktory, které ovlivňují stav vnitřního prostředí jsou osoby, tepelné zisky z vnějšího oslunění. Vodní zisky pak tvoří produkce vodní páry od lidí. Hlavní škodlivinou vyvíjenou v objektu je CO<sub>2</sub>. Pro prostory se stálým pobytem osob je nutné zajistit patřičnou výměnu vzduchu tj. větrat s filtrací přívodního vzduchu a ohřevem v zimním období.

Pro místnosti s trvalým pobytem osob objektu banky, což jsou zasedací místnosti, kanceláře, denní místnosti apod. bude pro zajištění dostatečné výměny vzduchu využit systém nuceného větrání s hlavní strojovnou. Distribuce vzduchu se povede klasickým čtyřhranným potrubím. Okna v těchto místnostech se nebudou otevírat a výměna vzduchu bude řešit systém nuceného větrání. Tepelné ztráty budou řešeny pomocí otopných těles.

V diplomové práci je dán větší důraz na řešení tvorby mikroklimatu v bankovní hale, která je podrobně zpracována v kapitole (Kap. 11).

## 8.2 Analýza konstrukcí použitých na budově

Na základě dat z energetického auditu jsem provedl analýzu použitých stavebních konstrukcí na budově. Jednak z hlediska zda je zajištěn dostatečný součinitel prostupu tepla, ale i zda nedochází v konstrukcích ke kondenzaci vodních par.

### 8.2.1 Analýza konstrukcí na součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2

Tab. 11. požadovaný a doporučený součinitel prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540-2 [28]

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty
Střeška plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16
Stěna vnější	lehká	0,30
	těžká	0,38
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30

Analýza probíhala v programu Stavební fyzika modul Teplo. Do programu byly zadávány následující skladby konstrukcí viz. tabulky níže. Kompletní výstupy jsou umístěny na CD k diplomové práci. Analýza byla provedena i pro zateplené konstrukce, které nejsou uvedeny v těchto tabulkách. Zateplené konstrukce splňují požadavky na součinitel prostupu tepla.

**Skladba podlahy:**

Tab. 12. skladba podlahy

materiál	hustota	Tloušťka	Součinitel prostupu tepla	Tepelný odpor
	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	s[m]	U[W/(m <sup>2</sup> K)]	R[(m <sup>2</sup> K)/W]
ŽB3	2500	0,050	1,74	0,03
ŽB2	2400	0,100	1,58	0,06
A400H	900	0,015	0,21	0,07
ŽB1	2300	0,150	1,43	0,10
Odpor zeminy				1,11
<b>celkem</b>	<b>724</b>	<b>0,32</b>	<b>0,65</b>	<b>1,54</b>

**Skladba obvodové stěny – zdivo cihelné CP60:**

Tab. 13. zdivo cihelné CP60

materiál	hustota	Tloušťka	Součinitel prostupu tepla	Tepelný odpor
	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	s[m]	U[W/(m <sup>2</sup> K)]	R[(m <sup>2</sup> K)/W]
Omítka vp.	1600	0,015	0,87	0,02
Zdivo CP2	1800	0,600	0,86	0,70
Omítka vpc.	2000	0,020	0,99	0,02
Bitagit	1345	0,100	0,21	0,05
Zdivo CP2	1800	0,070	0,86	0,08
Odpor zeminy				1,11
<b>celkem</b>	<b>1291</b>	<b>1,72</b>	<b>0,47</b>	<b>2,14</b>

**Skladba stěny – zdivo cihelné susedící CP30:**

Tab. 14. zdivo cihelné CP30

materiál	hustota	Tloušťka	Součinitel prostupu tepla	Tepelný odpor
	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	s[m]	U[W/(m <sup>2</sup> K)]	R[(m <sup>2</sup> K)/W]
Omítka vp.	1600	0,015	0,87	0,02
Zdivo CP2	1800	0,600	0,86	0,70
Omítka vpc.	2000	0,020	0,99	0,02
<b>celkem</b>	<b>1152</b>	<b>1,64</b>	<b>1,11</b>	<b>0,90</b>

**Skladba obvodové stěny – zdivo cihelné CP45:**

Tab. 15. zdivo cihelné CP45

materiál	hustota	Tloušťka	Součinitel prostupu tepla	Tepelný odpor
	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	s[m]	U[W/(m <sup>2</sup> K)]	R[(m <sup>2</sup> K)/W]
Omítka vp.	1600	0,015	0,87	0,02
Zdivo CP2	1800	0,450	0,86	0,70
Omítka vpc.	2000	0,020	0,99	0,02
<b>celkem</b>	<b>882</b>	<b>1,49</b>	<b>1,37</b>	<b>0,73</b>

**Skladba střecha-terasa:**

Tab. 16. Skladba střecha – terasa

materiál	hustota	Tloušťka	Součinitel prostupu tepla	Tepelný odpor
	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	s[m]	U[W/(m <sup>2</sup> K)]	R[(m <sup>2</sup> K)/W]
Omítka vp.	1600	0,015	0,87	0,02
ŽB2	2400	0,300	1,58	0,19
Škvára	750	0,100	0,27	0,37
Beton hutný	2100	0,050	1,23	0,04
Dlažba ker.	2000	0,012	1,01	0,01
<b>celkem</b>	<b>956</b>	<b>1,48</b>	<b>1,25</b>	<b>0,80</b>

**Skladba střecha:**

Tab. 17. skladba střecha

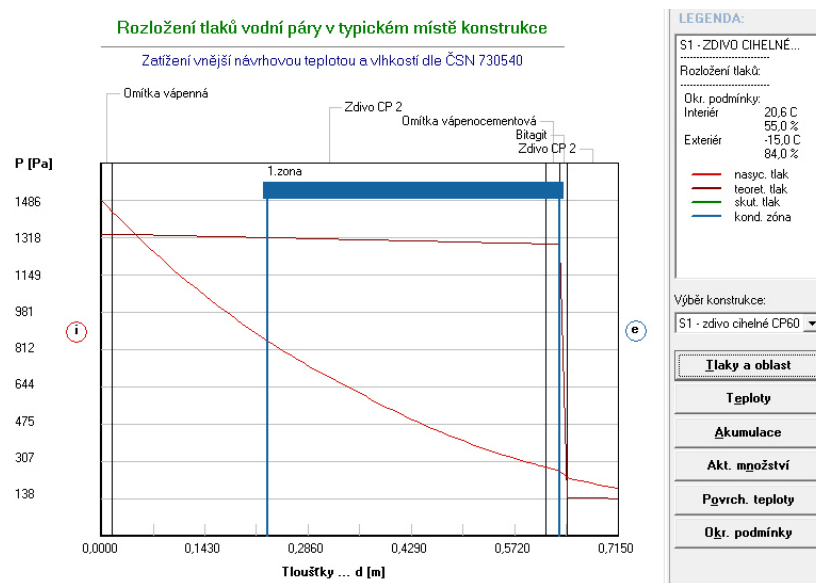
materiál	hustota	Tloušťka	Součinitel prostupu tepla	Tepelný odpor
	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	s[m]	U[W/(m <sup>2</sup> K)]	R[(m <sup>2</sup> K)/W]
Omítka vp.	1600	0,015	0,87	0,02
ŽB2	2400	0,300	1,58	0,19
Škvára	750	0,080	0,27	0,37
Beton hutný	2100	0,050	1,23	0,04
PPS	20	0,050	1,01	0,01
Bitagit	1345	0,010	0,21	0,05
<b>celkem</b>	<b>931</b>	<b>1,51</b>	<b>0,53</b>	<b>1,87</b>

Nezateplené konstrukce nevyhovují požadavkům na součinitel prostupu tepla  $U$  dle normy 73 0540-2[28]. Tyto konstrukce se výrazně podílí na uniku tepla a energetické nehospodárnosti budovy.

### 8.2.2 Analýza kondenzace vodních par v konstrukcích dle ČSN 73 0540-2

Výpočet a simulace kondenzace vodních par v konstrukcích probíhala opět v programu Stavební fyzika modulu Teplo. Množství zkondenzované vodní páry za rok uvnitř konstrukce musí být nižší než roční množství vypařené vody z konstrukce. Pokud by tato podmínka nebyla splněna, mohlo by dojít ke kondenzaci vodní páry v konstrukci a mohlo by to vést ke vzniku plísní.

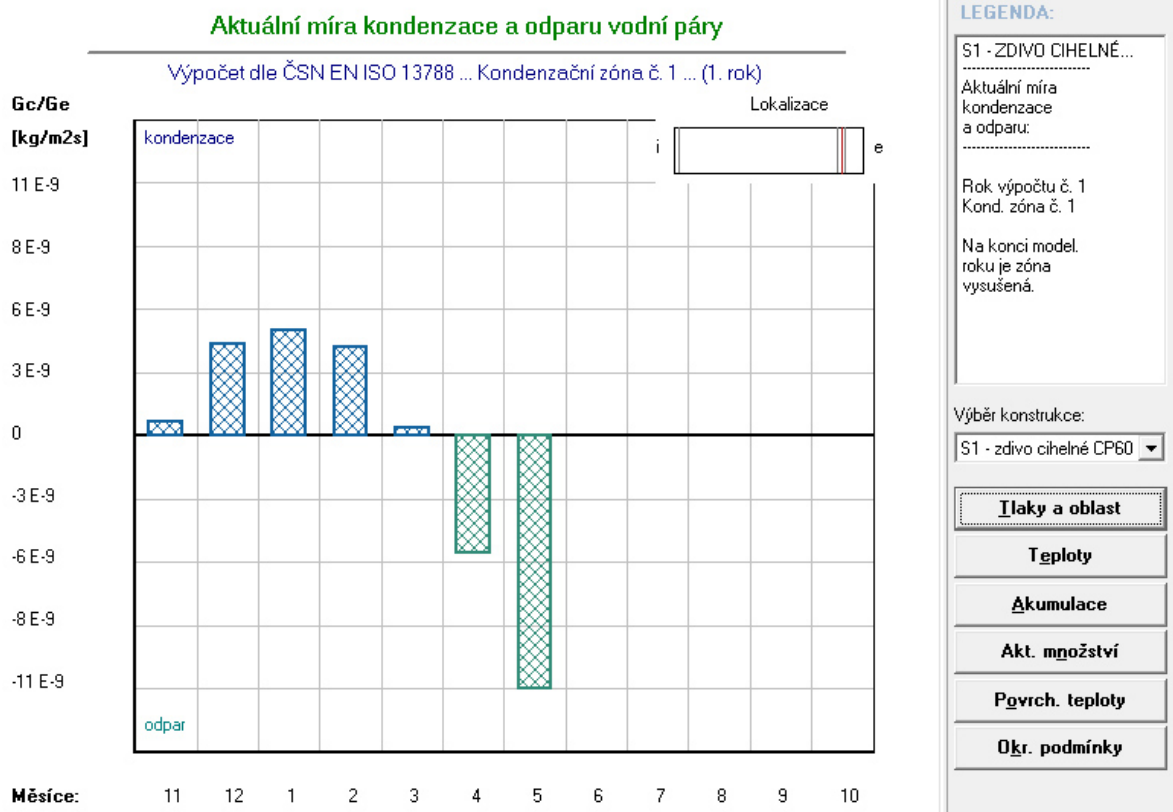
Pro ilustraci uvádím výsledky analýzy základního obvodového zdiva CP60.



Obr. 20. Analýza kondenzace vodní páry ve zdivu CP60

U obvodového zdiva CP60 nedochází k pronikání vody do interiéru. Na obrázku (Obr. 20) je kondenzační oblast vyznačena modře.

Kondenzace vodní páry v průběhu roku v uvedené konstrukci vypadá následovně.



Obr. 21. množství zkondenzovaných vodních par v konstrukci během roku

Z (Obr. 20) je patrné že od listopadu do konce března v konstrukci dochází ke kondenzaci vodních par. Ta je nicméně v dalších měsících z konstrukce odpařena. Na konci roku je konstrukce vysušená. Problém z kondenzací by nastal, pokud by množství zkondenzované páry bylo větší než množství vypařitelné vodní páry. V konstrukcích použitých na budově banky nedochází k dlouhodobé kondenzaci vlhkosti.

## 9 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT DLE ČSN EN 12831

Pro výpočet tepelných ztrát objektu se využívá normy ČSN EN 12831 [27]. Tato norma nahrazuje původní normu ČSN 0602 10.

### Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty vytápěného prostoru (i)

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} - \Phi_{V,i} \quad (17)$$

$\Phi_{T,i}$  návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i) [W]

$\Phi_{V,i}$  návrhová tepelná ztráta větráním prostoru (i) [W]

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla  $\Phi_{T,i}$  se pro vytápěný prostor (i) počítá dle

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e) [W] \quad (18)$$

$H_{T,ie}$  součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy ve wattech na Kelvin (W/K);

$H_{T,iue}$  součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u) ve wattech na Kelvin (W/K);

$H_{T,ig}$  součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu ve wattech na stupeň kelvina (W/K);

$H_{T,ij}$  součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu, např. sousedící místnost uvnitř funkční části budovy nebo vytápěný prostor sousední funkční části budovy ve wattech na Kelvin (W/K);

$\Theta_{int}$  výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) ve stupních celsia (°C);

$\Theta_e$  výpočtová venkovní teplota ve stupních celsia (°C).

Návrhová tepelná ztráta větráním  $\Phi_{V,i}$

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (19)$$

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí  $H_{T,ie}$

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k \quad (20)$$

Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí  $H_{T,ie}$  včetně tepelných mostů

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_k e_k + \sum \Psi_i \cdot l_i \cdot e_i [W/K] \quad (21)$$

$A_k$  je plocha stavební části (k) v metrech čtverečních (m<sup>2</sup>);

$e_k$  korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů jako je různé oslunění, pohlcování vlhkosti stavebními díly, rychlost větru a teplota, pokud tyto vlivy nebyly uvažovány při stanovení U hodnot (EN ISO 6946). Základní hodnota pro korekční činitele,  $e_k$  a  $e_i$  je 1,0;

$U_k$  součinitel prostupu tepla stavební části (k) ve wattech na metr čtvereční a Kelvin (W/m<sup>2</sup>.K), vypočtené podle:

– EN ISO 6946 (pro neprůsvitné části);

– EN ISO 10077-1 (pro dveře a okna);

– nebo z údajů uvedených v Evropských technických schváleních

$l_i$  délka lineárních tepelných mostů (l) mezi vnitřním a venkovním prostředím v metrech (m);

$\Psi_i$  součinitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu (l) ve wattech na metr a Kelvin (W/m.K).  $\Psi_i$  se stanoví jedním ze dvou dále uvedených postupů:

– pro hrubé stanovení se užijí tabelární hodnoty uvedené v EN ISO 14683;

– nebo se vypočtou podle EN ISO 10211-2.

Tabelární hodnoty,  $\Psi_i$  v EN ISO 14683 jsou stanoveny pro výpočtový postup uvažující celou budovu a ne pro postup výpočtu místnost po místnosti. Poměrné rozdělení hodnoty  $\Psi_i$  mezi místnostmi provádí projektant.

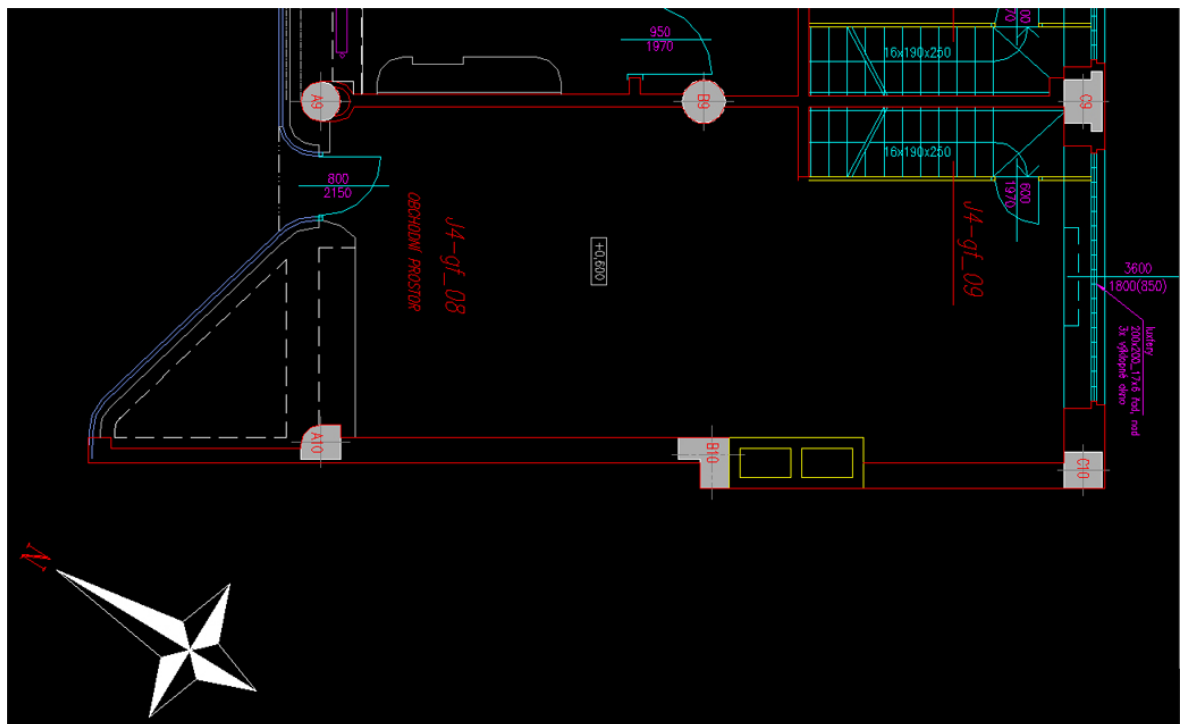
**Okrajové podmínky pro lokalitu Brno (krajina s intenzivními větry):**

Tab. 18. okrajové podmínky pro lokalitu Brno

Nadmořská výška [m]	227
Návrhová (výpočtová) venkovní teplota v zimním období $\Theta_e$ [°C]	-12
Průměrná roční teplota venkovního vzduchu $\Theta_{m,e}$ [°C]	8,7
Korekční činitel zohledňující typické roční kolísání venkovní teploty f,g1	1,45
Délka otopného období [dny]	222

**9.1 Ukázka výpočtu tepelných ztrát místnosti J4-gf\_08**

Jedná se o místnost v přízemí budovy využívanou jako obchod. Vzhledem k tomu, že okolní místnosti jsou vytápěny na stejnou teplotu tak jsou celkové tepelné ztráty místnosti složeny ze ztrát přímo do venkovního prostředí  $\Phi_{T,i}$  a ztrát větráním  $\Phi_{V,i}$ . Místnost je navíc vytápěna přerušovaně s dobou zátopu 2 hodiny a poklesem teploty o 2K.



Obr. 22. půdorys místnosti J4-gf\_08 otočeno o 90°

## 9.1.1 Výpočet celkové tepelné ztráty prostupem do vnějšího prostředí

Tab. 19. Výpočet tepelných ztrát prostupem konstrukcemi

konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Korekce $e_k$	$\Delta U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$U_{kc}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$H_{T,ie}$ [W/K]
Jednoduché okno s 1 sklem	17,56	5,65	1,15	0,2	6,73	118,18
Dveře kovové s 1 sklem	1,72	5,65	1,15	0,5	7,07	12,16
Zdivo cihelné CP45	48,48	1,37	1	0	1,37	66,42
Jednoduché okno s 1 sklem	5,72	5,65	1,15	0,3	6,84	39,12
luxfery	3,6	2,68	1,15	0,4	3,54	12,74
<b>celkem</b>						<b>248,62</b>

Ukázka výpočet tepelné ztráty prostupem přes cihelné zdivo CP45

$$H_{T,ie} = A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k = 48,48 \cdot 1,37 \cdot 1 = 66,42 \text{ W/K}$$

Tepelná ztráta prostupem do vnějšího prostředí vyšla 248,62 W/K

Celková tepelná ztráta prostupem do vnějšího prostředí:

$$\begin{aligned} \Phi_{T,i} &= (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e) = 248,62 \cdot (20 + 12) \\ &= 7955,84 \text{ W} \end{aligned}$$

### 9.1.2 Zátopový tepelný výkon

Zátopový tepelný výkon, který je požadován pro nahrazení účinku přerušovaného vytápění  $\Phi_{RH,i}$  vytápěného prostoru (i) se stanoví:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 41,85 \cdot 22 = 920,7W$$

kde

$A_i$  je podlahová plocha vytápěného prostoru (i) v metrech čtverečních ( $m^2$ );

$f_{RH}$  korekční činitel závisící na zátopové době a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době, ve watech na metr čtvereční ( $W/m^2$ ) viz. tabulka (Tab. 20).

Tab. 20. zátopový činitel  $f_{RH}$  pro nebytové prostory s nočním teplotním útlumem maximálně 12h

Zátopový čas v hodinách	$f_{RH}$ ( $W/m^2$ )								
	předpokládaný pokles vnitřní teploty během teplotního útlumu <sup>a)</sup>								
	2 K			3 K			4 K		
	Hmotnost budovy			Hmotnost budovy			Hmotnost budovy		
	nízká	střední	vysoká	nízká	střední	vysoká	nízká	střední	vysoká
1	18	23	25	27	30	27	36	27	31
2	9	16	22	18	20	23	22	24	25
3	6	13	18	11	16	18	18	18	18
4	4	11	16	6	13	16	11	16	16

<sup>a)</sup> v dobře tepelně izolovaných a utěsněných budovách není obvyklý předpokládaný pokles vnitřní teploty o více než 2 až 3 K. Pokles závisí na klimatických podmínkách a tepelné hmotě budovy.

### 9.1.3 Výpočet ztrát větráním

Návrhovou tepelnou ztrátu větráním  $\Phi_{V,i}$  [W] počítáme dle:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (22)$$

kde

$H_{V,i}$  součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/K]

$\Theta_{\text{int},i}$  výpočtová teplota vnitřního vytápěného prostoru [°C]

$\Theta_e$  výpočtová venkovní teplota [°C]

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním spočítáme dle rovnice (23):

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho_i \cdot c_p \quad (23)$$

kde

$V_i$  Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru [m<sup>3</sup>/s]

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

$c_p$  měrná tepelná kapacita vzduchu [J/(kgK)]

Úpravou předchozí rovnice s předpokládaným konstantním  $\rho_i$  a  $c_p$  dostáváme:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{\text{min}} \quad (24)$$

kde

$V_i$  objem vytápěné místnosti (počítáno z vnitřních rozměrů) [m<sup>3</sup>]

$n_{\text{min}}$  minimální intenzita výměny vzduchu za 1 hodinu [1/h]

Nejmenší požadované množství vzduchu z hygienických důvodů pro vytápěný prostor (i) se stanoví:

$$V_{\text{min},i} = n_{\text{min}} \cdot V_i \quad (25)$$

kde

$V_i$  objem vytápěné místnosti (počítáno z vnitřních rozměrů), přibližně je to 0,8 objemu stanoveného z vnějších rozměrů [m<sup>3</sup>]

$n_{\text{min}}$  minimální intenzita výměny vzduchu za 1 hodinu [1/h]

Dosažením do základní rovnice dostáváme

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot V_{min,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \quad (26)$$

### Parametry místnosti J4-gf\_08:

Tab. 21. parametry místnosti J4-gf\_08

Objem místnosti $V_i$ [ $m^3$ ]:	128,5
Vnitřní výpočtová teplota $\Theta_{int,i}$ [ $^{\circ}C$ ]:	20
Minimální intenzita výměny vzduchu $n_{min}$ [1/h]	0,5

Stanovení nejmenšího požadovaného množství vzduchu z hygienických důvodů pro vytápěný prostor místnosti J4-gf\_08

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 128,5 = 64,25m^3$$

Celková návrhová tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot V_{min,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e) = 0,34 \cdot 64,25 \cdot (20 + 12) = 699,04W$$

Shrnutí výpočtu tepelných ztrát je uvedeno v tabulce (Tab. 22)

Tab. 22. Vypočítané tepelné ztráty - přehled

Celková tepelná ztráta prostupem do vnějšího prostředí [W]	7955,84
Zátopový tepelný výkon [W]	920,7
Návrhová tepelná ztráta větráním [W]	699,04

**Celková tepelná ztráta místnosti je tedy**

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 7955,84 + 920,7 + 699,04 = 9575,58W$$

Veškeré tepelné ztráty byly počítány pomocí software Stavební fyzika / modul ztráty. *Ruční výpočty se shodují s výsledky vypočítanými programem.*

REKAPITULACE ZADÁNÍ A TEPELNÉ ZTRÁTY MÍSTNOSTI						
Číslo podlaží :	2	Název podlaží :	přízemí			
Číslo místnosti :	8	Název místnosti :	J4-gf_08 -			
Půd. plocha A :	41.8 m <sup>2</sup>	Objem vzduchu V :	128.5 m <sup>3</sup>			
Exp. obvod P :	25.3 m	Počet na podlaží :	1			
Teplota T <sub>i</sub> :	20.0 C	Typ vytápění :	převažující přirozená konvekce			
Vytápění :	přerušované	Trvalý tepelný zisk F <sub>i,z</sub> :	0 W			
Pokles T <sub>i</sub> :	2.0 C	Trvání zátupu :	2.0 h			
Typ větrání :	přirozené	Min. hyg. výměna :	0.5 1/h			
Výměna n <sub>50</sub> :	1.0 1/h	Činitelé e + epsilon :	0.00 + 1.00			
Název konstrukce	Plocha	U	Korekce	DeltaU	U <sub>eq</sub>	H,T
Jednoduché okno	17.6	5.65	e = 1.15	0.20	-----	118.13 W/K
D2 - dveře kovo	1.7	5.65	e = 1.15	0.50	-----	12.16 W/K
S4_S7 - zdivo c	48.5	1.37	e = 1.00	0.00	-----	66.42 W/K
Jednoduché okno	5.7	5.65	e = 1.15	0.30	-----	39.14 W/K
O1 luxfery	3.6	2.68	e = 1.15	0.40	-----	12.75 W/K
Zvýšení výkonu kvůli přerušení vytápění F <sub>i,RH</sub> :	921 W					
Násobnost výměny vzduchu n :	0.50 1/h					
Ztráta prostupem F <sub>i,T</sub> :	7955 W,	tj.	2.6 % z celkové ztráty prostupem objektu			
Ztráta větráním F <sub>i,V</sub> :	699 W,	tj.	0.7 % z celkové ztráty větráním objektu			
Ztráta celková F <sub>i,HL</sub> :	9575 W,	tj.	2.1 % z celkové ztráty objektu			

Obr. 23. výstup z programu Stavební fyzika / modul ztráty

#### 9.1.4 Celkové tepelné ztráty objektu

Celkové tepelné ztráty jsem vypočítal v programu Stavební fyzika / modul ztráty. Kompletní výstupy provedených výpočtů z programu jsou součástí přílohy na CD.

Výsledky jsou následující:

Návrhová (výpočtová) venkovní teplota T <sub>e</sub> :	-12.0 C
Průměrná roční teplota venkovního vzduchu T <sub>e,m</sub> :	8.7 C
Činitel ročního kolísání venkovní teploty fg <sub>1</sub> :	1.45
Průměrná vnitřní teplota v objektu T <sub>i,m</sub> :	20.0 C
Půdorysná plocha podlahy objektu A :	1846.0 m <sup>2</sup>
Exponovaný obvod objektu P :	161.0 m
Obestavěný prostor vytápěných částí budovy V :	26067.6 m <sup>3</sup>
Účinnost zpětného získávání tepla ze vzduchu :	0.0 %
Typ objektu :	nebytový

#### CELKOVÉ TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU

<b>Součet tep.ztrát (tep.výkon) F<sub>i,HL</sub></b>	<b>462.584 kW</b>	<b>100.0 %</b>	
Součet tep. ztrát prostupem F <sub>i,T</sub>	<b>306.555 kW</b>	66.3 %	
Součet tep. ztrát větráním F <sub>i,V</sub>	<b>95.919 kW</b>	20.7 %	
Korekce ztrát (zisky, přeruš. vytápění) :	60.110 kW		13.0 %

Obr. 24. Celkové tepelné ztráty objektu

## 10 NÁVRH TEPELNÉHO ZDROJE

### 10.1 Výměníková stanice

Zdrojem tepla je parní přípojka středotlaké páry o tlaku 0,9 (0,8 – 1,3) MPa a teplotě 174°C napojená na parovod. Dodavatelem tepla jsou TEPLÁRNY BRNO a.s.

Výměníková stanice se nachází v suterénu objektu v místnosti J6-sout\_02 o ploše 73,5m<sup>2</sup>. Výměníková stanice řeší vytápění, větrání a ohřev TUV pro řešenou část objektu.

#### 10.1.1 Dimenzování výměníku pára-voda

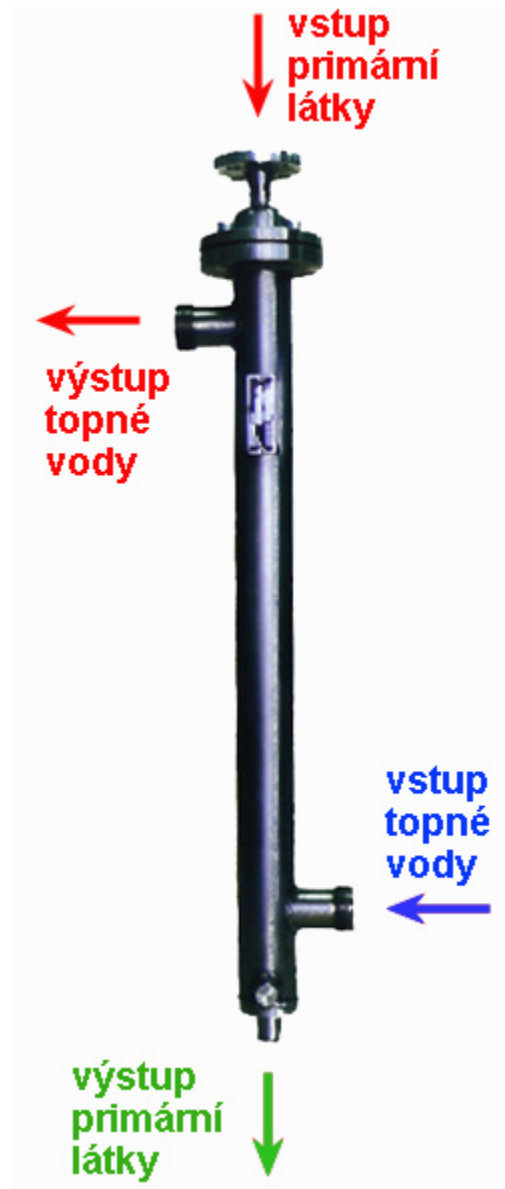
Tab. 23. parametry výměníku pára

	Teplá strana	Studená strana
Vstupní teplota $\theta_{in}$ [°C]	174	80
Výstupní teplota $\theta_{out}$ [°C]	60	60

Na základě údajů uvedených v tabulce (Tab. 23) byly vybrány 2 trubkové výměníky Raciotherm typ KVP 80.11-50/42k LOC. Výkonová rezerva každého výměníku činí 20,9%.

Volba pláště <input checked="" type="checkbox"/> ocel <input type="checkbox"/> nerez Zvolte materiál pláště. Standardní předvolba je ocel.	<div style="text-align: center;"> </div> <p><i>Výpočtový program pro volbu výměníků RACIO TERM řady KVP pára - voda.</i></p> <p>CHER verze: <b>2.21</b></p> <p>Postupně vyplňujte pouze <input type="button" value="taktu"/> označená políčka, a to buď zadáním hodnoty, nebo zaškrtnutím okénka. Pro každou volbu zaškrtněte pouze jednu možnost. V některých případech je nastavena standardní předvolba. Zvolený výměník, jeho základní parametry, rozměry a cena se objeví ve žluté tabulce.</p> <p>Podrobný výpočet zvoleného výměníku naleznete <a href="#">zde</a>                  Ucelený přehled řady výměníků s cenami naleznete <a href="#">zde</a></p> <div style="text-align: right;"> </div>																																												
Volba trubiček <input checked="" type="checkbox"/> Cu <input type="checkbox"/> nerez Zvolte materiál trubek. Standardní předvolba je Cu.																																													
Poloha hrdel sekundární látky <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4 																																													
Výstupní hrdlo kondenzátu <input checked="" type="checkbox"/> 1 s otočnou přírubou <input checked="" type="checkbox"/> 2 s trubkovým výstupem																																													
p = <b>900</b> kPa Tlak páry na vstupu do výměníku P = <b>230</b> kW Požadovaný tepelný výkon výměníku t <sub>1</sub> = <b>20</b> % Rezerva pro dochlazení kondenzátu t <sub>2</sub> = <b>80</b> °C Výstupní teplota sekundáru Δp = <b>60</b> °C Vstupní teplota sekundáru Δp = <b>20</b> kPa Maximální tlaková ztráta sekundáru																																													
Vybírejte počet trubiček kliknutím do políčka u nabízeného čísla. Snažte se zvolit <b>podle hodnoty</b> stanovené výpočtem. Dle výpočtu → <span style="color: red;">→</span> Vaše volba → <span style="color: blue;">→</span> Omezující podmínka:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">KVP...krátký</th> <th colspan="2">KVP...dlouhý</th> </tr> <tr> <th>80</th> <th>100</th> <th>80</th> <th>100</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="radio"/> 64</td> <td><input type="radio"/> 104</td> <td><input type="radio"/> 64</td> <td><input type="radio"/> 104</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 52</td> <td><input type="radio"/> 92</td> <td><input type="radio"/> 52</td> <td><input type="radio"/> 92</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 42</td> <td><input type="radio"/> 76</td> <td><input type="radio"/> 42</td> <td><input type="radio"/> 76</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 40</td> <td><input type="radio"/> 70</td> <td><input type="radio"/> 40</td> <td><input type="radio"/> 70</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 38</td> <td><input type="radio"/> 64</td> <td><input type="radio"/> 38</td> <td><input type="radio"/> 64</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 36</td> <td><input type="radio"/> 52</td> <td><input type="radio"/> 36</td> <td><input type="radio"/> 52</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 34</td> <td><input type="radio"/> 48</td> <td><input type="radio"/> 34</td> <td><input type="radio"/> 48</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border: 1px solid black; background-color: #ffff00;">42 k</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black; background-color: #ffff00;">27</td> </tr> <tr> <td colspan="2">není</td> <td colspan="2">není</td> </tr> </tbody> </table>	KVP...krátký		KVP...dlouhý		80	100	80	100	<input type="radio"/> 64	<input type="radio"/> 104	<input type="radio"/> 64	<input type="radio"/> 104	<input type="radio"/> 52	<input type="radio"/> 92	<input type="radio"/> 52	<input type="radio"/> 92	<input type="radio"/> 42	<input type="radio"/> 76	<input type="radio"/> 42	<input type="radio"/> 76	<input type="radio"/> 40	<input type="radio"/> 70	<input type="radio"/> 40	<input type="radio"/> 70	<input type="radio"/> 38	<input type="radio"/> 64	<input type="radio"/> 38	<input type="radio"/> 64	<input type="radio"/> 36	<input type="radio"/> 52	<input type="radio"/> 36	<input type="radio"/> 52	<input type="radio"/> 34	<input type="radio"/> 48	<input type="radio"/> 34	<input type="radio"/> 48	42 k		27		není		není	
KVP...krátký		KVP...dlouhý																																											
80	100	80	100																																										
<input type="radio"/> 64	<input type="radio"/> 104	<input type="radio"/> 64	<input type="radio"/> 104																																										
<input type="radio"/> 52	<input type="radio"/> 92	<input type="radio"/> 52	<input type="radio"/> 92																																										
<input type="radio"/> 42	<input type="radio"/> 76	<input type="radio"/> 42	<input type="radio"/> 76																																										
<input type="radio"/> 40	<input type="radio"/> 70	<input type="radio"/> 40	<input type="radio"/> 70																																										
<input type="radio"/> 38	<input type="radio"/> 64	<input type="radio"/> 38	<input type="radio"/> 64																																										
<input type="radio"/> 36	<input type="radio"/> 52	<input type="radio"/> 36	<input type="radio"/> 52																																										
<input type="radio"/> 34	<input type="radio"/> 48	<input type="radio"/> 34	<input type="radio"/> 48																																										
42 k		27																																											
není		není																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; background-color: #ffff00;"> <thead> <tr> <th>Typ</th> <th colspan="2">KVP 80 . 11 - 50 / 42 k LOC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>celkový výkon :</td> <td>278 kW</td> <td></td> </tr> <tr> <td>z toho rezerva :</td> <td>48 kW</td> <td>20,9%</td> </tr> <tr> <td>výhřevná plocha :</td> <td>0,357 m<sup>2</sup></td> <td></td> </tr> <tr> <td>tlaková ztráta :</td> <td>18,5 kPa</td> <td></td> </tr> <tr> <td>připojení :</td> <td>DN<sub>1</sub> 40</td> <td>DN<sub>2</sub> 25 / DN<sub>3,4</sub> 50</td> </tr> <tr> <td>výška, rozteč :</td> <td>L = 935</td> <td>L<sub>1</sub> = 575</td> </tr> <tr> <td>prodejní cena :</td> <td colspan="2">22 300 Kč</td> </tr> </tbody> </table>	Typ	KVP 80 . 11 - 50 / 42 k LOC		celkový výkon :	278 kW		z toho rezerva :	48 kW	20,9%	výhřevná plocha :	0,357 m <sup>2</sup>		tlaková ztráta :	18,5 kPa		připojení :	DN <sub>1</sub> 40	DN <sub>2</sub> 25 / DN <sub>3,4</sub> 50	výška, rozteč :	L = 935	L <sub>1</sub> = 575	prodejní cena :	22 300 Kč																						
Typ	KVP 80 . 11 - 50 / 42 k LOC																																												
celkový výkon :	278 kW																																												
z toho rezerva :	48 kW	20,9%																																											
výhřevná plocha :	0,357 m <sup>2</sup>																																												
tlaková ztráta :	18,5 kPa																																												
připojení :	DN <sub>1</sub> 40	DN <sub>2</sub> 25 / DN <sub>3,4</sub> 50																																											
výška, rozteč :	L = 935	L <sub>1</sub> = 575																																											
prodejní cena :	22 300 Kč																																												

Obr. 25. návrh výměníků pára-voda



Obr. 26. výměník pára-voda Raciotherm KVP 80k

Z výměníků Raciotherm KVP 80k je potrubí vedeno do sdruženého rozdělovače-sběrače, kde jsou napojeny následující větve.

Tab. 24. otopné větve

Větev	popis	Teplotní spád vstup/vrat [°C]
<b>ČS –tělesa JV</b>	dvorní JV část objektu (suterén – mezanin), otopná tělesa	75/65
<b>ČS –tělesa SZ</b>	SZ část objektu (suterén – mezanin), otopná tělesa	75/65
<b>obchody Jánská 4</b>	pronajaté prostory ulice Jánská , větev měřena, otopná tělesa	75/65
<b>obchody Jánská 8</b>	pronajaté prostory ulice Jánská , větev měřena, otopná tělesa	75/65
<b>dveřní clona</b>	prostory vstupní haly Jánská 6	80/60

### 10.1.2 Dimenzování oběhových čerpadel a návrh třicestných ventilů

Průtok čerpadla je čerpadlem dopravovaný využitelný objemový tok z jeho výtlačného průřezu. Průtok systému se vypočítá součtem tepla předaného spotřebiči a tepelných ztrát při rozvodu tepla.

#### Dimenzování oběhových čerpadel

Oběhové čerpadlo je potřeba nadimenzovat na maximální výšku, do které potřebujeme dostat otopnou vodu. Při návrhu třicestných ventilů jsem vypočítal potřebnou dopravní výšku pro každou z větví. Údaje jsou uvedeny ve společné tabulce s parametry třicestných ventilů.

Pro ukázkou uvádím návrh pro větev ČS-tělesa SZ stejně jako při návrhu třicestného ventilu.

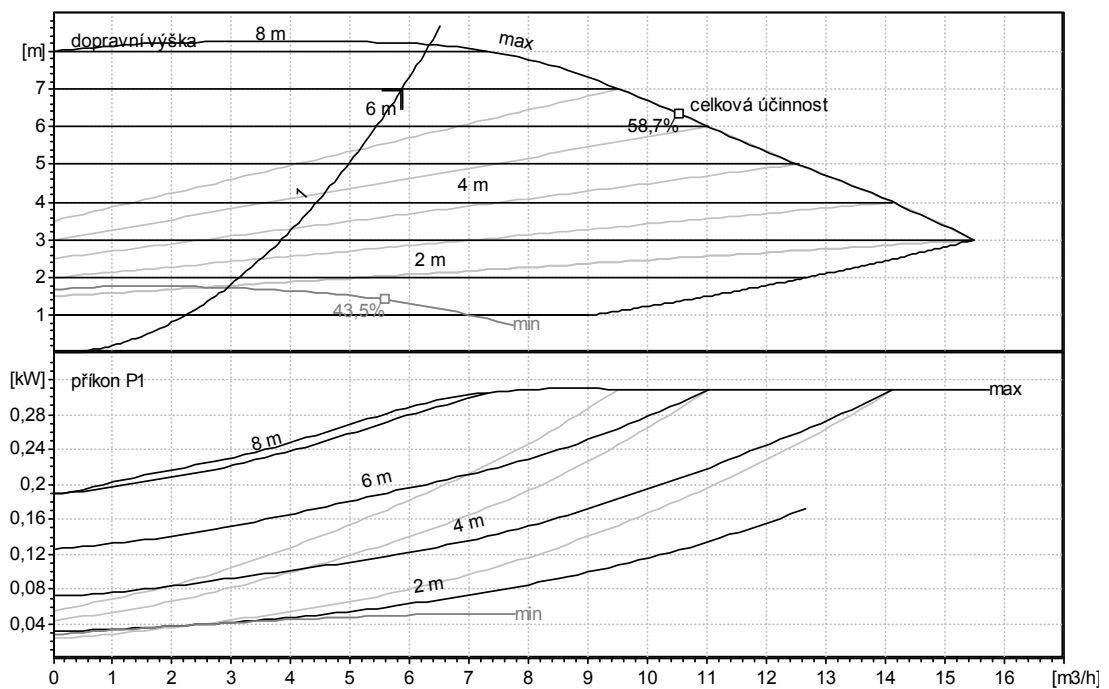
Vybírány byly oběhová čerpadla firmy WILO pomocí aplikace WILO-select pro jejich navrhování a čerpadla firmy Grundfos pomocí aplikace WEBCAPS na základě provedených výpočtů.

Pro parametry dopravní výška 7m při průtoku  $5,72\text{m}^3/\text{h}$  jsem vybral čerpadlo WILO STRATOS 40/1-8 PN 6-10.

Jedná se o bezúdržbové, mokroběžné cirkulační čerpadlo s nízkými provozními náklady, pro montáž do potrubí. Použitelné u všech otopných, ventilačních, klimatizačních zařízení ( $-10\text{ }^\circ\text{C}$  do  $+110\text{ }^\circ\text{C}$ ). S integrovanou elektronickou regulací výkonu pro udržování konstantního/variabilního diferenčního tlaku. Čerpadlo je v úsporném provedení v energetické třídě A.



Obr. 27: čerpadlo WILO STRATOS



Obr. 28. charakteristika vybraného čerpadla WILO STRATOS

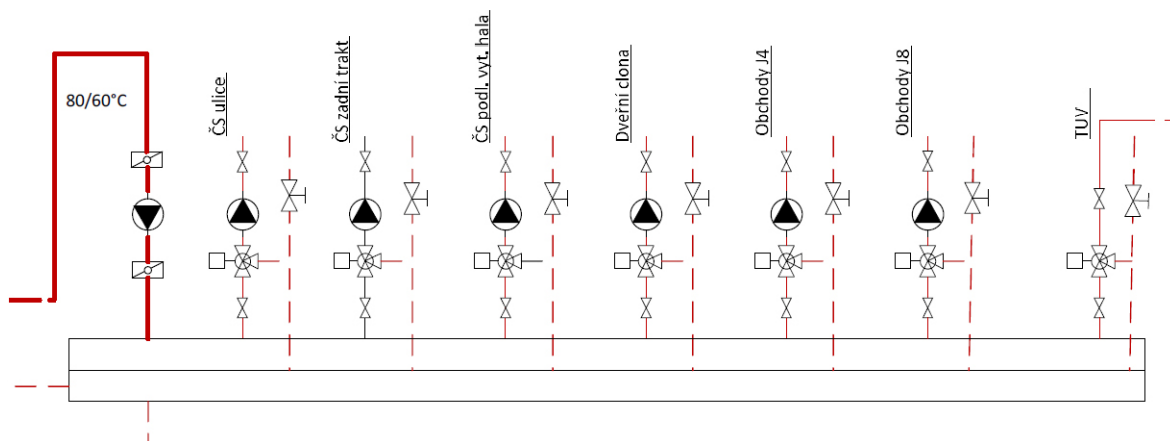
Následně byly vybrány čerpadla na ostatní otopné větve. Výsledky shrnuje tabulka (Tab. 25).

Tab. 25. Souhrn použitých oběhových čerpadel

Větev	Čerpadlo
ČS –tělesa SZ	WILO STRATOS 40/1-8 PN 6-10
ČS –tělesa JV	WILO STRATOS 65/1-9 PN 6-10
Obchody Jánská 4	Grundfos Magna 25
Obchody Jánská 8	Grundfos Magna 25
Dveřní clona	Grundfos Magna 25

### Výpočet třicestného směšovacího ventilu

Třicestný směšovací ventil je umístěn za rozdělovačem na každé z větví. Jeho úkolem je smíšení teplé vody, která jsem z rozdělovače do otopné soustavy a vody vratné vracející se do sběrače [10]. Pro ilustraci uvádím výpočet směšovacího ventilu na první větvi ČS ulice.



Obr. 29. kombinovaný rozdělovač/sběrač a otopné větve

V prvním kroku je nutné spočítat objemový průtok

$$\dot{V} = \frac{\Phi_H + \Phi_V}{\rho \cdot c \cdot \Delta T} \quad (27)$$

$\Phi_H$  tepelný tok ve spotřebiči [W]

$\Phi_V$  tepelné ztráty při rozvodu tepla [W]

$\Delta T$  teplotní spád, rozdíl teplot tepelného toku [K]

$c$  měrná tepelná kapacita (voda  $c=4,196 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]

$\rho$  hustota (voda při  $70 \text{ }^\circ\text{C} = 977,9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

Výpočet větve **ČS –tělesa SZ** – uliční část objektu (suterén – mezanin), otopná tělesa, teplotní spád  $75/65^\circ\text{C}$ .

### Výpočet objemového průtoku

Potřebný výkon  $P$  [W] je převzat z energetického auditu.

$$\dot{V} = \frac{P}{\rho_{\theta\theta_{tm}} \cdot c \cdot \Delta T} = \frac{65000}{977,9 \cdot 4186 \cdot 10} \cdot 3600 = 5,72 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$$

Výpočet hmotnostního průtoku  $\dot{m}$  [kg/s]

$$\dot{m} = \frac{P}{c \cdot \Delta T} = \frac{65000 \cdot 3600}{4186 \cdot 10} = 5590 \text{ l/s}$$

$$\dot{m} = \frac{P}{c \cdot \Delta T} = \frac{65000}{4186 \cdot 10} = 1,55 \text{ kg/s}$$

kde

$P$  přenášený tepelný výkon [W]

$c$  měrná tepelná kapacita [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]

$\Delta T$  teplotní spád, rozdíl teplot tepelného toku [K]

Určení střední teploty otopné vody

$$\Theta_{tm} = \frac{\Theta_1 + \Theta_2}{2} = \frac{75 + 65}{2} = 70^\circ\text{C}$$

Výpočet vnitřního průměru potrubí pro vedené otopné vody k radiátorům [m].

*Rychlost proudění otopné vody jsem stanovil na 1m/s.*

$$d = 1,128 \cdot \sqrt{\frac{\dot{m}}{w \cdot \rho}} = 1,128 \cdot \sqrt{\frac{1,55}{1 \cdot 977,9}} = 0,040 \text{ m} \Rightarrow \text{DN40}$$

kde

$w$  rychlost proudění tekutiny [m/s]

$\rho$  hustota vody, úměrná střední teplotě otopné vody [ $\text{kg/m}^3$ ]

$\dot{m}$  hmotnostní průtok [kg/s]

Dále je nutné určit *Reynoldsovo číslo* a tím také charakter proudění. K tomu je nutné znát kinematickou viskozitu  $\nu$ , průměr potrubí  $d$  a rychlost otopné vody  $w$ .

Kinematickou viskozitu vypočteme dle následujícího vzorce

$$\begin{aligned} \nu &= \frac{1,79 \cdot 10^{-6}}{1 + 0,0337 \cdot \Theta_{tm} + 0,000221 \cdot \Theta_{tm}^2} = \frac{1,79 \cdot 10^{-6}}{1 + 0,0337 \cdot 70 + 0,000221 \cdot 70^2} \\ &= \frac{1,79 \cdot 10^{-6}}{4,4419} = 4,03 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

Stanovení Reynoldsova čísla

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{1 \cdot 0,040}{4,03 \cdot 10^{-7}} = 99256$$

kde

w rychlost proudění tekutiny [m/s]

d průměr potrubí [m]

$\nu$  kinematická viskozita [m<sup>2</sup>/s]

Vzhledem k tomu, že  $Re > 2300$  jedná se o *turbulentní proudění*.

Poté co jsme stanovily charakter proudění vypočteme tlakové ztráty třením a vřazenými odpory.

Výpočet součinitele tření  $\lambda$  [-]

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = \frac{0,316}{99256^{0,25}} = 0,018$$

Na základě předchozího výpočtu součinitele tření můžeme vypočítat tlakové ztráty třením  $\Delta p_\lambda$  [Pa]

$$\Delta p_\lambda = \frac{\lambda \cdot w^2}{2 \cdot d} \cdot \rho_{\Theta_{tm}} \cdot l = \frac{0,018 \cdot 1^2}{2 \cdot 0,040} \cdot 977,9 \cdot 130 = 28604 \text{ Pa}$$

kde

$\lambda$  součinitel tření [-]

w rychlost proudění tekutiny [m/s]

d průměr potrubí [m]

$\rho_{\Theta_{tm}}$  hustota vody při střední teplotě [kg/m<sup>3</sup>]

l délka potrubí [m]

Protože neznáme přesné počty a typy vřazených elementů vypočteme tlakové ztráty vřazenými odpory  $\Delta p_{\xi}$  [Pa] jako 60 % tlakové ztráty třením.

$$100\% = \frac{28604 \cdot 60}{100} = 17162 Pa$$

Součet tlakových ztrát třením a vřazenými odpory nám dává celkové tlakové ztráty  $\Delta p_c$  [Pa]

$$\Delta p_c = \Delta p_{\lambda} + \Delta p_{\xi} = 28604 + 17162 = 45766 Pa = 45,8 kPa$$

Nyní když máme vypočítány celkové tlakové ztráty můžeme dokončit návrh třicestného směšovacího ventilu. Při návrhu ventilu musíme vypočítat jeho  $k_{vs}$  a zajistit aby jeho autorita ( $a$ ) byla větší jak 0,3.

$k_{vs}$  je základním parametrem regulačního ventilu. Udává průtok za hodinu plně otevřenou armaturou při tlakové ztrátě 1bar a teplotě vody 15°C.

$k_v$  součinitel vyjadřující průtočné množství za hodinu při definovaném zdvihu regulační kuželky a definované tlakové ztrátě ventilu.

$a$  autoritou ventilu je definován poměr tlakové ztráty ventilu při maximálním průtoku k dispozičnímu tlaku ventilu. Na autoritě ventilu závisí deformace průtočné charakteristiky, což je závislost zdvihu regulační kuželky a  $k_v$ . Autoritu ventilu je nutné udržovat v rozmezí 0,3 – 1.

Pro výpočet třicestného ventilu budu uvažovat s poměrnou autoritou 0,5.  $\Delta p_v$  [kPa] je tlaková ztráta plně otevřeného ventilu

$$\Delta p_v = P_a \cdot \Delta p_c = 0,5 \cdot 45766 = 22883 Pa = 22,9 kPa$$

$P_a$  poměrná autorita ventilu [-]

$\Delta p_c$  celková tlaková ztráta [Pa]

Pro potřeby návrhu čerpadel jednotlivých větví zde rovnou uvádím i výpočet potřebné výtlačné výšky čerpadla.

$$\Delta p_p = 45766 + 22883 = 68649 Pa = 68,6 kPa$$

Výpočet  $k_{vs}$

$$K_{vs} = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{100}{\Delta p_V}} = 5,72 \cdot \sqrt{\frac{100}{22,9}} = 11,95 m^3 h^{-1}$$

$V$  objemový průtok [ $m^3/s$ ]

$\Delta p_V$  tlaková ztráta plně otevřeného ventilu [kPa]

Na základě vypočítaného  $k_{vs}$  jsem zvolil třicestný ventil IMI CV325

Tab. 26. Parametry třicestného ventilu

Kód	DN	$K_{vs}$
60 346 140	40	12,5

Dále je nutné přepočítat tlakovou ztrátu plně otevřeného ventilu  $\Delta p_V$  [kPa] podle vybraného  $k_{vs}$ .

$$p_V = 100 \cdot \left( \frac{\dot{V}}{K_{vs}} \right)^2 = 100 \cdot \left( \frac{5,72}{12,5} \right)^2 = 20,9 kPa$$

Autorita ventilu se vypočítá dle následujícího vzorce:

$$a_V = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_V + \Delta p_c} = \frac{20,9}{20,9 + 45,8} = 0,313$$

Navržený směšovací ventil IMI CV325 bude regulovat při autoritě 0,313, což splňuje podmínku na regulovatelnost uvedenou v úvodu.

Následující tabulka (Tab. 27) uvádí shrnutí výpočtů třicestných směšovacích ventilů pro otopné větve v budově. Údaje o dopravní výšce jsou důležité pro výběr vhodného čerpadla, která byla navrhována společně s směšovacími ventily.



### Dimenzování velikosti zásobníku

Celková spotřeba energie na ohřátí vody  $Q_{2t}$  pro bytovou část činí 369,8kWh denně. Při výpočtu jsem zanedbal ztráty dopravou. Při návrh jsem rozdělil potřeby na ohřev TUV pro byty a pro bankovní prostory.

Protože je odběr během dne nerovnoměrný lze tyto dávky rozdělit do intervalů.

Tab. 29. Rozdělení spotřeby TUV dle času - byty

Časový interval		Odběr TUV	Výkon	Odebraná energie
od	Do	[%]	[kW]	[kWh]
0	17	35	7,6	129,43
17	20	50	61,6	184,9
20	24	15	13,9	55,47

Pro výpočet velikosti zásobníku je nutné stanovit největší rozdíl mezi předpokládaným odběrem a dodávkou energie  $\Delta E_{\max}$  dle křivky viz. (Obr. 29).  $\Delta E_{\max}$  je největší v 17 hodin. Tímto postupem by ale potřebný zásobník vyšel příliš velký.

Je tedy možné použít postup přerušované dodávky tepla s větším výkonem. Pracuje se se stejnou křivkou, ale zvolíme teplovodní zásobník s přibližně polovičním obsahem tepla [4]. Zvolil jsem zásobník s tepelným obsahem  $E_t = 65\text{kWh}$ .

Předpokládáme že zásobník je v čase 0 plně nabit teplem. V prvním úseku je zásobník vybíjen výkonem  $Q_0 = 7,6\text{kW}$ . Po vybití je opět nutné jej nabít. Po druhém nabití se dostáváme do 16h, kdy je zásoba tepla  $E_t$  odebrána. V 20h předpokládáme, že se zásoba tepla vypotřebuje, čára dodávky tepla je tedy daná výkonem.

$$Q_D = (308 - 191,3):4 = 29,24\text{kW}$$

Nabíjet zásobník tímto výkonem musíme před 16h. Počátek nabíjení určí teploměr v závislosti na dosažení hladiny teploty např. při 55°C.

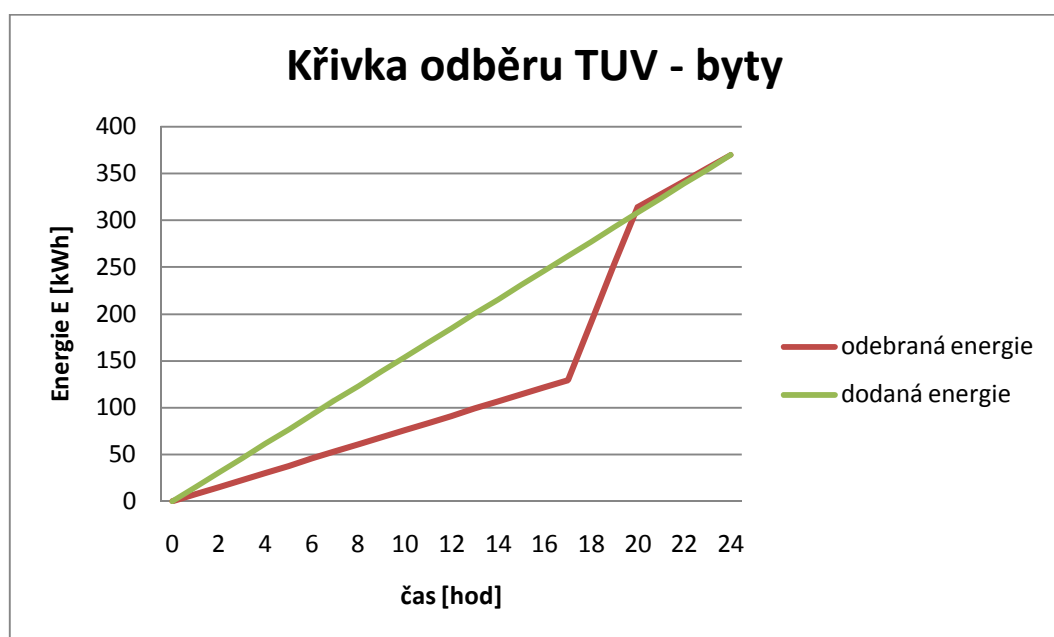
Výpočet velikosti zásobníku pro TUV je následující

$$V_{Z1} = \frac{E_t}{c \cdot (\Theta_2 - \Theta_1)} = \frac{65}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 1,242m^3 = 1242l$$

$E_t$ ..... dodané teplo do zásobníku [kWh]

$c$  ..... měrná tepelná kapacita vody [kWh / kgK]

$\Theta_2, \Theta_1$ . teplota teplé a studené vody tj 55 a 10 [°C]



Obr. 30. křivka odběru TUV – byty

Analogicky probíhá dimenzování zásobníku pro bankovní část. Vzhledem k jinému časovému využití bankovních prostor bylo nutné upravit odběrovou křivku. Pro výpočet jsem na rozdíl od bytové části použil postup uvedený v normě ČSN 06 0320 [32] při kterém uvažujeme konstantní dodávku tepla během dne [4].

Tab. 30. Rozdělení spotřeby TUV dle času – banka

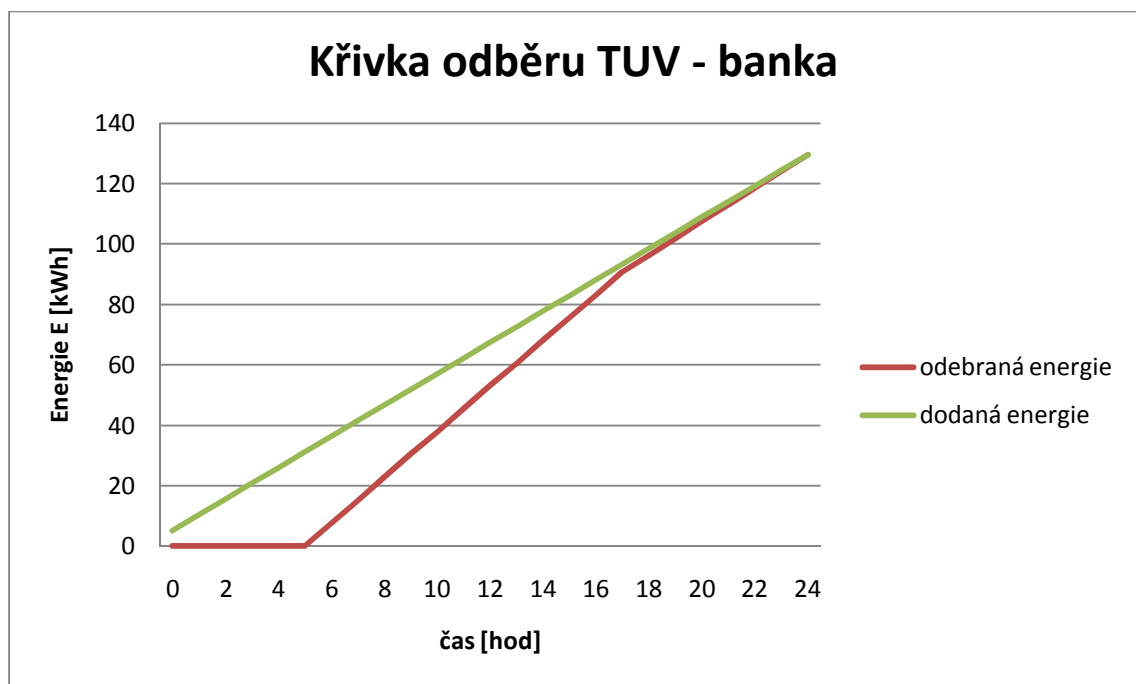
Časový interval		Odběr TUV	Výkon	Odebraná energie
od	Do	[%]	[kW]	[kWh]
0	5	0		0
5	18	70		90,755
18	24	30		38,995

$$V_{Z2} = \frac{\Delta E_{max}}{c \cdot (\Theta_2 - \Theta_1)} = \frac{31,116 - 0}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 0,595 m^3 = 595 l$$

$\Delta E_{max}$ ... největší rozdíl mezi dodanou a odebranou energií [kWh]

c ..... měrná tepelná kapacita vody [kWh / kgK]

$\Theta_2, \Theta_1$ . teplota teplé a studené vody tj 55 a 10 [°C]

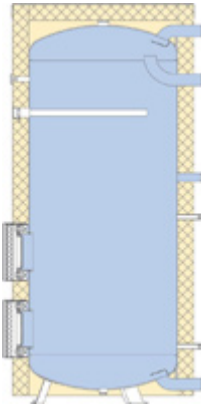


Obr. 31. křivka odběru TUV – banka

Sečtením potřebného objemu zásobníku TUV pro bytovou a bankovní část dostáváme celkový objem zásobníku.

$$V_Z = V_{Z1} + V_{Z2} = 1242 + 595 = 1837 l$$

Jako zásobník TUV pro bytovou a bankovní část budovy budeme používat 1 zásobník LS2000 společnosti Reflex. Jedná se o smaltované zásobníky bez předávací plochy pro ohřev externím zdrojem.



Obr. 32. zásobník Reflex LS2000

Jmenovitý tepelný výkon ohřevu  $\Phi_{in} = Q_{IP} / \tau = 499,45 / 24 = 20,8 \text{ kW}$

### Dimenzování výměníku a čerpadel TUV

K akumulčnímu zásobníku náleží externí deskový tepelný výměník. Jeho parametry jsou uvedeny v (Tab. 31).

Tab. 31. parametry výměníku TUV

	Teplá strana	Studená strana
Vstupní teplota $\theta_{in}$ [°C]	75	10
Výstupní teplota $\theta_{out}$ [°C]	30	55
Hmotnostní průtok $m$ [kg/s]	0,110752	0,110566
Tlaková ztráta $\Delta p$ [kPa]	1,89	1,91

Na základě údajů v tabulce byl navržen pájený deskový výměník Secespol LA14-40-2 s teplosměnnou plochou  $A = 1,89 \text{ m}^2$ . Vybraný výměník má navíc rezervu 45%.

Parametry oběhového čerpadla pro TUV lze vypočítat dle hmotnostního průtoku  $m$  a tlakové ztráty  $\Delta p_{\epsilon}$ .

$$m = \frac{Q}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta\theta} = \frac{20,8}{0,985 \cdot 1,161 \cdot 45} = 0,404 \text{ m}^3/\text{h}$$

Výpočet tlakové ztráty čerpadla se skládá z několika částí

Z výpočtových tabulek zjišťujeme měrnou tlakovou ztrátu  $R$  [Pa/m], která spolu s délkou potrubí  $l$  [m] umožní vypočítat  $\Delta p_{\text{potrubí}}$

$$\Delta p_{\text{potrubí}} = R \cdot l = 175 \cdot 50 = 8750 \text{ Pa}$$

Jelikož neznáme počet vřazených armatur stanovíme tlakovou ztrátu v armaturách na 60% ztrát v potrubí tj.

$$\Delta p_{\text{armatury}} = 0,6 \cdot 8750 = 5250 \text{ Pa}$$

Celkovou tlakovou ztrátu čerpadla získáme dle:

$$\Delta p_{\text{č}} = \Delta p_{\text{vym}} + \Delta p_{\text{potrubí}} + \Delta p_{\text{armatury}} = 1,89 + 8,75 + 5,25 = 15,89 \text{ kPa}$$

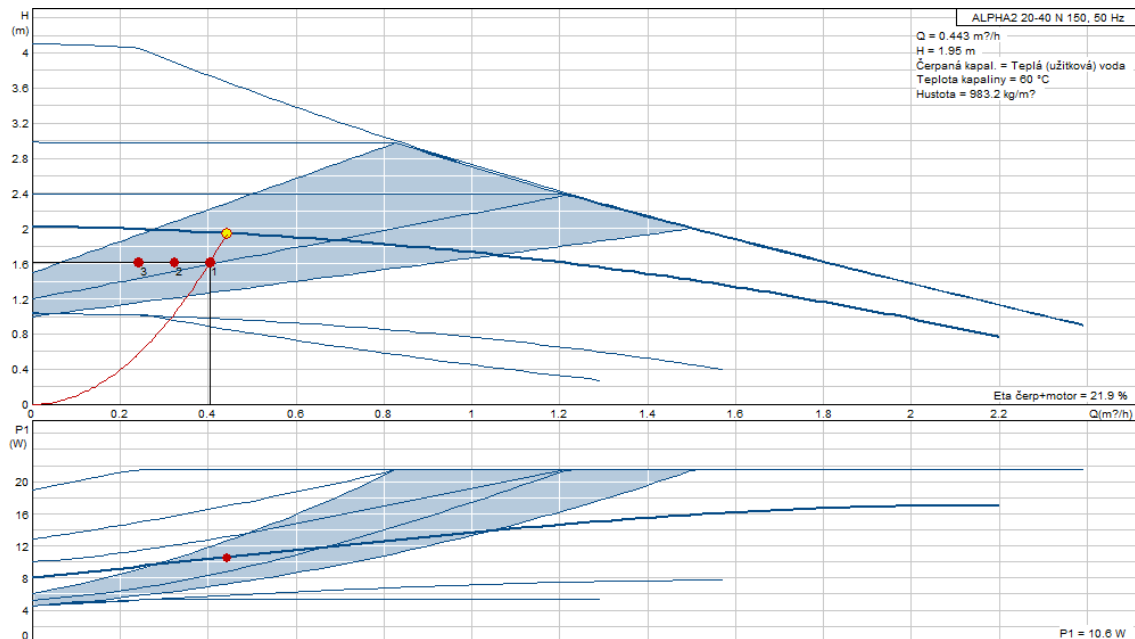
Tj. dopravní výška čerpadla  $H=1,62\text{m}$

Dle vypočtených parametrů jsem zvolil čerpadlo Grundfos ALPHA2 20-40 N 150



Obr. 33. čerpadlo Grundfos ALPHA2 20-40

Jedná se o úsporné čerpadlo v třídě A kompaktních rozměrů. Díky funkci AUTOADAPT. Čerpadlo ALPHA2 provede automaticky analýzu dané otopné soustavy, vyhledá optimální nastavení a bude dále přizpůsobovat svůj provoz změnám v požadavcích na množství tepla.



Obr. 34. charakteristika vybraného čerpadla Grundfos ALPHA 2 20-40 N 150

Dimenzování TUV je komplexní problém, který do velké míry závisí na chování uživatelů objektu. Pokud nemáme k dispozici údaje například z předešlého využívání budovy je nutné při navrhování přistoupit k odhadům. V této práci je to například odhad chování lidí v bytové části, která má jiné potřeby pro ohřev vody než bankovní část. To jsem zohlednil při odhadu křivek využívání TUV. Díky tomu jsem mohl zmenšit velikost zásobníků tepla na 1x2000l oproti 2x1600l, které jsou v budově aktuálně v provozu.

## 10.2 Návrh bezpečnostních prvků

Cílem je navrhnout bezpečnostní prvky na VS v podobě expanzního zařízení a pojistného ventilu [25].

### 10.2.1 Návrh expanzního zařízení

Cílem je navrhnout expanzní zařízení, které zajišťuje:

- Vyrovnání změny objemu vody při ohřátí otopné soustavy
- Udržení přetlaku v otopné soustavě
- Automatické doplňování vody do otopné soustavy při drobných netěsnostech, které nevyvolávají rychlou ztrátu vody

Výpočet expanzního zařízení lze vypočítat následovně.

Nejprve je nutné určit nejnižší dovolený přetlak

$$p_{dov} = 1,1 \cdot \left( \frac{h \cdot \rho \cdot g_k}{1000} + \Delta p_z \right) = 1,1 \cdot \left( \frac{5,5 \cdot 1000 \cdot 10}{1000} + 0 \right) = 61 \text{ kPa}$$

kde

$h$  výška topné soustavy nad MR [m]

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

$g_k$  gravitační zrychlení [m.s<sup>-2</sup>]

Nejnižší provozní přetlak jsem zvolil jako

$$p_d = 80 \text{ kPa} > p_{dov}$$

Dále jen nutné stanovit objem vody v systému. Výsledky jsou uvedeny v (Tab. 32)

Tab. 32. stanovení objemu vody v potrubích větví

Větev	d [mm]	l [m]	V [m <sup>3</sup> ]	V [l]
ČS –tělesa SZ	DN40	130	0,16336	163,4
ČS –tělesa JV	DN65	194	0,64375	643,8
Obchody Jánská 4	DN40	40	0,05026	50,3
Obchody Jánská 8	DN40	80	0,10053	100,5
Dveřní clona	DN40	40	0,05026	50,3
<b>celkem</b>				<b>1008,3</b>

Pro potřeby návrhu zaokrouhlíme objem vody v potrubích na 1020l a v otopných tělesech na 480l. Celkový objem vody v systému je tedy 1500l. Navržené otopné tělesa jsou uvedeny v příloze (Příloha I).

Potrubí	1020l
Otopná tělesa	480l
-----	
Celkem	1500l

Výpočet expanzního objemu

$$V_e = 1,3 \cdot V \cdot \Delta v = 1,3 \cdot 1500 \cdot 0,0224 = 43,68l$$

$$\Delta v = \frac{1000}{\rho_{tm}} - \frac{1000}{\rho_{10^\circ\text{C}}} = \frac{1000}{977,7} - 1,0004 = 0,0224$$

Parametry dle (Tab. 33)

Tab. 33. Tabulka závislosti hustoty na teplotě

<b>t [°C]</b>	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<b>ρ [kg/m<sup>3</sup>]</b>	999,9	999,6	998,2	995,6	992,2	988,0	983,2	977,7	971,8	965,8
<b>t [°C]</b>	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
<b>ρ [kg/m<sup>3</sup>]</b>	958,3	951,0	943,1	934,8	926,1	916,9	907,2	897,3	886,6	876,0

Dále je nutné stanovit nejvyšší provozní přetlak soustavy

$$p_{hpř} = 240kPa \leq p_{hdov}$$

Pak předběžný objem uzavřené expanzní nádoby s membránou je

$$V_{cpf} = \frac{V_e \cdot (p_{hpř} + 100)}{p_{hpř} - p_d} = \frac{43,68 \cdot (240 + 100)}{240 - 80} = 92,92l$$

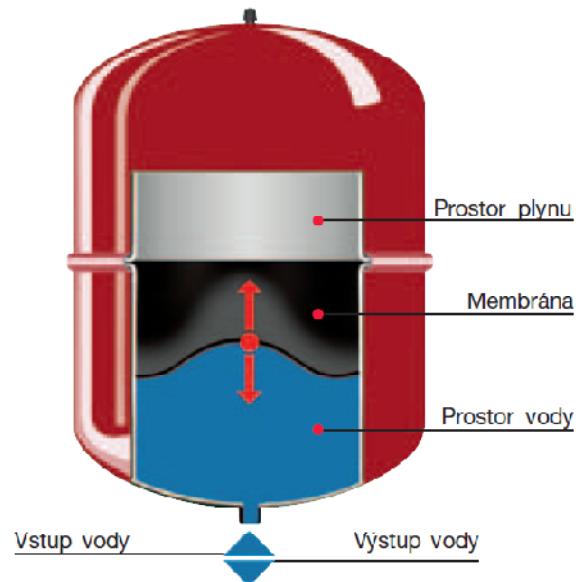
kde

$V_e$  expanzní objem [l]

$p_{hpř}$  nejvyšší provozní přetlak soustavy [kPa]

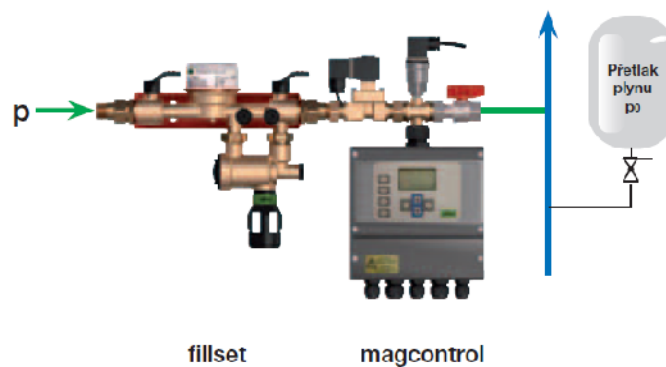
$p_d$  nejnižší provozní přetlak soustavy [kPa]

Pro naše potřeby jsem vybral expanzní nádobu reflex NG 100/6 společnosti Reflex CZ,s.r.o o objemu 100l.



Obr. 35. expanzní nádrž Reflex

Expanzní nádrž bude doplněna o doplňovací člen magcontrol a oddělovací zařízení fillset.



Obr. 36. oddělovací člen fillset a doplňovací zařízení magcontrol

### 10.2.2 Výpočet pojistného ventilu

Výpočet vychází z ČSN 06 0830 [25]- Zabezpečovací zařízení pro ústřední vytápění a ohřívání užitkové vody. Pro výpočet jsem použil výpočtovou aplikaci z webu tzb-info umístěné v akci výpočty. Vybrán byl pojistný ventil DUCO MEIBES 3/4"x1 KD.

Výpočet průřezu sedla pojistného ventilu dle:

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_w \cdot \sqrt{p_{ot}}} = \frac{2 \cdot 463}{0,565 \cdot \sqrt{250}} = 104 \text{ mm}^2$$

$Q_p$  pojistný výkon [kW]

$\alpha_w$  výtokový součinitel

$p_{ot}$  otevírací přetlak pojistného ventilu

Zdroj tepla:	Skupina:	Teplotní interval [°C]	vstup do PV	výstup z PV
<input checked="" type="radio"/> výměník tepla	<input checked="" type="radio"/> A1	$T_1 < 100$	voda	voda
<input type="radio"/> kotel	<input type="radio"/> A2	$100 < T_1 < t_{2x}$	voda	směs
	<input type="radio"/> A3	$100 \leq t_{2x} \leq T_1$	pára	pára
	<input type="radio"/> B		pára	pára

$T_1$  - výpočtová teplota ohřívací vody na vstupu

$t_{2x}$  - teplota ohřívání vody na mezi odparu při přetlaku  $p_{ot}$

Výpočtové parametry pojistných ventilů: DUCO MEIBES

jmenovitá světlost DN [mm]	1/2"	3/4"	1"	5/4"	6/4"	2"
nejmenší průtočný průřez $S_o$ [mm <sup>2</sup> ]	113	176	380	804	1017	1589
výtokový součinitel $\alpha_w$ [-]	0,444	0,565	0,684	0,693	0,549	0,576

**Poznámka:** Přednastavené hodnoty průtočného průřezu a výtokového součinitele můžete změnit a výpočet se provede znovu pro Vámi zadané hodnoty.

Výpočtové parametry pojistných ventilů: DUCO MEIBES

jmenovitá světlost DN [mm]	1/2"	3/4"	1"	5/4"	6/4"	2"
nejmenší průtočný průřez $S_o$ [mm <sup>2</sup> ]	113	176	380	804	1017	1589
výtokový součinitel $\alpha_w$ [-]	0,444	0,565	0,684	0,693	0,549	0,576

**Poznámka:** Přednastavené hodnoty průtočného průřezu a výtokového součinitele můžete změnit a výpočet se provede znovu pro Vámi zadané hodnoty.

$p_{ot}$  = 250 kPa ... otevírací přetlak pojistného ventilu

$Q_n$  = 463 kW ... jmenovitý výkon zdroje tepla

$S_o$  = 104 mm<sup>2</sup> ... vypočtený minimální průřez sedla pojistného ventilu

3/4" x 1" KD ... navržený pojistný ventil

$S_o$  = 176 mm<sup>2</sup> ... skutečný průřez sedla navrženého pojistného ventilu

$d_1$  = 23 mm ... minimální vnitřní průměr vstupního pojistného potrubí

$d_2$  = 23 mm ... minimální vnitřní průměr výstupního pojistného potrubí

**Poznámka:** Na vypočtený vnitřní průměr pojistného potrubí se v případě napojení pohlíží pouze orientačně. Dimenze potrubí musí vyhovovat podmínce, aby tlaková ztráta pojistného potrubí před pojistným ventilem nepřesáhla hodnotu  $0,03 \cdot p_{ot}$  a celková ztráta pojistného potrubí nepřesáhla hodnotu  $0,10 \cdot p_{ot}$

Obr. 37. Výpočet pojistného ventilu

## 11 ŘEŠENÍ MIKROKLIMATU BANKOVNÍ HALY

Bankovní hala se nachází v přízemí objektu. Celková plocha podlahy je 641,4m<sup>2</sup>. Z toho je 434m<sup>2</sup> pokryto dlažbou a 207,4m<sup>2</sup> kobercem (prostory pro kóje se zaměstnanci). Zajištění tepelné pohody v bankovní hale je zajištěno kombinací několika zdrojů tepla. Jejich součet musí pokrývat tepelné ztráty o velikosti 58015W.

### 11.1 Návrh otopných těles

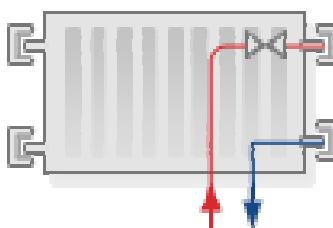
Vytápění pomocí otopných těles patří mezi klasické osvědčené systémy. Pro potřeby vytápění bankovní haly byly vybrány radiátorová tělesa RADIK společnosti Korado a.s.

Celkový ztrátový výkon pokrytý otopnými tělesy činí 16800W. Použitá otopná tělesa jsou uvedena v tabulce (Tab. 34).

Tab. 34. otopná tělesa v bankovní hale

Typ místnosti	Typ tělesa	Výška [mm]	Šířka [mm]	Objem [l]	Výkon OT [W]	Celkový výkon OT [W]
Bankovní hala	12xVK typ10	900	1600	6,88	12x1400	16800

Otopná tělesa pro ostatní místnosti jsou uvedena v příloze (Příloha I).



Obr. 38. Radiátorové těleso Radik VK spodní, pravé připojení

## 11.2 Návrh podlahového vytápění

Bankovní hala o celkové ploše 641,4m<sup>2</sup>. Prostory bankovní haly jsou rozděleny na část pro zaměstnance o ploše 434m<sup>2</sup> a část pro klienty banky 207,4m<sup>2</sup>.

Celková tepelná ztráta haly je 58015W. Tuto ztrátu pokrývá kombinace vytápění pomocí otopných těles, které jsou umístěny u oken v částech vyhrazených pro zaměstnance, podlahové vytápění umístěné v prostoru pro klienty.

Instalovaná otopná tělesa disponují celkovým výkonem 16800W. Podlahové vytápění a vzduchotechnika musí pokrývat výkon 33105W.

Plocha bankovní haly na které bude instalováno podlahové vytápění je 207,4m<sup>2</sup> tj. část pro klienty banky. Tepelný výkon  $Q_H$  je určen tepelnými ztrátami.

$$Q_H = Q_z - Q_{ot} = 58015 - 16800 = 41215W.$$

$Q_z$  návrhová tepelná ztráta místnosti [W]

$Q$  výkon otopných těles [W]

Podlahové vytápění bude krýt 15% zbývajících výkonu  $Q_H$  tj. 6182W.

Výpočet projektové hustoty tepelného toku:

$$q_{des} = \frac{Q_H}{A_F} = \frac{6182}{207,4} = 29,8W/m^2$$

Kontrola střední teploty povrchu  $\theta_{F,M}$

$$\theta_{F,M} = \theta_{int} + \left(\frac{q_{des}}{8,92}\right)^{1/1,1} = 20 + \left(\frac{29,8}{8,92}\right)^{1/1,1} = 23^\circ C$$

Předpokládaný tepelný rozdíl vstupu odečteme z diagramu. Maximální hustota tepelného toku je dle (Tab.35)

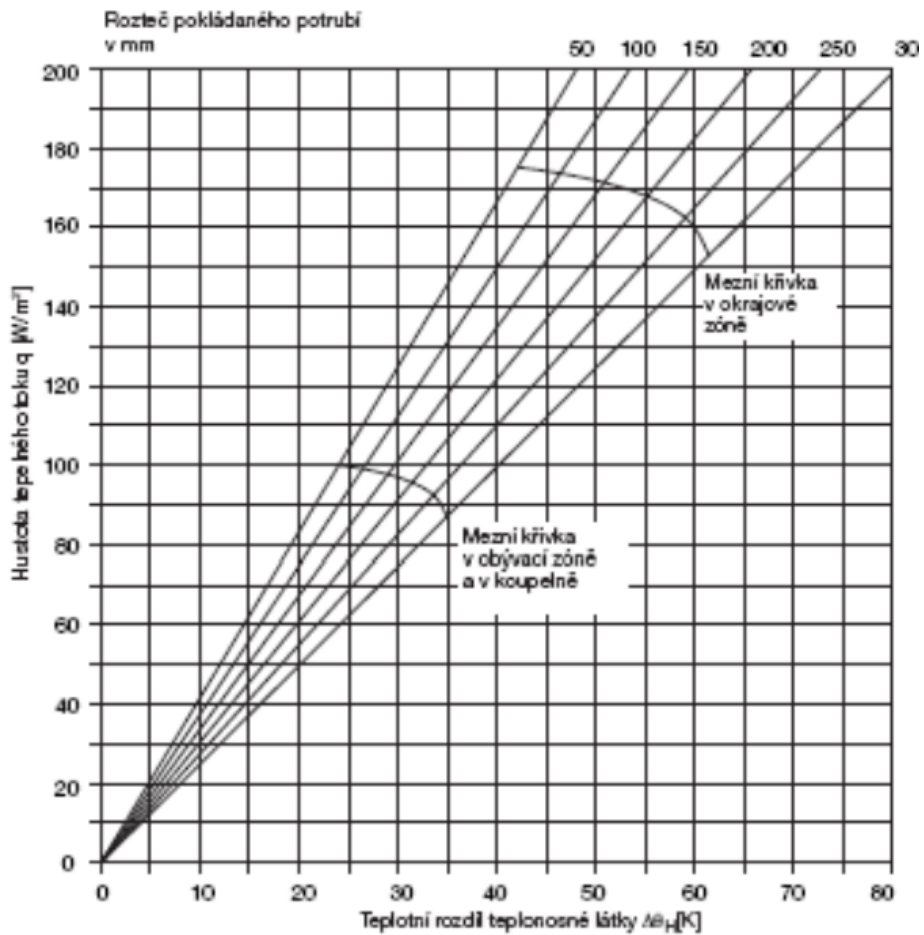
Tab. 35. Maximální hustota tepelného toku

$\theta_{F,max}$ (°C)	$\theta_i$ (°C)	$q_{G,max}$ (W/m <sup>2</sup> )	
29	20	100	využívaná plocha
33	24	100	koupelny a pod.
35	20	175	okrajová plocha

$$q_{des,max} = 100 \text{ W/m}^2$$

Předpokládané ochlazení jsem zvolil  $\sigma = 4 \text{ K}$

Určení  $\Delta\theta_{H,des}$  z diagramu. Rozteč pokládaného potrubí zvolena 50 mm



Obr. 39. graf závislosti hustoty tepelného toku na teplotním rozdílu teplosnosné látky

Projektový rozdíl na vstupu

$$\Delta\theta_{V,des} = \Delta\theta_{H,des} + \frac{\sigma}{2} = 24 + 2 = 26^\circ\text{C}$$

Projektová výstupní teplota

$$\theta_V = \Delta\theta_{V,des} + \Delta\theta_{int} = 26 + 20 = 46^\circ\text{C}$$

Skladba podlahy v bankovní hale:

Tab. 36. skladba podlahy bankovní hala

Materiál	Tloušťka s[m]	Tep. vodivost $\lambda$ [W/mK]
Vápenná omítka	0,015	0,87
Železobeton 2	0,030	1,58
Beton hutný 1	0,050	1,23
Dlažba keramická	0,012	1,01

Dílčí tepelný odpor (směr vzhůru)

$$R_0 = 0,093 + R_{\lambda,B} + \frac{s_u}{\lambda_u} = 0,093 + 0,1 + \frac{0,012}{1,01} = 0,2(m^2 \cdot K)/W$$

Dílčí tepelný odpor (směr dolů)

$$R_u = 0,093 + R_{\lambda,B} + \frac{s_u}{\lambda_u} = 0,093 + 0,1 + \left( \frac{0,050}{1,23} + \frac{0,030}{1,58} + \frac{0,015}{0,87} \right) = 0,44(m^2 \cdot K)/W$$

Hustota tepelného toku směrem dolů:

$$q_u = \frac{q_{des} \cdot R_0 + (\theta_{int} - \Delta\theta_u)}{R_u} = \frac{29,8 \cdot 0,2}{0,44} = 13,5W/m^2$$

Výkon otopného okruhu:

$$Q_F = A_F \cdot (q_{des} + q_u) = 207,4 \cdot (29,8 + 13,5) = 8980W$$

Hmotnostní průtok teplotnosné látky:

$$m_H = \frac{Q_F}{\sigma \cdot 1,163} = \frac{8980}{4 \cdot 1,163} = 1930kg/h$$

Průtok

$$VE_T = \frac{m_H}{60} = \frac{1930}{60} = 32,2l/min$$

### 11.3 Návrh vzduchotechniky

Součástí diplomové práce je navrhnutí klimatizace bankovní haly tak, aby byly splněny mikroklimatické podmínky a hygienické normy[21],[6],[8],[13].

Pro správný návrh vzduchotechniky je nutné vypočítat tepelné zisky místnosti. Zisky se skládají z několika částí.

#### 11.3.1 Výpočet tepelných zisků od lidí

Zvolil jsem postup při kterém odhaduji obsazenost místnosti lidmi. Jejich počet jsem určil na 109 lidí. Z toho je 29 zaměstnanců banky a 80 klientů. Počet zaměstnanců byl spočítán dle pracovních míst v místnosti a klienti byly odhadnuti. Jistou roli také hraje umístění banky v centru města.

Produkce tepla od lidí v místnosti (zaměstnanci + klienti) se vypočítá následovně

$$Q_1 = n_1 \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) = 109 \cdot 6,2 \cdot (36 - 24) = 8109,6W = 8110W$$

Mimo produkci tepla od lidí je také vhodné zjistit produkci vodních par, které se do vzduchu dostávají dýcháním lidí. Zde jsem rozdělil lidi v místnosti na zaměstnance a klienty, protože vykonávají různě náročnou činnost od které se odvíjí množství vodních par.

Produkce vodní páry od lidí v místnosti (zaměstnanci + klienti)

Zaměstnanci:

$$M_{wz} = n_z \cdot g_z = 29 \cdot 98 = 2842g \cdot h^{-1}$$

Klienti:

$$M_{wk} = n_k \cdot g_k = 80 \cdot 124 = 9920g \cdot h^{-1}$$

$n_k, n_z$  počet lidí

$g_k, g_z$  produkce vodní páry

Celková produkce vodní páry

$$M_{wl} = M_{wz} + M_{wk} = 2842 + 9920 = 12762g \cdot h^{-1} = 3,55g \cdot s^{-1}$$

### 11.3.2 Výpočet tepelných zisků od osvětlení

Tepelné zisky od světla v místnosti se počítají v závislosti na osvětlované ploše kdy na  $1m^2$  dopadá světelný výkon 10W. Při ploše místnosti  $641,4m^2$  jsou tepelné zisky 6414W

### 11.3.3 Výpočet tepelných zisků oken radiací a konvekcí

Vstupní údaje: Nadmořská výška  $H=227m$ , zeměpisná šířka  $\phi=50^\circ$ , orientace okna SV,JV a světlík. solární konstanta  $I_{sol}=1350W/m^2$ .

#### Sluneční deklinace $\delta$ :

Je zeměpisná šířka, kde je v daný den ve dvanáct hodin v poledne slunce kolmo nad obzorem.

$$\delta = -23,5 \cdot \cos(30 \cdot M) = -23,5 \cdot \cos(30 \cdot 7) = 20,4^\circ$$

M... číslo měsíce (1-12)

Tab. 37. sluneční deklinace v jednotlivých měsících

Tab. 1 Sluneční deklinace  $\delta$  v jednotlivých měsících (vždy k 21. dnu v měsíci)

Měsíc	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen
$\delta [^\circ]$	0,0	11,8	20,4	23,5	20,4	11,8	0,0	-11,8

Časový úhel  $\tau$ :

$$\tau = \frac{16 \cdot 360}{24} = 240^\circ$$

Výška slunce nad obzorem  $h$ :

$$\begin{aligned} \sinh &= 0,766\sin\delta - 0,643\cos\delta \cdot \cos(15\tau) \\ &= 0,766\sin 20,4 - 0,643\cos 20,4 \cdot \cos(15 \cdot 240) = 0,267 - 0,603 \cdot 1 \\ &= 0,336 \end{aligned}$$

$$h = 19,6^\circ$$

Sluneční azimut  $a$

$$a = 180 - \arcsin\left(\sin(\tau) \cdot \frac{\cos(\delta)}{\cos(h)}\right) = 180 - \arcsin\left(\sin(240) \cdot \frac{\cos(20,4)}{\cos(19,6)}\right) = 239,5^\circ$$

Úhel mezi normálou osluněného okna a směrem paprsku

$$\theta = \arccos[\sin(h) \cdot \cos(\alpha) + \cos(h) \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(a - a_s)]$$

$$\theta = \arccos[\sin(19,6) \cdot \cos(90) + \cos(19,6) \cdot \sin(90) \cdot \cos(239,5 - 270)] = 54,3^\circ$$

Intenzita přímé sluneční radiace na plochu kolmou k paprskům

$$I_{pn} = I_{sol} \cdot \exp\left[-0,1 \cdot z \cdot \left(\frac{16 - H}{16 + H} \cdot \frac{1}{\sin(h)}\right)^{0,08}\right] =$$

$$= 1350 \cdot \exp\left[-0,1 \cdot 5 \cdot \left(\frac{16 - 0,227}{16 + 0,227} \cdot \frac{1}{\sin(19,6)}\right)^{0,08}\right] = 783,24 W/m^2$$

Intenzita přímé sluneční radiace dopadající na rovinu okna  $I_p$

$$I_p = I_{pn} \cdot \cos\theta = 783,24 \cdot \cos 54,3 = 457,1 W/m^2$$

Intenzita difúzní sluneční radiace působící na rovinu okna

$$I_d = (1350 - 0,5 \cdot I_{pn}) \cdot \frac{\sin(h)}{5} = (1350 - 0,5 \cdot 783,24) \cdot \frac{\sin(19,6)}{5} = 64,3 W/m^2$$

Intenzita sluneční radiace na vnějším povrchu okna

$$I = I_p + I_d = 457,1 + 64,3 = 521,4 W/m^2$$

Poměrná propustnost skla pro přímé sluneční záření

$$T_p = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{\theta}{100}\right)^5 = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{54,3}{100}\right)^5 = 0,8$$

Propustnost difúzního záření sklem  $T_d = 0,85$

Celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením

$$I_o = I_p \cdot T_p + I_d \cdot T_d = 457,1 \cdot 0,8 + 64,3 \cdot 0,85 = 420,3 \text{ W/m}^2$$

Intenzita difúzní radiace procházející standardním jednoduchým zasklením.

$$I_{do} = I_d \cdot T_d = 64,3 \cdot 0,85 = 54,7 \text{ W/m}^2$$

Délka svislého a vodorovného stínu

$$e_1 = d \cdot \operatorname{tg}|a - a_s| = 0 \cdot \operatorname{tg}|239,5 - 270| = 0 \text{ m}$$

$$e_2 = \frac{c \cdot \operatorname{tg}(h)}{\cos|a - a_s|} = \frac{0,83 \cdot \operatorname{tg}19,6}{\cos|239,5 - 270|} = 0,34 \text{ m}$$

Osluněná plocha,  $g=0$

3x

$$S_{os} = [l_a - (e_1 - f)] \cdot [l_b - (e_2 - g)] = [4,9 - (0 - 0)] \cdot [5 - (0,34 - 0)] = 22,83 \text{ m}^2$$

1x

$$\begin{aligned} S_{os2} &= [l_a - (e_1 - f)] \cdot [l_b - (e_2 - g)] = [4,6 - (0 - 0)] \cdot [4,9 - (0,34 - 0)] \\ &= 20,98 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2x

$$\begin{aligned} S_{os3} &= [l_a - (e_1 - f)] \cdot [l_b - (e_2 - g)] = [4,9 - (0 - 0)] \cdot [4,6 - (0,34 - 0)] \\ &= 20,87 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

1xsvětlik

$$\begin{aligned} S_{os4} &= [l_a - (e_1 - f)] \cdot [l_b - (e_2 - g)] = [8,45 - (0 - 0)] \cdot [16,25 - (0,34 - 0)] \\ &= 134,44 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Tepelné zisky oken radiací pro stínící součinitel  $s=0,5$ . (dvojitě sklo a světlé žaluzie)

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot I_o \cdot C_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{do}] \cdot s \cdot n$$

$$Q_{or1} = [22,83 \cdot 420,3 \cdot 1,15 + (24,5 - 22,83) \cdot 54,7] \cdot 0,5 \cdot 3 = 16689 \text{ W}$$

$$Q_{or2} = [20,98 \cdot 420,3 \cdot 1,15 + (22,54 - 20,98) \cdot 54,7] \cdot 0,5 \cdot 1 = 5113 \text{ W}$$

$$Q_{or3} = [20,87 \cdot 420,3 \cdot 1,15 + (22,54 - 20,87) \cdot 54,7] \cdot 0,5 \cdot 2 = 10179W$$

$$Q_{or4} = [134,44 \cdot 420,3 \cdot 1,15 + (137 - 134,44) \cdot 54,7] \cdot 0,5 \cdot 1 = 32560W$$

Celkové tepelné zisky oken radiací

$$Q_{or} = Q_{or1} + Q_{or2} + Q_{or3} + Q_{or4} = 16689 + 5113 + 10179 + 32560 = 64541W$$

Tepelné zisky oken konvekci

$$Q_{ok1} = S_o \cdot k_o \cdot (\tau_{et} - t_i) = 24,5 \cdot 1,6 \cdot (26 - 24) = 78,4W$$

$$Q_{ok1c} = 3 \cdot Q_{ok1} = 3 \cdot 78,4 = 235W$$

$$Q_{ok2,3} = S_o \cdot k_o \cdot (\tau_{et} - t_i) = 22,54 \cdot 1,6 \cdot (26 - 24) = 72W$$

$$Q_{ok2,3c} = 3 \cdot Q_{ok2,3} = 3 \cdot 72 = 216W$$

$$Q_{ok4} = S_o \cdot k_o \cdot (\tau_{et} - t_i) = 137 \cdot 1,29 \cdot (26 - 24) = 353W$$

$$Q_{okc} = Q_{ok1c} + Q_{ok2,3c} + Q_{ok4} = 235 + 216 + 353 = 804W$$

Celkové tepelné zisky oken radiací a konvekci.

$$Q_{zo} = Q_{or} + Q_{okc} = 64541 + 804 = 65345W$$

$$\text{Celkové tepelné zisky } Q_1 = 8110 + 65345 + 6414 = 79869W$$

Při stanovení tepelných zisků jsem zanedbal tepelnou zátěž vnitřních stěn, jejíž hodnoty jsou oproti ostatním tepelným ziskům velmi malé a zisky ze spotřebičů v místnosti (počítače, tiskárny atd.) u kterých se v dnešní době také nejedná o vysoké hodnoty.

## 11.4 Návrh vzduchotechnické jednotky

Bankovní hala je vyhřívána kombinací klasického systému otopných těles, podlahového vytápění a vzduchotechniky.

Vzduchotechnika musí pokrýt výkonem 35033 W

Tab. 38. návrhové hodnoty pro letní provoz VZT

Parametr	Hodnota
Požadovaná vnitřní teplota	$\Theta_i = 24^\circ\text{C}$
Požadovaná vlhkost vnitřního vzduchu	$\varphi = 50\%$
Teplota venkovního vzduchu	$\Theta_e = 30^\circ\text{C}$
Entalpie venkovního vzduchu	$h_e = 56\text{kJ/kg}$
Rozdíl teploty přiváděného vzduchu	$\Delta T_l = 8\text{K}$

Tab. 39. návrhové hodnoty pro zimní provoz VZT

Parametr	Hodnota
Požadovaná vnitřní teplota	$\Theta_i = 20^\circ\text{C}$
Požadovaná vlhkost vnitřního vzduchu	$\varphi = 45\%$
Teplota venkovního vzduchu	$\Theta_e = -15^\circ\text{C}$
Relativní vlhkost venkovního vzduchu	$\varphi = 85\%$
Rozdíl teploty přiváděného vzduchu	$\Delta T_z = 12\text{K}$

Nejdříve je nutné vypočítat průtok přivodního vzduchu pro letní provoz kdy je rozdíl teplot 8K a zimní provoz s rozdílem teplot 12K.

$$V_{pl} = \frac{Q_l}{c \cdot \rho \cdot \Delta t_l} = \frac{79869}{1010 \cdot 1,2 \cdot 8} = 8,24\text{m}^3/\text{s}$$

$Q_l$  tepelné zisky [W]

$c$  měrná tepelná kapacita vzduchu

$\rho$  hustota vzduchu [ $\text{kg/m}^3$ ]

$\Delta t_l$  rozdíl teplot [K]

Průtok přívodního vzduchu pro zimní provoz

$$V_{pz} = \frac{Q_z}{c \cdot \rho \cdot \Delta t_l} = \frac{35033}{1010 \cdot 1,2 \cdot 12} = 2,41 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_z$  tepelné ztráty [W]

Zjistili jsme, že průtok přívodního vzduchu je větší při letním provozu, což není překvapivé vzhledem k vysoce prosklenému charakteru místnosti. Parametry vzduchotechnické jednotky tedy dimenzujeme pro potřeby letního režimu.

$V_{pl} > V_{pz}$

$$\Delta t_z = \frac{Q_z}{c \cdot \rho \cdot V_p} = \frac{35033}{1010 \cdot 1,2 \cdot 8,24} = 3,5^\circ\text{C}$$

Dalším krokem je zajištění dávek čerstvého vzduchu pro lidi v místnosti. Normou stanovená dávka čerstvého vzduchu je  $70 \text{ m}^3/\text{h}$  dle přílohy XX. Výpočet je jednoduchým násobením počtu lidí v místnosti a stanovené dávky.

$$V_e = y \cdot n = 70 \cdot 109 = 7630 \text{ m}^3/\text{h} = 2,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pro 109 lidí v místnosti potřebujeme přivádět  $2,12 \text{ m}^3/\text{s}$  čerstvého vzduchu. Ostatní přiváděný vzduch může být cirkulační vzduch. Množství cirkulačního vzduchu zjistíme rozdílem průtoku přívodního čerstvého vzduchu a potřeby čerstvého vzduchu pro lidi v místnosti dle následujícího vzorce.

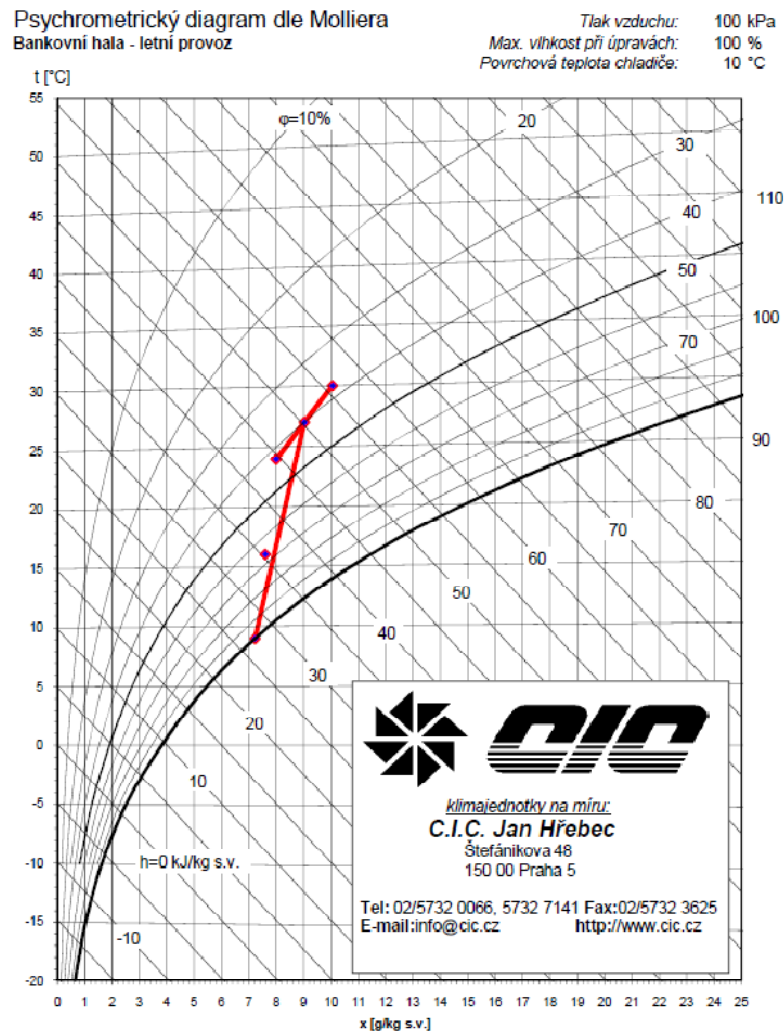
$$V_c = V_p - V_e = 8,24 - 2,12 = 6,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vstupní parametry pro konstrukci hx diagramu viz. (Tab. 38) jsou doporučené hodnoty

Stanovení výkonu chladiče

$$Q_{ch} = Q_{cit,ch} + Q_{váz,ch} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} Q_{ch} &= V \cdot \rho \cdot c(t_e - t_p) + V \cdot \rho \cdot l(x_e - x_p) = V \cdot \rho(h_e - h_p) = 8,24 \cdot 1,2(56 - 35,4) \\ &= 203,7 \text{ W} \end{aligned}$$



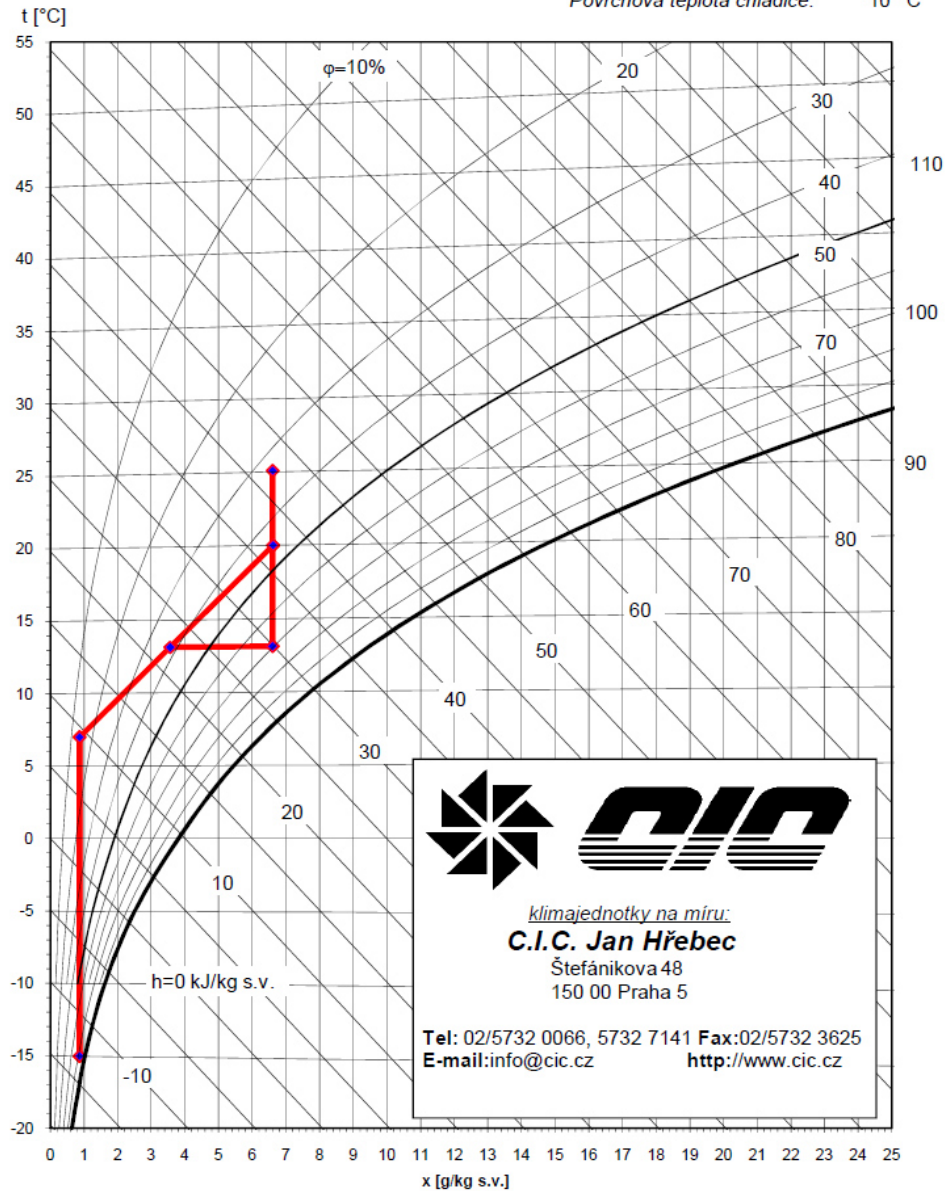
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Teplota	t	°C	30,0	24,0	27,0	9,0	16,0					
rel. vlhkost	φ	%	37%	43%	40%	100%	60%					
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	10,1	8,0	9,0	7,2	7,6					
entalpie	h	kJ/kg s.v.	56,0	44,8	50,3	27,3	35,4					
hustota	ρ	kg/m <sup>3</sup>	1,14	1,17	1,18	1,23	1,20					
t.vlnkého tepl.	t <sub>w</sub>	°C	19,4	15,8	17,6	9,0	12,4					
Skut. průtok	V <sub>s</sub>	m <sup>3</sup> /h	9 207	8 995	8 008	7 504	0					
Norm. průtok	V <sub>n</sub>	m <sup>3</sup> /h	8 676	8 676	7 632	7 632	0					
Předaný výkon	P	kW										
Odpařené vody	q <sub>w</sub>	kg/h										

Obr. 40. hx diagram letní provoz

V zimním provozu klimatizační zařízení kryje část tepelné ztráty místnosti. V prostoru bankovní haly se na pokrytí tepelných ztrát podílí otopná tělesa a podlahové vytápění. Vzduchotechnika bude pokrývat zbytek tepelných ztrát o velikosti 35033W. Klimatizační zařízení je vybaveno systémem ZZT pro zpětné získávání tepla.

Psychrometrický diagram dle Molliera  
Bankovní hala - zimní provoz

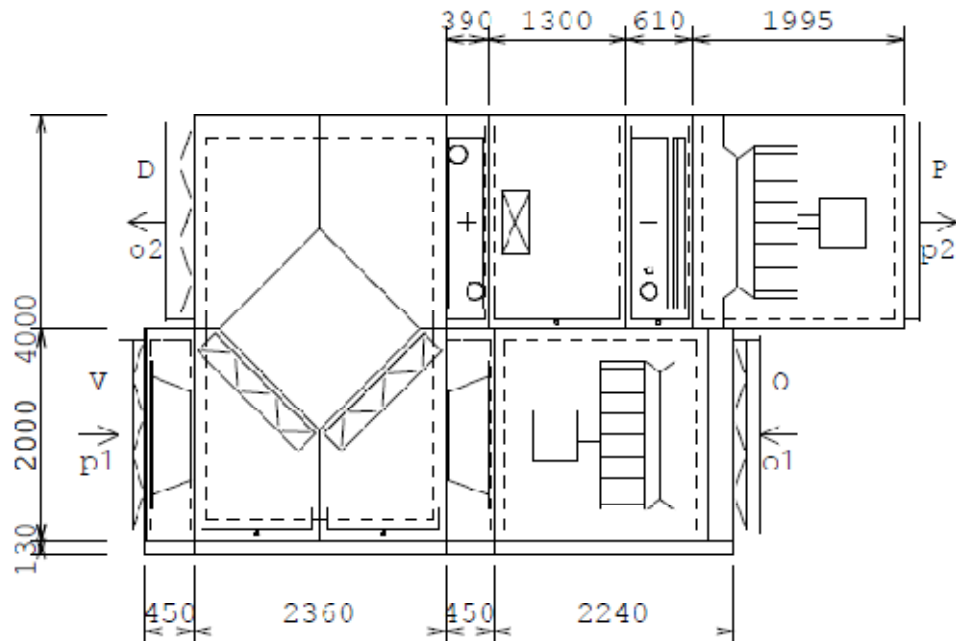
Tlak vzduchu: 100 kPa  
Max. vlhkost při úpravách: 100 %  
Povrchová teplota chladiče: 10 °C



			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Teplota	t	°C	-15,0	7,0	20,0	13,1	13,1	25,1				
rel. vlhkost	φ	%	85%	14%	45%	38%	70%	33%				
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	0,9	0,9	6,6	3,6	6,6	6,6				
entalpie	h	kJ/kg s.v.	-13,0	9,3	37,0	22,2	29,9	42,2				
hustota	ρ	kg/m <sup>3</sup>	1,35	1,24	1,18	1,21	1,21	1,16				
t. vlhkého tepl.	tv	°C	-15,1	-0,2	13,0	6,7	10,1	14,9				
Skut. průtok	Vs	m <sup>3</sup> /h	7 726	8 385	7 789	16 175	16 253	16 933				
Norm. průtok	Vn	m <sup>3</sup> /h	8 676	8 676	7 632	16 308	16 308	16 308				
Předaný výkon	P	kW		64,4			41,7	66,6				
Odpařené vody	qw	kg/h		0,0		0,0	59,5	0,0				

Obr. 41. hx diagram zimní provoz

Dimenzování VZT jednotky probíhalo v aplikaci AHU select firmy C.I.C. Dle předešlých výpočtu jsem navrhl VZT jednotku H40 (řada TP12105) jejíž schéma je na obrázku (Obr. 42)



Obr. 42. VZT jednotka

V - sání přívod, P - výtlak přívod, O - sání odvod, D - výtlak odvod

### 11.5 Návrh distribučních prvků výměny vzduchu

Správné dimenzování distribučních prvků je důležité pro vytvoření optimálního proudění vzduchu v místnosti. Pro prostor bankovní haly by se měla rychlost proudění vzduchu pohybovat do 0,25 m/s. Jako základní parametry, které sledujeme, řadíme rychlost proudění, rozdíl teploty přívodního vzduchu a okolního, dosah proudu vzduchu a hlučnost.

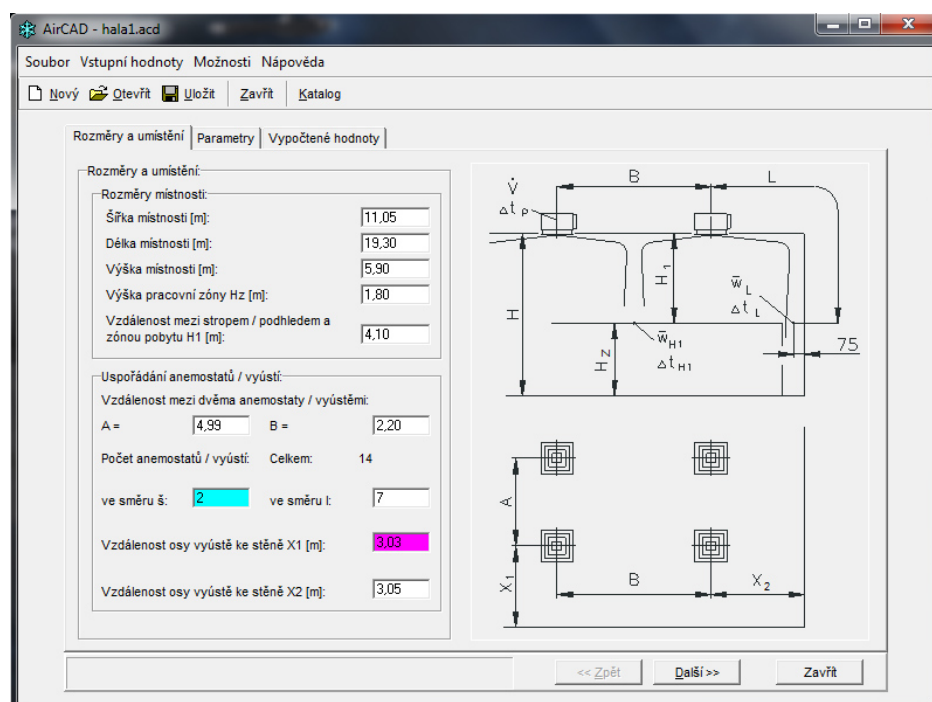
Distibuční prvky jsem navrhoval v programu AirCAD od firmy Mandík. Program je poskytován s licenci freeware.

Postup návrhu je následující. Po spuštění programu AirCAD vytvoření nového projektu vybereme položku *Vířivé výustě a anemostaty*.



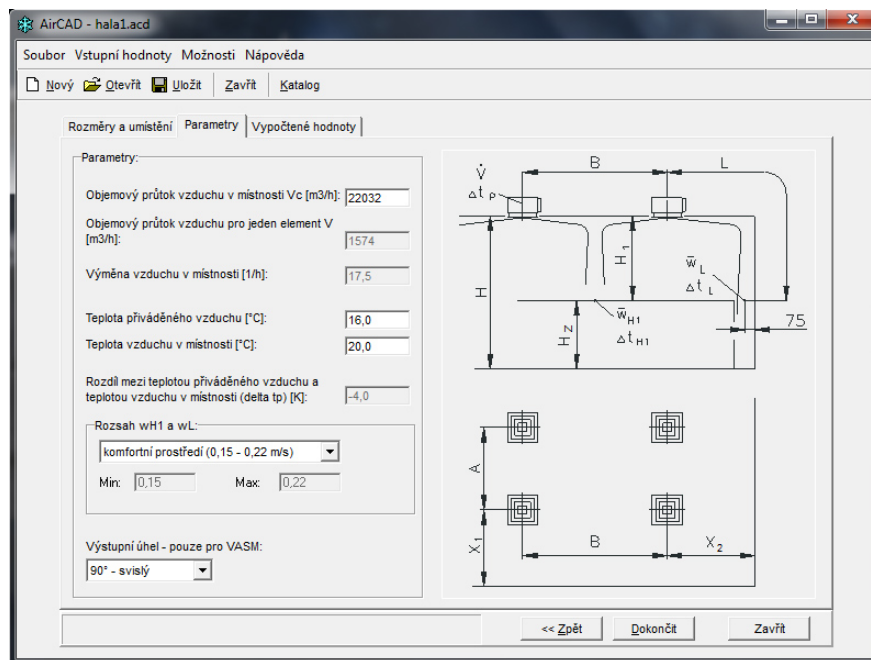
Obr. 43. Aplikace AirCAD pro návrh distribučních prvků

Návrh pokračuje zadáváním rozměrů místnosti a umístěním výustek viz. (Obr. 44)



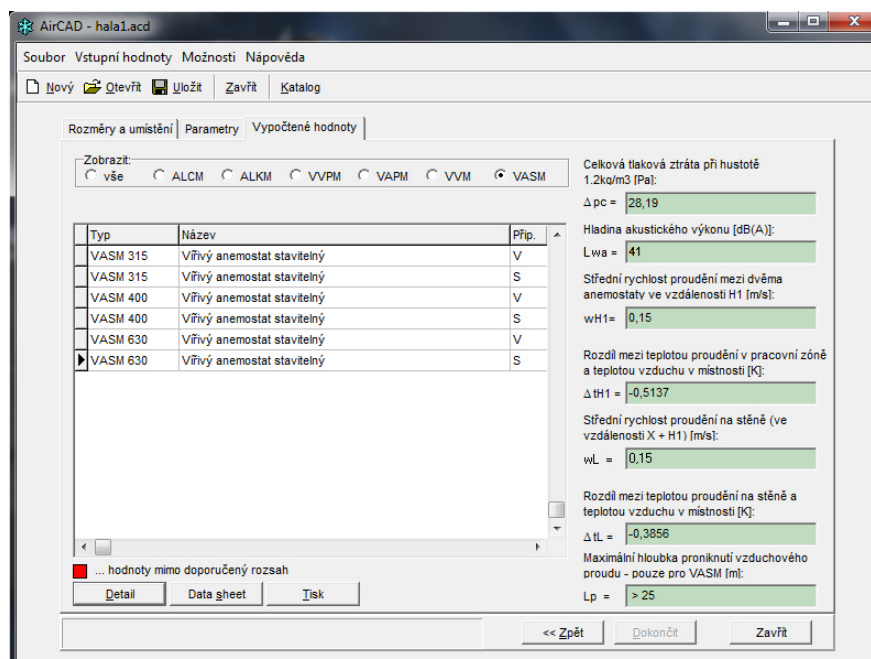
Obr. 44. rozměry místnosti a počet výustek

Následuje zadání parametrů jako je objemový průtok vzduchu v místnosti a určení typu prostředí.



Obr. 45. Zadání parametrů místnosti

Po nastavení všech hodnot je možné nechat program navrhnout vhodné distribuční prvky. Dle výpočtu je nutné použít typ *VASM630 – Vířivý anemostat stavitelný* s následujícími parametry v počtu 14ks viz. (Obr. 46)

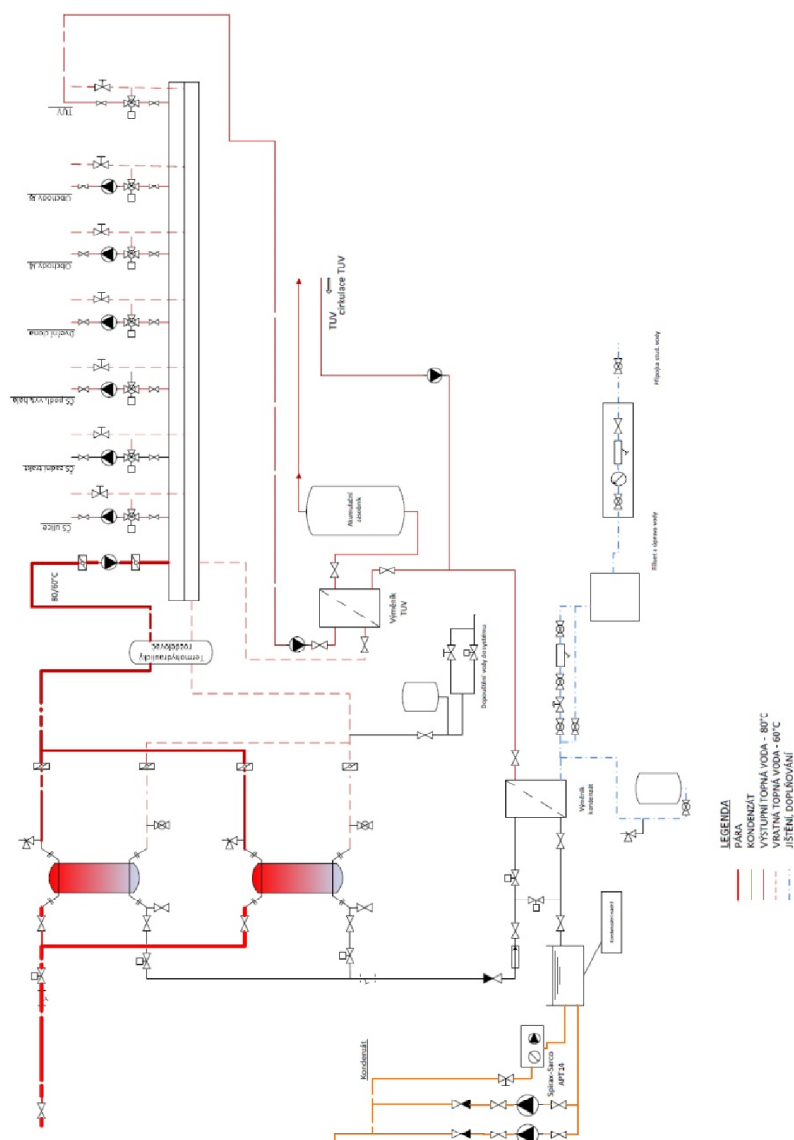


Obr. 46. Vybrané vhodné distribuční prvky

## 12 ŘÍZENÍ SYSTÉMŮ TVORBY MIKROKLIMATU V BUDOVĚ

### 12.1 Návrh řídicího systému výměňkové stanice

Úkolem řídicího systému výměňkové stanice je řízení dle následujícího schématu (Obr. 46). Mezi jeho úkoly patří regulovat teplotu za parními výměníky, regulace teplot topných větví, řídit okruh dochlazování kondenzátu a regulovat teplotu TUV. Systém také vyhodnocuje poruchové stavy s návazností na další opatření.



Obr. 47. hydraulické schéma výměňkové stanice

### 12.1.1 Primární okruh

Pára je do VS přivedena provodní přípojkou. Přípojka je odvodněna na vstupu do VS.

Na vstupu páry do VS je osazen havarijní uzavírací ventil. Za ním je pára vedena ke dvěma paralelně řazeným svislým výměníkům pára-voda. Ekvitermní regulace výstupní teploty topné vody na 75°C v závislosti na venkovní teplotě bude prováděna zaplavováním teploměrných ploch výměníků kondenzátem. Na kondenzátní straně každého výměníku jdou osazeny regulační ventily. Každý výměník má samostatnou regulaci. Kondenzát je využíván pro ohřev TUV. Pokud má kondenzát nízkou teplotu je vrácen do kondenzátní sítě z kondenzátní nádrže za pomoci zvedáče kondenzátu Spirax-Sarco.

### 12.1.2 Okruh topné vody

Topná voda konstantní teploty 75/65°C je vedena ze svislých výměníků pára-voda k rozdělovačům ústředního vytápění a vzduchotechniky. Na rozdělovačích ÚV a VZT jsou osazeny jednotlivé směšovací uzly s oběhovými čerpadly.

Jištění VS je pomocí pojistných ventilů. Doplnění okruhu topné vody bude řešena upravenou vodou, změna objemu je řešena osazením tlakové expanzní nádoby. Voda pro doplňování bude upravována ve změkčovací stanici vody. Do prostoru VS je přivedena přípojka studené vody, ze které se bude přes propojovací člen Fillset se standardním vodoměrem odebírat voda pro doplňování.

### 12.1.3 Měření a regulace

Fakturační měření tepla dodaného do VS bude prováděno nepřímou metodou měření kondenzátu na výstupním kondenzátním potrubí. Součástí strojní vybavenosti jsou tlakoměry a teploměry, které slouží k vizuální kontrole parametrů VS.

VS bude vybavena řídicím systémem Johnson Controls, která umožní automatickou programovatelnou regulaci parametrů s ošetřením havarijních stavů. VS bude také vybavena dálkovým přenosem dat pro potřeby vizualizace.

Ekvitermní regulace větve ÚT je realizována směšovacím ventilem se servopohonem. Pro dosažení kvalitní regulace je potřeba pro řízení ventilu pro TUV použít servopohon s krátkou dobou přeběhu (do cca 30s), přičemž je vhodné, aby doba zavírání byla kratší než doba otevírání. Teplota náběhové vody je snímána příložným teploměrem, venkovní teplota je měřena na severní fasádě budovy venkovním teploměrem. Signály těchto

snímačů jsou přiváděny do regulátoru, který dle ekvitermní křivky udržuje v topném okruhu příslušnou teplotu a umožňuje autonomní nastavení nočního útlumu. Časovým programem budou také řízena oběhová čerpadla. Při vzrůstu venkovní teploty nad 16°C bude odstaveno topení (zavřením ventilu) a oběhové čerpadlo. Při poklesu venkovní teploty pod -5°C v nočních hodinách bude provoz oběhového čerpadla nepřetržitý – nezávisle na časovém programu, teplota topné vody bude temperována podle ekvitermní teploty snížené o noční útlum. Čerpadlo VZT je spínáno od požadavku ohřevu vzduchu. V létě se občas protočí čerpadla topné vody a regulační ventily proti tvorbě usazenin.

Teplá užitková voda (TUV) je ohřívána v zásobníkovém ohříváči nabíjecím čerpadlem. Cirkulační čerpadlo TUV bude mít svůj autonomní týdenní program provozu. Tlak v systému ÚT je snímán pomocí snímače tlaku. Ten je udržován automatickou úpravnou a doplňovací jednotkou. Ohřev bude prováděn přes výměník voda-voda s tím, že studená voda přicházející do výměníku bude předehřívána v dochlazovači kondenzátu. Regulace bude prováděna škrcením průtoku dvojcestným ventilem s havarijním uzavíráním. Při poruchovém stavu a vzrůstu teploty za zásobníkem nad 65°C dojde k odstavení ohřevu TUV uzavřením regulačního ventilu a odstavením cirkulačního čerpadla. V nejnižším místě kotelny bude instalován snímač zaplavení.

Na výstupu z VS na čelním panelu rozvaděče bude nouzový vypínač. Při nouzových havarijních stavech jím bude VS ručně odstavena a bude možno obnovit provoz pouze ručně obsluhou. VS bude také odstavena při aktivaci požární signalizace. Havarijní stavy VS budou ohlašovány zvukovou signalizací, bude odstavena porouchaná technologie a signalizovány přenosem na dispečink.

Regulaci ÚT a VS lze pod přístupovými hesly ručně ovládat, nastavit dobu provozu vytápění, noční útlum, temperaci, manuální ovládání a volbu režimu vytápění z displeje regulátoru a dispečinku. Na tomto panelu a na dispečinku lze též zobrazovat všechny skutečné i žádané parametry a druh případné poruchy.

#### 12.1.4 Stavy výměňkové stanice

##### Stop

Stanice je vypnuta povelom z řídicího systému nebo závažnou havarijní poruchou. Ventily jsou v tomto stavu zavřeny, čerpadla vypnuta. V režimu stop je odstavena regulace výměníků včetně všech spotřebičů za výměníkem.

##### Náběh

Pokud není havarijní porucha aktivní je VS zapnuta povelom z terminálu. Uzavírací ventil na vstupu páry do výměníků postupně v nastaveném čase otevírá. Regulační ventil na výstupu kondenzátu je uzavřen. Regulace TUV je odstavena. Čerpadla otopných větví jsou zapnuta a regulační ventil na vstupu do rozdělovače je otevřen na nastavenou náběhovou hodnotu.

##### Chod

VS je zapnuta povelom z terminálu. Náběh VS je úspěšně ukončen. Řízení VS probíhá dle dřívějšího popisu.

##### Doběh

Běžné vypnutí VS bez poruchového stavu povelom z terminálu. Regulační ventil na výstupu kondenzátu z výměníku je uzavřen. Uzavírací ventil na vstupu páry do výměníků se postupně zavírá. Po uzavření uzavíracího ventilu nicméně ještě topné větve běží naplno a stejně tak regulace TUV dle nastaveného režimu. Tím se spotřebuje teplo naakumulované ve výměnících. V případě havarijní poruchy se VS odstavuje okamžitě.

##### Havarijní stavy

- Pokles tlaku pod min. hodnotu
- Ruční odstavení tlačítkem
- Překročení teploty v prostoru VS nad 40°C
- Přehřátí topné vody za výměníky nad 100°C
- Přehřátí TUV nad 65°C
- Porucha oběhového čerpadla ÚT
- Zaplavení VS

### 12.1.5 Konfigurace regulátorů

Pro řízení výměňkové stanice budou potřeba 3 regulátory Johnson controls typ FX16 a FX15. Tabulky (Tab. 40,41,42) ukazují rozložení vstupů výstupů na jednotlivých regulátorech.

Tab. 40. FX16\_1 seznam vstupů, výstupů

FX16_1			
Analogové vstupy		Digitální vstupy	
AI1	teplota venkovní	DI1	max. teplota výměník 1
AI2	teplota výměník 1	DI2	max. teplota výměník 2
AI3	teplota výměník 2	DI3	zaplavení
AI4	teplota TV	DI4	max. teplota prostoru
AI5	teplota TV vrat	DI5	max. hladina kondenzát
AI6	teplota kondenzátu	DI6	min. hladina kondenzát
		DI7	max. hladina kondenzát provozní
		DI8	min. hladina kondenzát provozní
Analogové výstupy		Digitální výstupy	
AO1	ventil výměník 1	DO1	Povolení otevírání ventilu páry
AO2	ventil výměník 2	DO2	čerpadlo kondenzátu 1 start
AO3	havarijní uzávěr páry	DO3	čerpadlo kondenzátu 2 start
AO4		DO4	
		DO5	
		DO6	
		DO7	
		DO8	
		DO9	FAIL

Tab. 41. FX15\_1 seznam vstupů, výstupů

FX15_1			
Analogové vstupy		Digitální vstupy	
AI1	tlak TV	DI1	max. teplota podlaha
AI2	tlak TV vrat	DI2	
AI3	teplota větev 1	DI3	
AI4	teplota větev 2	DI4	
AI5	teplota větev 3	DI5	
AI6	teplota větev 4	DI6	
		DI7	
		DI8	
Analogové výstupy		Digitální výstupy	
AO1	ventil větev 1	DO1	čerpadlo větev 1
AO2	ventil větev 2	DO2	čerpadlo větev 2
AO3	ventil větev 3	DO3	čerpadlo větev 3
AO4	ventil větev 4	DO4	čerpadlo větev 4
		DO5	
		DO6	
		DO7	
		DO8	
		DO9	

Tab. 42. FX15\_2 seznam vstupů, výstupů

FX15_2			
Analogové vstupy		Digitální vstupy	
AI1	teplota větev 5	DI1	max. teplota TUV
AI2	teplota větev 6	DI2	
AI3	teplota TUV za výměníkem	DI3	
AI4	teplota TUV výstup	DI4	
AI5	teplota TUV cirkulace	DI5	
AI6		DI6	
		DI7	
		DI8	
Analogové výstupy		Digitální výstupy	
AO1	ventil větev 5	DO1	čerpadlo větev 5
AO2	ventil větev 6	DO2	čerpadlo větev 6
AO3	ventil TUV	DO3	čerpadlo TUV
AO4		DO4	čerpadlo TUV cirkulace
		DO5	
		DO6	
		DO7	
		DO8	
		DO9	



## 12.2 Návrh řídicího systému vzduchotechniky

### 12.2.1 Cíle návrhu

Cílem návrhu je vhodně zvolit řídicí systém pro řízení vzduchotechniky v objektu. V této práci se soustředí na řízení vzduchotechniky, která bude mít za úkol zajišťovat vhodné mikroklima v prostoru bankovní haly. Řídicí systém je podobně jako u řízení VS vybírán z produktů společnosti Johnson Controls. Komunikace mezi řídicími systémy bude probíhat po sběrnici N2Open. Systém bude připojen na sběrnici BACnet a bude využito vizualizační rozhraní (SCADA). K ovládání systému bude také umožněn vzdálený přístup přes protokol TCP/IP.

### 12.2.2 Popis řízení klimatizace pro bankovní halu

Prostor bankovní haly je větrán vzduchotechnickou jednotkou s rekuperací, s ohřevem nasátého vzduchu s regulací na konstantní teplotu. Řízení vzduchotechnické jednotky zajišťuje DDC kompaktní mikroprocesorový regulátor FX15 společnosti Johnson Controls. Nasávaný vzduch je filtrován, rekuperován a ohříván. Na výstupu upravovaného vzduchu je teplota měřena kanálovým teploměrem. Teplota klimatizovaného prostoru bude měřena v místě odsávání vzduchu. Vstupní a výstupní klapky mají havarijní funkce a jsou ovládány současně.

Na základě naměřených teplotních parametrů výše uvedených snímačů je ovládán v zimním provozu regulační směšovací ventil přívodu topného media do výměníku ohřevu. Dále jsou přes frekvenční měniče ovládány nasávací a odsávací ventilátory v závislosti na vstupním, resp. výstupním snímači statickém tlaku. Zpětně je od termokontaktů motorů ventilátorů přes frekvenční měniče signalizována porucha a ventilátory jsou odstaveny. Skutečný provoz uvedených ventilátorů je snímán diferenčními manostaty, těmi jsou rovněž snímány tlakové ztráty u filtrů této jednotky a při překročení jisté meze (zanesení filtru) bude tento stav signalizován.

Proti zamrznutí je ohřívací výměník chráněn termostatem, který při poklesu teploty vzduchu pod 5°C za výměníkem prostřednictvím regulátoru provede havarijní sekvenci regulačních prvků jednotky, které tomuto stavu zabrání. Navíc je na výstupu vody z výměníku umístěn snímač teploty. Toto čidlo je využíváno při startu jednotky v zimním režimu, kdy je nejdříve vyhřát výměník na min. 60°C a poté je spuštěn ventilátor a

otevřena vstupní klapka. Při poklesu snímané teploty pod cca 10°C bude vybuzena stejná havarijní sekvence jako u termostatu.

Protože odsávaný vzduch může obsahovat vlhkost, která by při záporných venkovních teplotách namrzala a ucpávala deskový rekuperátor, je před a za tímto rekuperátorem umístěno čidlo teploty, pomocí něhož regulátor ovládá obtokovou klapku tak, aby k tomuto stavu nedošlo, tzn., že při poklesu teploty před a za rekuperátorem pod cca 3°C bude postupně otevírána zmíněná klapka. Navíc je na rekuperátoru umístěn diferenční manostat, který při zmenšení průtoku signalizuje zamrzání a vyvolá též otevírání obtokové klapky.

Havarijní stavy budou ohlašovány signalizací s postupným odstavením VZT a při havarijním stavu kotelny bude celé zařízení odstaveno.

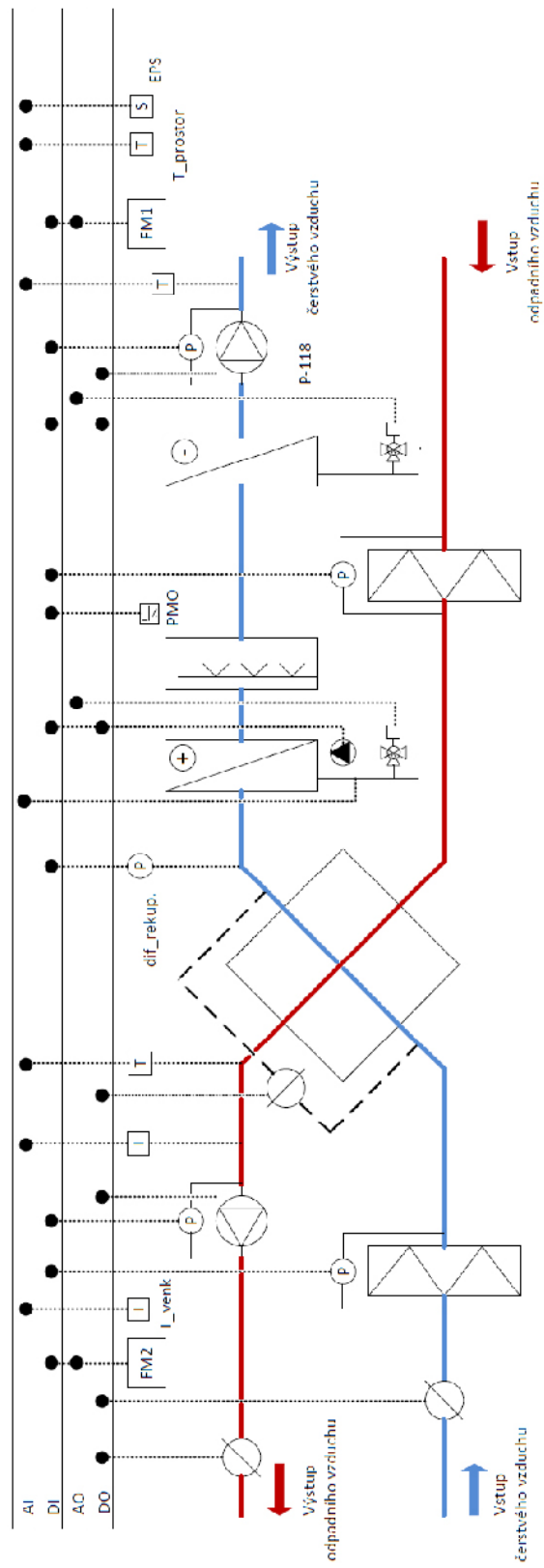
Vzduchotechnickou jednotku lze pod přístupovými hesly ručně ovládat, dále měnit hodnotové a časové parametry regulace z displeje MUI a dispečinku, kde lze též zobrazovat všechny skutečné i žádané parametry a identifikovat druh případné poruchy. VZT jednotky budou odstaveny při aktivaci požární signalizace. V tabulkách (Tab . 43,44) jsou uvedeny vstupy výstupy regulátorů.

Tab. 43. seznam vstupů a výstupů vzduchotechnika FX16

FX16			
Analogové vstupy		Digitální vstupy	
AI1	teplota venkovní	DI1	PMO protiúrazová ochrana
AI2	teplota přívodní vzduch	DI2	chod ventilátor přívodní
AI3	teplota vody z ohřívače vrat	DI3	chod ventilátor odtah
AI4	teplota vzduch odtah	DI4	porucha FM1 nebo FM2
AI5	teplota za rekuperátorem	DI5	chod čerpadla ohřívač
AI6		DI6	filtr vstupní / Filtr výstupní
		DI7	diference na rekuperátoru
		DI8	signál EPS
Analogové výstupy		Digitální výstupy	
AO1	ventil ohřev	DO1	vstupní klapka
AO2	ventil chlazení	DO2	výstupní klapka
AO3	Frekvenční měnič FM1 vstup	DO3	start čerpadla ohřívač
AO4	Frekvenční měnič FM2 výstup	DO4	start ventilátor přívod
		DO5	start ventilátor odtah
		DO6	bypass klapka na rekuperátoru
		DO7	
		DO8	
		DO9	porucha VZT

Tab. 44. seznam vstupů a výstupů vzduchotechnika FX07

FX07			
Analogové vstupy		Digitální vstupy	
AI1	teplota prostor hala 1	DI1	kvitace poruchy
AI2	teplota prostor hala 2	DI2	
AI3	vlhkost přívodní vzduch	DI3	
AI4		DI4	
		DI5	
Analogové výstupy		Digitální výstupy	
AO1	Klapka bypass	DO1	
AO2		DO2	
		DO3	
		DO4	
		DO5	
		DO6	



Obr. 49. řízení vzduchotechniky

## 13 VOLBA ŘÍDÍCÍCH SYSTÉMŮ

Pro řízení technologií v bankovní budově jsem vybral produkty firmy Johnson Controls. Integrace jednotlivých prvků zajistila komplexní řešení řízení budovy.

### 13.1 Ústřední vytápění místností

Řízení vytápění místností má na starosti regulátor FX07. Vždy jeden regulátor FX07 ovládá dvě místnosti.

#### Regulátor FX07

Regulátor FX07 je vysoce výkonný regulátor koncových zařízení navržený pro komerční vytápěcí, ventilační, klimatizační a chladicí (HVAC/R) aplikace. Regulátor FX07 má 17 fyzických vstupů/výstupů a podporuje široký rozsah typů snímačů a ovládacích zařízení. Regulátor FX07 má také vnitřní hodiny reálného času, které umožňují používání časových plánů pro zapínání a vypínání zařízení a používání řídicích sekvencí založených na reálném čase, záznam času událostí a trendů. Parametry aplikace lze zobrazovat a upravovat z volitelného integrovaného LCD displeje, nebo ze vzdáleného uživatelského rozhraní MUI montovaného v rozvaděči nebo na stěně. FX07 lze vybavit N2Open, LonWorks nebo BACnet komunikační kartou pro připojení regulátoru do nadřazeného systému automatické správy budov (BAS). Alternativně lze regulátor vybavit sériovou komunikační linkou RS-232C pro zajištění přenosu zpráv upozorňujících na události prostřednictvím emailu nebo Short Messaging Service (SMS) pomocí GSM modemu. Regulátor FX07 je pomocí softwarového balíku FX Tools plně programovatelný pro široký rozsah komerčních HVAC/R přístrojů jako jsou např. malé chladicí kompresorové jednotky, vestavné chladicí jednotky, fan-coily, ventilační a klimatizační jednotky, chladicí trámy, podstropní jednotky apod.



Obr. 50. regulátor FX07

Vlastnosti:

- Volně programovatelný regulátor
- Možnosti síťové komunikace - N2Open, LONWORKS, nebo BACnet protokol
- Komunikační služby
- Volitelný integrovaný LCD displej se čtyřmi ovládacími tlačítky
- Volitelné analogové výstupy s pulzní šířkovou modulací (PWM)
- Modely s různou konfigurací výstupů, triaky nebo relé na síťové napětí

### Místní ovládání regulátoru

V místnostech je měřena teplota. Její korekce je možná prostorovým ovládacím modulem RS-1100. Prostorovým ovládacím modulem je vybavena každá místnost ve které je místní regulace teploty. Vždy dva moduly jsou napojeny na 1 regulátor FX07.

### Prostorový ovládací modul RS-1100

Moduly řady RS-1100 jsou určeny především pro použití s regulátory řady Facility Explorer nebo regulátory řady System 91 Johnson Controls a poskytují signál 0...10V, který je přímo úměrný snímané teplotě. K dispozici jsou modely s a bez LCD displeje, točítka pro nastavení teploty v prostoru, funkce dočasněho obsazení a volbou rychlosti ventilátoru.



Obr. 51. RS-1100

#### Vlastnosti:

- Napájení: 15 VDC (všechny modely) 24 VAC/VDC (pouze modely s displejem)
- 0...10 VDC teplota okolí
- Teplotní stupnice otočného ovladače
- Funkce přeřazení obsazení, (model s nebo bez displeje)
- Rozměr skříně: 80 x 80 mm
- Třída kryti: IP30
- Tlačítko rychlosti ventilátoru

## 13.2 Integrace regulátorů FX07 do systému řízení

Jako nadřazený prvek pro polní regulátory slouží DDC stanice FX16 (master regulátor). Datové body z regulátorů FX07 se mapují na FX16 ve kterém je obsažena síťová karta BACnet.

### Regulátor FX16

Regulátor FX16 Master je vysoce výkonný polní regulátor navržený specificky pro komerční vytápěcí, ventilační, klimatizační a chladicí (HVAC/R) aplikace jako např. chladicí stroje, nástřešní jednotky, balené klimatizační jednotky, vzduchotechnické jednotky a řídicí jednotky pro lokality, kde je důležité striktní udržování teploty, vlhkosti a čistoty (tzv. „close control“). FX16 má 27 fyzických vstupů a výstupů a podporuje širokou škálu snímačů teploty a ovládacích zařízení. Přidáním rozšiřovacích modulů XT/XP může být dosaženo až 64 dodatečných fyzických vstupů a výstupů. FX16 umí také řídit distribuovanou aplikaci s až 16 podřízenými regulátory FX (FX06, FX07, FX14, FX15). Parametry distribuované aplikace lze zobrazovat a upravovat pomocí volitelného uživatelského rozhraní. FX16 zahrnuje rovněž komunikační služby, které zajišťují přenos zpráv upozorňujících na události prostřednictvím SMS (Short Messaging Service) nebo emailu. Pomocí zabudovaného webového serveru může uživatel ze vzdálené lokality prohlížet parametry aplikace a upravovat je. Regulátor FX16 Master je pomocí softwarového balíku FX Tools plně programovatelný pro široký rozsah komerčních HVAC/R aplikací. FX16 lze vybavit N2Open, LonWorks nebo BACnet komunikační kartou pro připojení regulátoru do nadřazeného systému automatické správy budov (BAS).



Obr. 52. regulátor FX16

Vlastnosti:

- Distribuovaná řídicí aplikace
- Zabudovaný webový server
- Komunikační služby
- Možnosti síťové komunikace
- Volně programovatelný pomocí softwarového balíku FX Tools
- Softwarové volitelné analogové vstupy
- Volitelné uživatelské rozhraní, integrované nebo vzdálené

### 13.3 Komunikační brána s protokolem TCP/IP

Mezi sítí BACnet a Ethernet jsem zvolil síťovou automatizační jednotku NAE. Ta slouží k propojení místních komunikačních sběrnic v budově a ethernetu, případně internetu. Umožní nám tak vzdálený dohled nad technologiemi v budově a jejich řízení.

#### Automatizační jednotka NAE

Jednotky NAE umožňují připojení IP a webový přístup do systému řízení budovy Metasys (BMS). Jednotka NAE používá komunikační technologie z oblasti průmyslové automatizace budov, včetně protokolu BACnet, sítě LonWorks a N2Bus. Použitím těchto

technologii jednotka NAE monitoruje a řídí topná, ventilační a klimatizační zařízení (HVAC), osvětlení, zabezpečení, požární ochranu a řízení přístupu. Jednotky NAE nabízí monitorování a řízení technologií budovy, správu alarmů a událostí, výměnu dat, trendování, řízení energie, časové plánování a ukládání dat. Jednotky NAE mají zabudováno uživatelské rozhraní a podporují přístup přes internetový prohlížeč z několika míst současně a využívají ochranu heslem a zabezpečovací metody používané v IT. Jednotky řady NAE55 podporují úplnou řadu řídicích vlastností a funkcí pro rozlehlá zařízení a technicky náročné budovy a komplexy. Jednotky řady NAE35/NAE45 rozšiřují schopnosti jednotky NAE na menší budovy a umožňují širší distribuci řídicích funkcí v rozsáhlejších zařízeních. Jednotka NAE85 je vysokokapacitní model NAE. Toto zařízení umožňuje integraci rozsáhlých systémů BACnet a může být použito místo několika jednotek NAE.



Obr. 53. automatizační jednotka NAE

Vlastnosti:

- Komunikace používá obecně přijímané IT standardy na úrovni automatizace a podniku
- Uživatelské rozhraní je založeno na internetovém prohlížeči
- Funkce správce lokality
- Podporuje webové služby na automatizační úrovni
- Uživatelské rozhraní a software pro online konfigurování systému jsou začleněny v NAE
- Řízení sítí polních regulátorů včetně BACnet MS/TP, N2 Bus, sítě LONWORKS a zařízení BACnet IP Multiple Connection Options
- Různé možnosti připojení pro přístup k datům

### 13.4 Dispečerské pracoviště – lokální a vzdálená správa

Pro lokální i vzdálenou správu systému měření a regulace je navržena rozšířená architektura – síťová řídicí jednotka, která umožňuje přístup z PC dispečinku napojeného na ethernet uživatele a umožní také vzdálenou správu přes internet. V PC dispečinku bude instalován SW, který umožní ovládání vnitřních jednotek z ovladačů MaR.

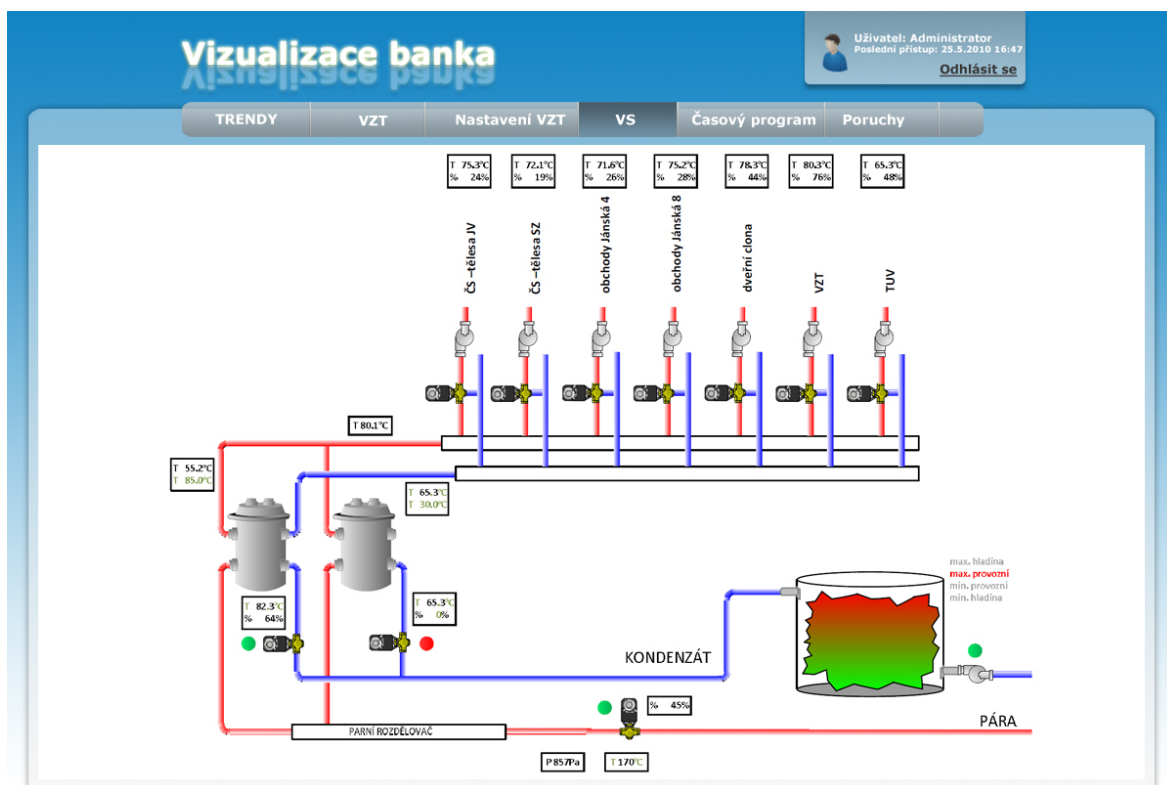
Samostatná řídicí jednotka nabízí monitorování a řízení technologií budovy, správu alarmů a událostí, výměnu dat, trendování, řízení energie, časové plánování a ukládání dat.

Jednotka má zabudováno uživatelské rozhraní a podporuje přístup přes internetový prohlížeč z několika míst současně a využívá ochranu heslem a zabezpečovací metody používané v IT. Bude umístěna v rozvaděči a zde napojena na ethernet. Systém dovoluje konfigurování, uvedení do provozu, archivaci dat, monitorování, povelování a diagnostiku systému z jakéhokoliv zařízení s internetovým prohlížečem.

## 14 VIZUALIZACE SYSTÉMU BUDOVY

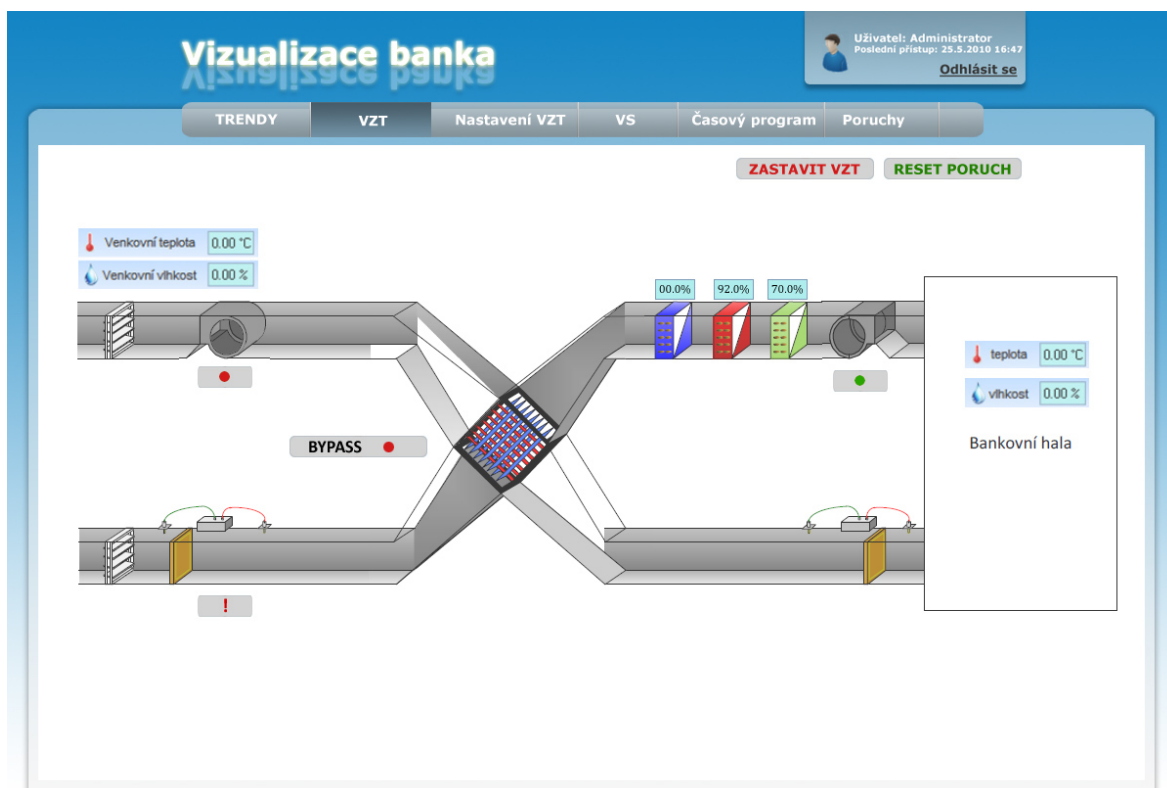
Pro potřeby řízení jednotlivých systémů budovy byl navržen systém SCADA. Vizualizace graficky zobrazuje části technologie, které potřebujeme řídit a monitorovat. SCADA zobrazuje veličiny měřené regulátory a dovoluje jejich změnu přes grafické prvky. Dále také umožňuje pořizovat výpisy poruch, trendů nebo případné odstavení technologie. Pro demonstraci jsem navrhl rozhraní pro vizualizaci části výměňkové stanice a vzduchotechniky pro bankovní halu.

Rozhraní vizualizace spolu s obrazovkou pro řízení výměňkové stanice je uvedeno na (Obr. 54).



Obr. 54. Vizualizace VS

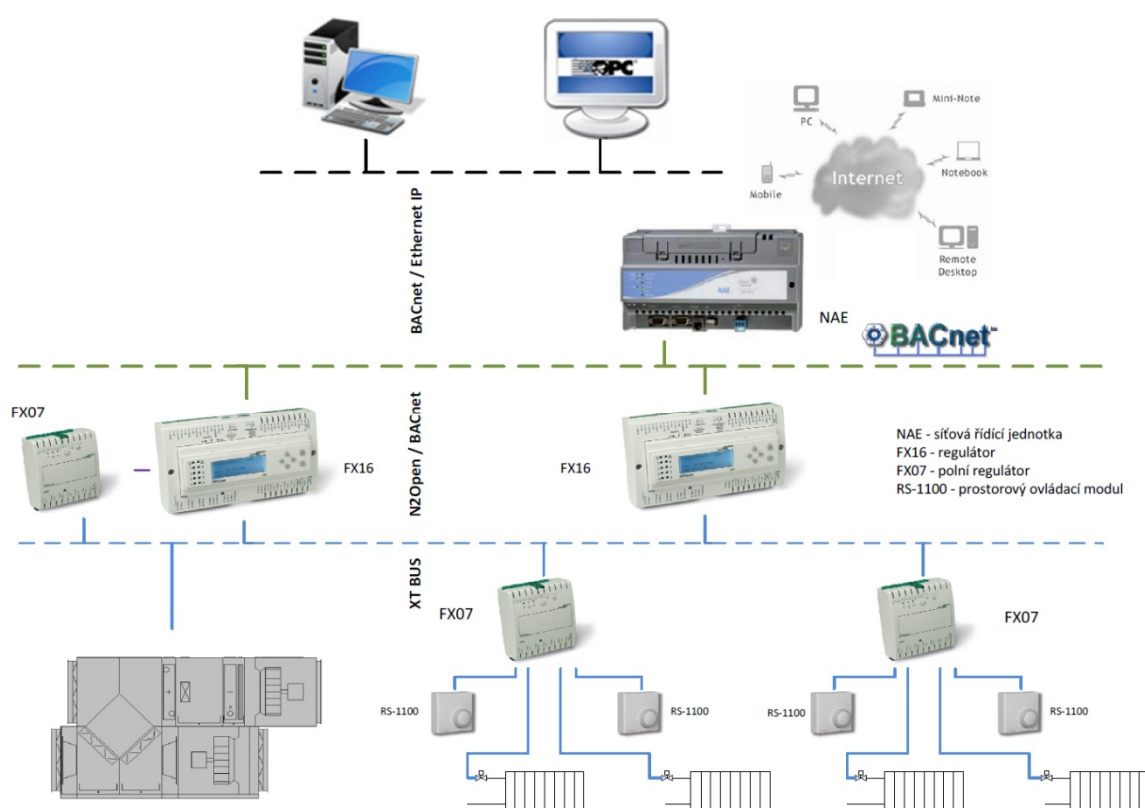
Rozhraní vizualizace spolu s obrazovkou pro řízení vzduchotechniky v bankovní hale je na (Obr. 55).



Obr. 55. Vizualizace vzduchotechniky pro bankovní halu

## 15 TOPOLOGIE SYSTÉMU

Topologii systému řešícího řízení a vizualizaci vytápění a vzduchotechniky lze rozdělit do několika úrovní. Jsou zde přítomny řídicí úroveň, automatizační úroveň, periferie, které pracují nezávisle na sobě. Pro automatizační úroveň byl vybrán protokol BACnet a pro řídicí a úroveň periferií protokol N2Open. Protokol N2Open je uzavřeným protokolem firmy Johnson Controls a vychází do jisté míry z protokolu LonWorks. Důležitým prvkem je řídicí jednotka NAE, která má na starosti vizualizaci a propojení se stanicemi na podnikovém ethernetu, případně na internetu. Topologie je uvedena na obrázku (Obr. 56).



Obr. 56. Topologie systému řízení vzduchotechniky a vytápění

## 16 NÁVRH EZS

Cílem návrhu EZS v bankovním domě je navrhnout prvky zabezpečující ochranu bezpečnosti provozu s důrazem na zabezpečení hotovosti proti odcizení zvenku i zevnitř. Pro finanční ústavy je obvykle vyžadována certifikace navržených komponentů na stupeň zabezpečení 3. Rozřazení upravuje norma ČSN EN 50131-1[33], která definuje 4 stupně rizika. Stupeň 3 znamená střední až vysoké riziko.

EZS lze rozdělit na:

- Plášťová ochrana (zajištění skleněných výplní, dveří atd.)
- Prostorová ochrana (kontrola vnitřních prostor prostorovými čidly)
- Předmětová ochrana (trezory apod.)
- Tísňové personální hlásiče

### 16.1 Komponenty EZS

Základním prvkem EZS systému je ústředna. Její umístění musí být v zabezpečené místnosti. Pro použití v bance jsem vybral ústřednu Digiplex Evo 192. Tato zabezpečovací ústředna nabízí 192 zón a 5 PGM výstupů. Ústředna disponuje schopností přístupu a programování dálkových ovladačů až 999 uživatelů (s klávesnicí EVO641 a MG-RTX3). Další významnou vlastností je tzv. MULTIBUS, který umožňuje upgrade firmware modulů na sběrnici.

Vlastnosti

- 8 zón (16 při zdvojení zón, ATZ technologie)
- integrované vlastnosti přístupového systému
- políčkové programování a upgrade firmware
- systém je kompatibilní s programem NEware
- automatická úspora, podsvícení klávesnic dle času
- 5 pevných PGM na ústředně
- PGM1 může být využito jako vstup pro 2-drátový kouřový detektor
- podpora až 254 rozšiřujících sběrnicevých modulů
- 999 uživatelských kódů
- 8 podsystémů
- paměť na 2048 událostí

- zabudovaná baterie reálného času
- napájecí zdroj 1.7A
- 1 sledovaný okruh sirény, výstupu a telefonní linky
- tlačítko systémového nastavení do továrních hodnot



Obr. 57. Ústředna Digiplex Evo 192

Ovládání ústředny EZS bude použita klávesnice GRAFICA s lcd displejem. Grafica umožňuje nejen zobrazení vytvořených plánů budovy s detektory, ale zjednodušuje ovládání pomocí grafického menu a navigačních tlačítek. Ovládání ústředny je díky snadné a přehledné.



Obr. 58. klávesnice GRAFICA

Mezi její hlavní přednosti patří:

### **Zobrazení a import půdorysů**

- Okamžité a přehledné zobrazení zóny na příslušném půdorysu při poplachu, přemostění nebo otevřených zónách při nastavování systému
- Zobrazení zóny blikáním při současném vypsání jména zóny a zobrazení aktuálního stavu
- Možnost vytvoření ( nakreslení ) nebo importu půdorysu jako bitmapy pomocí software NEware 2.0
- Možnost downloadu až 32 rozdílných půdorysů
- Navigace pomocí ikon

Programování ústředny se provádí v aplikaci *Winload*. Jako uživatelská nadstavba slouží aplikace *Neware*. Tento software dovoluje koncovému uživateli plný monitoring ústředny, změnu kódů a oprávnění, vytváření přístupových práv při použití přístupové verze.

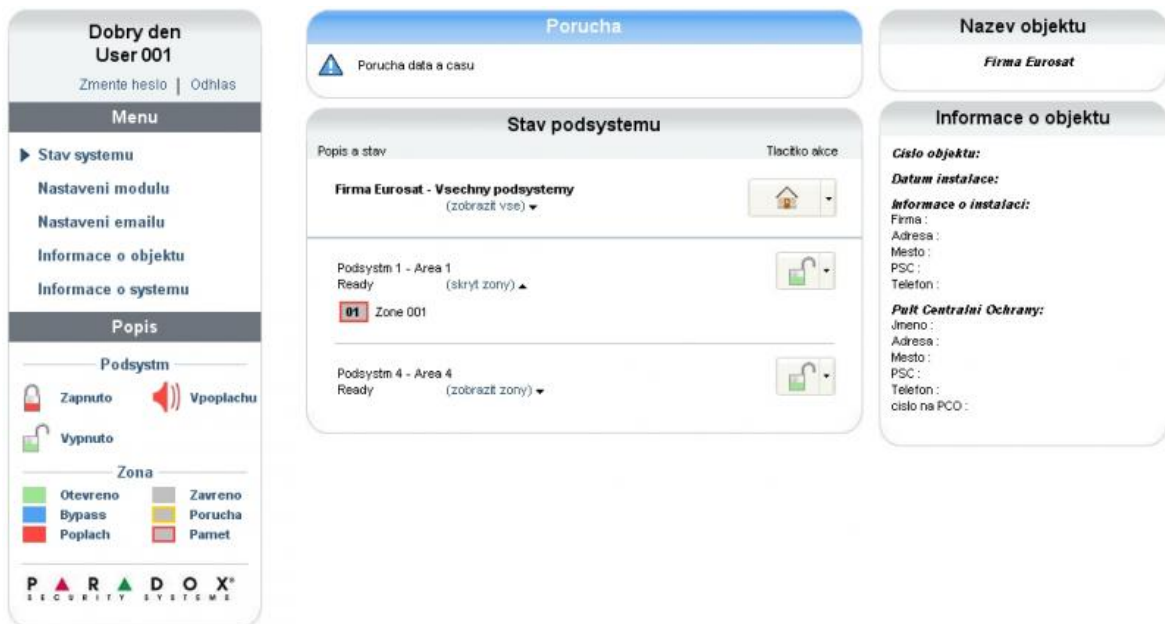
Ke spojení s ústřednou Digiplex se použije pro přímé spojení převodník 306/307USB. Pro vzdálené připojení modem (PC - modem - tel.linka - ústředna), Internet modul IP100 nebo GSM/GPRS modul PCS100. Vzhledem k tomu že ostatní systémy tvorby mikroklimatu jsou propojeny na internet je vhodné systém EZS vybavit modulem IP100, který umožní vzdálenou správu zabezpečovacího systému.

### **Internetový modul IP100**

Vlastnosti:

- Jednoduché zapojení - modul se připojuje přímo do konektoru "serial" na desce ústředny
- Napájení přímo z ústředny.
- K modulu je dodáván jednoduchý konfigurační program, který umožňuje nastavení parametrů modulu a registraci na Paradox DNS.
- Nastavení spojení v programu se nastavuje přímo IP adresa modulu nebo DNS
- Přístup pomocí internetového prohlížeče umožňuje základní správu systému a nastavení zasílání informací až na 16 emailových adres.

- V ovládacím programu se nastavuje IP adresa pro každý objekt zvlášť, není tedy nutné pro připojení na další objekt, měnit parametry nastavení spojení nebo virtuálního sériového portu.



Obr. 59. Ukázka správy EZS přes webové rozhraní

Plášťová ochrana bude zabezpečována magnetickými kontakty ASITA MAS 303, které budou namontovány na všech dveřích a skleněných výplních.



Obr. 60. magnetický kontakt ASITA MAS 303

Trezorové dveře budou zabezpečeny magnetickým kontaktem SENTROL S1078CS. Jedná se o závrtný čtyřdrátový kontakt s pracovní mezerou a sabotážní smyčkou.



Obr. 61. magnetický kontakt SENTROL S1078CS

Skleněné výplně, které jsou v přízemí ze strany ulice budou chráněny detektory tříštění skla GLASSTREK DG-457. Detektor má dva provozní režimy (adresace pro DIGIPLEX EVO série nebo konvenční relé provozu). Čidla detekují dvě frekvence, vzniklé při porušení skla. Nízkofrekvenční vlnu nárazu a vysokou frekvenci tříštění skla. Nevzniknou-li tyto dvě frekvence současně, nedojde na čidle k vyhodnocení poplachu. Glasstrek se hodí k použití pro detekci rozbití klasických skleněných tabulí, temperovaného, nebo laminovaného skla.



Obr. 62. detektor tříštění skla GLASSTREK DG-457

Vnitřní prostory banky budou zajišťovat detektory pohybu typ VISION 525D. Jedná se o duální pohybový detektor obsahuje jak klasický infračervený (PIR) detektor, tak navíc i mikrovlnný detektor (MW). Toto čidlo je navrženo pro prostory se zvýšeným rizikem falešných poplachů. Díky kombinaci dvou čidel je počet těchto nechtěných poplachů

potlačen. Pokud část PIR detektoru detekuje poplachovou událost, musí rovněž mikrovlnná část detektoru potvrdit, že se opravdu o poplach jedná, potom teprve k vyhlášení poplachu dojde.



Obr. 63. detektor pohybu VISION 525D

Vlastnosti:

- Digitální mikrovlnná detekce
- Patentovaná technologie digitálního zpracování
- Patentovaná technologie automatického počítání impulsů
- Část PIR detekuje poplachové události a pouze při potvrzení z mikrovlnné části nastane stav úplného poplachu
- Nastavitelná citlivost mikrovlny
- Dosah 14 x 14 m, úhel 90 °
- Algoritmus nebo dvojitý proces
- Automatická teplotní kompenzace
- Kovový kryt pro odrušení VF polí
- Vestavěné relé
- Ochranný kontakt

Pro střežení bankomatů umístěných ve vchodové místnosti a trezoru budou vybaveny seizmickými detektory SAFE PROTECTOR 950. Paradox Safe Protector je používán pro zabezpečení kovových trezorů, kovových dveří a příručních pokladen. Paradox Safe Protector se instaluje přímo na chráněný povrch, kde na něho působí vzájemné chvění v kmitočtovém spektru od: vrtání, lámání, stříhání, klepajících strojů, brusek, elektrických obloukových svářeček apod. Spolehlivá funkce detektoru je podmíněna dokonalým kontaktem mezi plochou snímače a chráněným povrchem. Povrch musí být dokonale čistý, zbaven velkých vrstev barvy, musí mít hladký povrch a pevně připevněný k povrchu.



Obr. 64. Seizmický detektor SAFE PROTECTOR 950

#### Vlastnosti

- Vysoce citlivý piezo prvek
- Pět možností nastavení
- Detekční plocha 2,5 m
- Ochranný kontakt

Dalším prvkem EZS je tísňový personální hlásič. Tyto hlásiče budou umístěny za každou přepážkou, tak aby mohl pracovník v případě ohrožení stlačením tlačítka vyvolat tichý poplach. K tomu bude sloužit nášlapná lišta Siemens FK32.

V případě špatných podmínek pro instalaci nášlapných lišt je možné použít poplachová tlačítka Siemens HB105.



Obr. 65. poplachové tlačítka Siemens HB105

## 16.2 Kamerový CCTV systém

V budově banky bude také instalován kamerový systém CCTV. Systém bude monitorovat prostory bankovní haly, místnost s bankomaty, vchod do trezorové místnosti a vchody do banky.

### Výběr komponent kamerového systému

Bude použita kombinace statických a otočných kamer tzv. „DOME“, které budou sledovat pohyb v bankovní hale. Záznamy budou archivovány pro případné pozdější potřeby policie.

### Statická kamera KT&C KPC-HDN700 venkovní provedení

Jedná se o kameru s variofokálním objektivem a 1.3 Megapixelovým CCD čipem. Kamera disponuje vysokým HD rozlišením 1280x720px při 30 snímcích za sekundu. Díky krytí IP67 je možné kameru použít jako venkovní pro monitoring vchodů do banky.



Obr. 66. Statická kamera KPC-HDN700

### Statická kamera KT&C KPC-HDX131M – vnitřní provedení

Stejně jako u předešlé kamery se jedná o kameru s 1.3MPx čipem a rozlišením 1280x720. Kamera není vybavena voděodolným krytem takže její použití omezeno na vnitřní prostory banky například vchod do bankovního trezoru, místnosti s bankomaty atd.



Obr. 67. kamera KPC-HDX131M

**Stropní kamera KT&C KPC-S510DC**

Otočná „DOME“ stropní kamera bude sloužit ke sledování prostoru bankovní haly. Ovládat je budou pracovníci ostrahy. Používá B/W 1/3" Super Grade CCD čip Sony s horizontálním rozlišením 380 TV řádků. Výhodou této kamery je jednoduchá konstrukce a vysoká spolehlivost.



Obr. 68. stropní kamera KPC-S510DC

Kamery budou napojeny na triplexní multiplexer TALON

### Triplexní multiplexer TALON

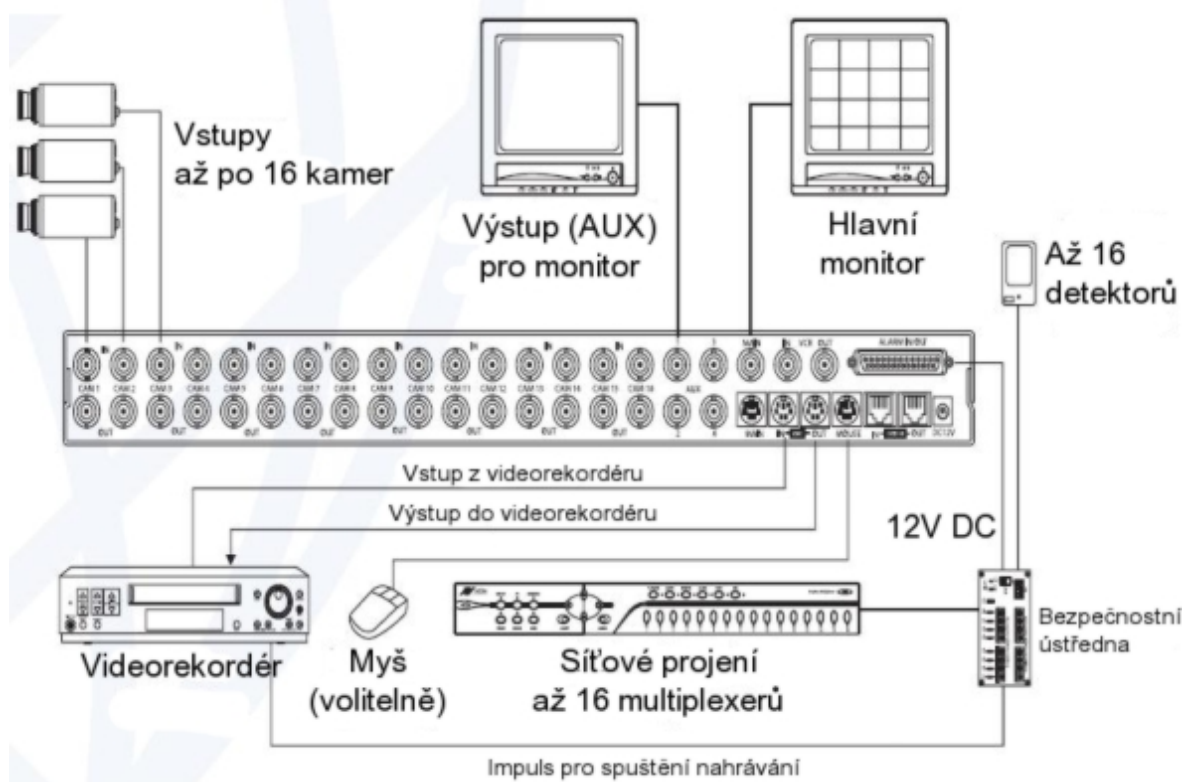
Talon je triplexní multiplexer dodávaný v nejrůznějších modifikacích v závislosti na požadavcích zákazníka. Lze vybrat barevné multiplexery se 4, 9 nebo 16 vstupy. Triplexní multiplexer znamená, že může současně nahrávat obraz z kamer, zobrazovat obraz kamer na monitoru v různých režimech a přehrávat záznam. Multiplexery Talon se jednoduše ovládají pomocí dálkového ovladače nebo pomocí klasické myši připojené přes port PS2. Multiplexer má všechny videovstupy průchozí. Výhodou jsou zabudované funkce pohybového detektoru, spolupráce se zabezpečovacím systémem (4 kamery lze připojit k alarmovému výstupu), funkce OSD, PIP a SPLIT, komunikační porty RS485 a RS482.

Vlastnosti:

- triplexní systém - současný záznam, přehrávání a živé zobrazení
- dálkové ovládání nebo ovládání pomocí klasické myši zapojené přes port PS2
- PIP, SPLIT, OSD
- průchozí videovstupy
- detektor pohybu
- vnitřní paměť pro uložení uživatelského nastavení
- 4 alarmové výstupy - spolupráce se zabezpečovacím systémem
- digitální zoom obrazu



Obr. 69. Triplexní multiplexer TALON



Obr. 70. schéma zapojení multiplexeru TALON

Jako záznamové zařízení pro případné potřeby policie bude sloužit záznamové zařízení PINETRON PDR-X7000.

### **PINETRON PDR-X7000**

PDR-X7000 je digitální videorekordér s až 16 kanály. Pro uchovávání dat je možné nainstalovat až 4 interní pevné disky a až 10 externích přes rozhraní e-SATA. Obraz je ukládán na disky s využitím kompresního kodeku H.264, což umožňuje uchovávat záznam ve vysoké kvalitě s menší náročností na diskový prostor. K zařízení je možné přistupovat klientsky přes webový prohlížeč nebo aplikace dostupné pro Microsoft Windows a Mac OS X. Zajímavé jsou také dostupné aplikace pro smartphone s OS Android a Apple iPhone.



Obr. 71. digitální videorekordér PINETRON PDR-X7000



Obr. 72. ovládací aplikace pro iPhone a Android

**Vlastnosti:**

- Vysoká kvalita obrazu
- Více režimů nahrávání: detekce pohybu, alarm, rozvrh, kontinuální, dual
- Jednoduché intuitivní ovládání
- Uživatelsky přívětivé barevné menu
- Rychlé nastavení
- Ovládání pomocí myši, dálkového ovládání
- Odeslání alarmu na email
- Automatická oprava souborů při poškození (výpadek proudu a p.)
- Aplikace pro iPhone nebo Android - ovládání PTZ, vyhledávání, nastavení
- HDMI výstup rozlišení ve Full HD 1920x1080

**Shrnutí vybavení pro EZS**

Tab. 45. shrnutí vybavení pro EZS

Oblast ochrany	Zařízení
Plášťová	Magnetický kontakt ASITA MAS 303 Detektor tříštění skla GLASSTREK DG-457
Prostorová	Detektor pohybu VISION 525D Kamera KPC - HDN700 Kamera KPC - HDX131M Kamera KPC – S510DC
Předmětová	Magnetický kontakt Sentrol S1078CS Seizmický detektor SAFE PROTECTOR 950

Prvky pro EZS byly vybírány na webu společnosti Eurosat od různých dodavatelů. Hlavní součástí je ústředna EZS a k ní navazující detektory jsou od společnosti PARADOX SECURITY SYSTEMS. Prvky EZS jsou napojeny na pult centrální ochrany (PCO). Kamerový systém je složen z výrobků firem KT&C a Pinetron.

## 17 NÁVRH EPS

Cílem návrhu EPS v bankovním domě je navrhnout prvky zabezpečující požární signalizaci s důrazem na zabezpečení prostor banky před vznikem a rozšířením požáru. Zařízení elektrické požární signalizace je podobně jako EZS soubor sestávající z řídicí ústředny, hlásičů a dalších doplňujících zařízení. Tento systém zaznamenává a vyhodnocuje vznikající požár v místech trvalé služby, která zajišťuje likvidaci požáru v jeho zárodku, případně rychlé přivolání útvaru Hasičského záchranného sboru k požárům většího rozsahu.

### 17.1 Komponenty EPS

Základním prvkem systému EPS je ústředna. Pro potřeby objektu jsem vybral ústřednu Siemens Synova FC330A-1.

#### Siemens Synova FC330A-1

Jedná se o ústřednu elektrické požární signalizace pro středně velké objekty. Ústředna zaznamenává signály od automatických hlásičů, tlačítek a vstupních modulů pomocí hláskové linky nebo detekční linky a zajišťuje decentralizované ovládání pomocí ovládacích linek a ovládacích vstupně/výstupních modulů. Ústředna zobrazuje získaná data, provádí přednastavené ovládací a signalizační funkce.



Obr. 73. ústředna EPS

K ústředně lze připojit 1,2 nebo 4 kruhové linky po až 128 zařízeních, případně až 4 otevřené linky po 32 zařízeních. Ústředna je vybavena 4 řádkovým LCD displejem a je vybavena rozhraním RS232 pro komunikaci s počítačem s nadstavbovým systémem. Díky sběrnici LON je možné komunikovat s paralelními zobrazovacími, ovládacími panely.

Hlavní parametry ústředny:

- Ústředna FC330A-1 pro 2 kruhové linky (256 hlásičů) s možností rozšíření na 4 kruhové
- Uživatelské funkce mohou být programované buď pomocí ovládacího terminálu nebo pomocí konfiguračního programu SWE330
- Několik variant automatického nebo ručního přepínání režimů přítomnosti obsluhy Den/Noc
- Chronologicky může být uloženo a znovu zobrazeno až 200 událostí
- Dálkový přenos poplachu a poruchy
- Vstupně/výstupní rozhraní na LON–Bus sběrnici

V dohledové místnosti bude umístěno zobrazovací a ovládací tablo pro snadné zjištění stavu EPS systému.

Paralelní tablo s LCD B3Q595 zobrazuje zprávy systému v prostorách vzdálených ústředně (jiné patro, křídlo, budova). Všechny poplašné zprávy se zobrazují na všech tablech a na ústředně Synova. Tabla nevyžadují konfiguraci, stačí pouze místně nastavit adresu. Ke každé požární ústředně FC330A lze připojit až 16 tabel.



Obr. 74. Paralelní tablo B3Q595

Hlásiče jsou k ústředně připojeny přes sběrnici SynoLOOP.

Přenosový protokol SynoLOOP:

- Automatické adresování hlásičů a přenos stavových informací
- Bezpečný přenos signálů pomocí nestíněných kabelů
- Inteligence distribuovaná mezi hlásiči a ústřednou EPS
- Automatické přidělování adres z ústředny
- Oddělovač zkratu v každém zařízení

Systém bude dále vybaven detektory Synova™ systému SynoLOOP s automatickou adresací.

Jako optický-tepelný multisenzorový hlásič kouře bude sloužit OH320A. Tento detektor reaguje na tepelný a optický projev požáru. Jedná se o standardní detektory, které budou rozmístěny v budově banky.



Obr. 75. multisenzorový hlásič kouře OH320A

K ručnímu vyhlášení poplachu budou sloužit tlačítkové hlásiče DMA1133D. Vyhlášení požáru se provede stiskem tlačítka po rozbití skla. Hlásič opět patří do systému SynoLOOP, takže je vybaven auto adresací. Aktivace hlásiče je oznámena svícením LED diody.



Obr. 76. tlačítkový hlásič DMA1133D

## 18 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Cílem je zhodnotit technicko-ekonomický přínos vybraného úsporného navrženého v budově. Pro budovu banky byl v části vzduchotechniky navrhnout deskový rekuperační výměník. Díky jeho použití jsme schopni využívat odsávaný vzduch z místnosti bankovní haly a v rekuperátoru jím ohřívat přírodní čerstvý vzduch. Ekonomické zpracování bylo provedeno v Microsoft Excel. Teoretické souvislosti jsou uvedeny v kapitole 7.

### Vstupní parametry ekonomického hodnocení

Tab. 46. vstupní parametry ekonomického hodnocení

Opatření / varianta	Cena [Kč]
Investiční náklady projektu	75000
Investiční náklady projektu po dobu životnosti	75000
Změna nákladů na energii / rok	17052
Změna ostatních provozních nákladů / rok	-5000
Celkové přínosy projektu / rok	12052

### Ekonomické hodnocení

Tab. 47. ekonomické hodnocení úsporného opatření

Investiční náklady projektu po dobu živnosti [Kč]	75000
Přínosy celkem [Kč]	12052
Doba hodnocení [rok]	15
Diskont [-]	0,10
Inflace [-]	0,035
Prostá doba návratnosti [rok]	6,22
Diskontní doba návratnosti [rok]	8,51
NPV [Kč]	38321
NPV (O) [Kč]	0
IRR	0,172

Z provedených výpočtů uvedených v tabulce (Tab. 47) zjišťujeme, že investice do rekuperátoru ve výši 75000,- Kč se nám vrátí přibližně za 8,5 roku. Vnitřní výnosové procento, podle kterého posuzujeme efektivnost hodnocené investice ve srovnání s diskontem vyšel 17,2%. Investice do deskového rekuperátoru se tedy vyplatí a je vhodné ji realizovat.

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo na základě analýzy navrhnout systémy tvorby mikroklimatu v objektu banky s bytovou částí. Budova byla rozdělena do několika technologických částí, které následně řeší vytvoření správných podmínek pro práci zaměstnanců a klientů. Mezi hlavní části řešení jsem zařadil systémy vytápění a vzduchotechniky. Vzhledem k tomu, že se jedná o bankovní objekt došlo k integraci zabezpečovacích systémů EZS, EPS, CCTV. Systémy pro tvorbu mikroklimatu zastřešuje navržený vizualizační SCADA systém.

Úvodem jsem se v analytické části práce zabýval výběrem vhodných systémů tvorby mikroklimatu. Zpracováním analytického rozboru problému jsem byl schopen navrhnout potřebné systémy tvorby mikroklimatu. Pro výměňkovou stanici bylo provedeno dimenzování výměníků pára-voda, třicestných směšovacích ventilů a čerpadel na jednotlivé otopné větve. Také jsem se zabýval dimenzováním ohřevu TUV, tj. návrhem deskového výměníku a akumulární nádrže na základě potřeb budovy. Dimenzování jednotlivých prvků probíhalo za použití ručních výpočtů a specializovaného software od dodavatelů jako jsou firmy Secespol, Racioterm, Reflex atd.

Mezi součásti systémů tvorby mikroklimatu patří také návrh vzduchotechniky. V této části jsem se zaměřil na vzduchotechnické řešení tvorby mikroklimatu bankovní haly. Opět jsem návrh zpracovával pomocí ručních výpočtů a použití programů od firmy C.I.C pro návrh VZT jednotek a AirCad firmy Mandík, a.s. pro návrh koncových vzduchových prvků.

Nezbytnou součástí při tvorbě kvalitního mikroklimatu budovy je její řízení. V rámci práce jsem zpracoval řízení výměňkové stanice a vzduchotechniky. Pro jejich řízení jsem použil produkty společnosti Johnson Controls International spol. s r.o.

Systémy řízení v budově zastřešuje vizualizační SCADA systém. Vizualizaci jsem navrhnul pro monitorování a řízení výměňkové stanice a vzduchotechniky. Díky použitým prvkům celý systém zapadá do tzv. BMS (systém řízení budovy) a je možné ho řídit pomocí vzdáleného přístupu.

Součástí práce je také technicko-ekonomické hodnocení ve kterém jsem zpracoval ekonomické výhody plynoucí z použití rekuperační komory ve vzduchotechnické jednotky.

## CONCLUSION

The aim of this thesis was based on analysis design systems creating the microclimate in bank building with residential part. The building was divided into several technology components, which in turn solves the creation of good working conditions for employees and clients. The main part of the solution, I have included heating and air conditioning. Because it is a bank building I integrated security, fire, camera systems. Systems for creating microclimates covers visualization SCADA system.

First in the analytical part of the work I handled by choosing appropriate systems for the creation of microclimate. Analytical processing of the problem, I was able to design the necessary systems for the creation of microclimate. For heat exchange station was made dimensioning of exchangers steam-water, three-way mixing valves and pumps for heating. I also dealt with the dimensioning of hot water preparation, ie designing the plate heat exchanger and storage tank based on the needs of building. Dimensioning of elements was carried out using hand calculations and specialized software from vendors such as SECESPOL, Racioterm, Reflex, etc.

Among the components of systems for creating microclimate also includes air-conditioning design. In this section I focused on ventilation solution for creating microclimates for bank hall. Again, I have been developing design using hand calculations and using the software, made by the CIC for the design HVAC units and AirCad by Mandík Company, Inc. For design air terminal elements.

An essential element for creating quality microclimate of the building it's control. In this thesis, I worked control heat exchange stations and air conditioning unit. For the control I used products by Johnson Controls International.

Control systems in building covers the visualization SCADA system. I designed visualization for monitoring and control heat exchange station and air conditioning unit. Thanks to the features used by the system fits into the so-called BMS (Building Management System) and can be controlled via remote access.

The work also includes technical and economic evaluation in which I worked the economic advantages of using a heat recovery chamber in air conditioning unit.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Daniels, Klaus. **TECHNIKA BUDOV**. Bratislava : Jaga Media, s.r.o., 2009. 509 s. ISBN 80-88905-60-5.
- [2] SMOLÍK, Jan. **Technika prostředí**. 1.vyd. Praha : SNTL, 1970. 322 s.
- [3] Chyský, J., Hemzal, K. a kol.: **Větrání a klimatizace (Technický průvodce, svazek č. 31 České matice technické)**. Brno: Bolit-B press, 1993. ISBN 80-901574-0-8.
- [4] Valenta, V. a kol.: **Topenářská příručka 1, 2, 3**. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2
- [5] Recknagel – Sprenger – Schramek – **Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik**. Ouldenbourg Verlag GmbH, Munchen, 2003. ISBN 3-8356—3104-7
- [6] Jelínek, V., Houšková, M., Pavlíček, I., Petrová, M.: **Technická zařízení budov. Podklady pro projekty**. Vydavatelství ČVUT Praha, 1993. ISBN 80-01-00586-0
- [7] Laboutka, K., Suchánek, T.: **Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky**. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9
- [8] KŘEČEK, S. a kol.: **Příručka zabezpečovací techniky**. 3. vyd. Praha: Cricetus, 2003. 350 s. ISBN 80-902938-2-4
- [9] Echelon Corporation: **Introduction to the LonWorks® Platform revision 2** Echelon Corp. 2009. 98 s.
- [10] Hečko, R.: **Správná volba** 1. vyd. IMI international, 2006. 37 s.
- [11] Morsy , S.: **A social approach to inteligent buildings** Helwan University, Cairo, Egypt, 2007. 14 s.
- [12] Quaschnig, V.: **Obnovitelné zdroje energií**. Grada Publishing a.s., 2007. 296 s. ISBN 8024732505

- [13] Tzb-info.cz: Úpravy vzduchu v klimatizačních zařízeních I - VII. Dostupný z WWW: <http://www.tzb-info.cz/3733-prvky-vecracich-a-klimatizacnich-zarizeni-i-1-cast>
- [14] Tzb-info.cz: Příprava teplé užitkové vody – zásady návrhu. Dostupný z WWW: <http://www.tzb-info.cz/1485-priprava-teple-uzitkove-vody-zasady-navrhu>
- [15] fsid.cvut.cz: Větrání a klimatizace. Dostupný z WWW: <http://www.fsid.cvut.cz/~drkalfra/>
- [16] fsid.cvut.cz: Větrání a klimatizace – podklady pro výuku. Dostupný z WWW: <http://www.fsid.cvut.cz/~schwajan/poklady%20pro%20vyuku.htm>
- [17] fsv.cvut.cz: Projekční podklady a pomůcky. Dostupný z WWW: <http://http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&typ=4>
- [18] fce.vutbr.cz: Vzduchotechnika cvičení TZB III. Dostupný z WWW: [http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/vzt\\_soubory/cvic03.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/vzt_soubory/cvic03.pdf)
- [19] knx.org: Official website of KNX. Dostupný z WWW: <http://www.knx.org/>
- [20] echelon.com: Official website of LonWorks platform. Dostupný z WWW: <http://www.echelon.com/communities/energycontrol/developers//lonworks/>
- [21] ČSN EN ISO 7730 Mírné tepelné prostředí - Stanovení ukazatelů PMV a PPD a popis podmínek tepelné pohody
- [22] Vyhláška ministerstva průmyslu a obchodu České republiky č. 148/2007 Sb. ze dne 18. června 2007 o energetické náročnosti budov.
- [23] ČSN ISO 7243 Horka prostředí. Stanovení tepelné zátěže pracovníka podle ukazatele WBGT (teploty mokrého a kulového teploměru)
- [24] ČSN EN ISO 13790: Energetická náročnost budov
- [25] ČSN 06 0803: Zabezpečovací zařízení pro ústřední vytápění a ohřívání užitkové vody
- [26] ČSN 730540: Tepelná ochrana budov
- [27] ČSN EN 12831: Tepelné soustavy v budovách - Vypočet tepelného výkonu
- [28] ČSN 73 0540: Tepelná ochrana budov

- [29] ČSN 06 1101: Otopná tělesa pro ústřední vytápění
- [30] ČSN EN ISO 7726: Ergonomie tepelného prostředí
- [31] ANSI/ASHRAE 55-92: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
- [32] ČSN 06 0320: Ohřívání užitkové vody
- [33] ČSN EN 50131-1: Poplachové systémy – Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

EPS	elektrická požární signalizace
EZS	elektronická požární signalizace
PMV	střední tepelný pocit člověka
PPD	procentuální podíl nespokojených lidí
VZT	vzduchotechnika
VS	výměníková stanice
LON®	Local Operating Network
LonTalk	protokol platformy LonWorks
Nod	zařízení, které obsahuje kód protokolu spolu s nějakým typem inteligence
NV	síťová proměnná
SDU	Service Data Unit
PDU	Protocol Data Unit
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
EIB	European Installation Bus
KNX	standard kombinace EIB, Batibus a EHS (European Home System)
ISO/OSI	system síťových vrstev
CSMA	carrier sense multiple access
TCP/IP	protokol transportní vrstvy
PCO	pult centrální ochrany
CCD	charge-coupled device. Součástka pro snímání obrazové informace
HD	high definition
TUV	teplá užitková voda
VAV	Variable air volume
TZB	technické zařízení budov
HVAC	Heating, Ventilating, and Air Conditioning

---

FTP	File Transfer Protocol
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SSH	Secure Shell
LAN	Local Area Network
RTDB	real-time database
BAS	system automatické správy budov
FCU	fandil jednotka

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. základní procesy u plochého solárního kolektoru [12].....	13
Obr. 2. Průkaz energetické náročnosti budovy vyhl. 148/2007 Sb.....	15
Obr. 3. Energetický štítek obálky budovy .....	16
Obr. 4. Meze operativní teploty a vlhkosti vnitřního vzduchu zima a léto (wet bulb – teplota mokrého teploměru) dle ANSI/ASHRAE 55-92 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy [31].....	19
Obr. 5. Závislost střední rychlosti proudění vzduchu na teplotě vzduchu a intenzitě turbulence při $DR < 15\%$ nespokojených.....	20
Obr. 6. Závislost procentuálního podílu nespokojených na indexu PMV.....	22
Obr. 7. schéma zapojení předávací stanice.....	28
Obr. 8. Schéma vzduchotechnického systému nuceného větrání v rodinném domě (převzato z asb-portal.cz) .....	34
Obr. 9. Dveřní vzduchová clona .....	37
Obr. 10. VZT jednotka převzato z <a href="http://azklima.no-ip.org">http://azklima.no-ip.org</a> .....	40
Obr. 11. Deskový křížový výměník tepla převzato z : <a href="http://www.nazeleno.cz">www.nazeleno.cz</a> .....	41
Obr. 12. Jednokanálový vícezónový systém VAV .....	42
Obr. 13. Princip fungování fan-coil jednotky.....	43
Obr. 14. topologie KNX/EIB .....	47
Obr. 15. porovnání ISO modelu a KNX/EIB.....	48
Obr. 16. schématické zobrazení KNX a jeho propojení vnější sítí.....	50
Obr. 17. peer-to-peer komunikace .....	52
Obr. 18. Hierarchie SCADA systému .....	58
Obr. 19. půdorys objektu banky s vyznačenou řešenou částí.....	66
Obr. 20. Analýza kondenzace vodní páry ve zdivu CP60.....	70
Obr. 21. množství zkondenzovaných vodních par v konstrukci během roku.....	71
Obr. 22. půdorys místnosti J4-gf_08 otočeno o $90^\circ$ .....	74
Obr. 23. výstup z programu Stavební fyzika / modul ztráty.....	79
Obr. 24. Celkové tepelné ztráty objektu.....	79
Obr. 25. návrh výměníků pára-voda.....	80
Obr. 26. výměník pára-voda Raciotherm KVP 80k.....	81
Obr. 27: čerpadlo WILO STRATOS.....	83
Obr. 28. charakteristika vybraného čerpadla WILO STRATOS .....	84

Obr. 29. kombinovaný rozdělovač/sběrač a otopné větve.....	85
Obr. 30. křivka odběru TUV – byty.....	92
Obr. 31. křivka odběru TUV – banka.....	93
Obr. 32. zásobník Reflex LS2000.....	94
Obr. 33. čerpadlo Grundfos ALPHA2 20-40.....	95
Obr. 34. charakteristika vybraného čerpadla Grundfos ALPHA 2 20-40 N 150.....	96
Obr. 35. expanzní nádrž Reflex.....	99
Obr. 36. oddělovací člen fillset a doplňovací zařízení magcontrol.....	99
Obr. 37. Výpočet pojistného ventilu.....	100
Obr. 38. Radiátorové těleso Radik VK spodní, pravé připojení.....	101
Obr. 39. graf závislosti hustoty tepelného toku na teplotním rozdílu teplotnosné látky....	103
Obr. 40. hx diagram letní provoz.....	112
Obr. 41. hx diagram zimní provoz.....	113
Obr. 42. VZT jednotka.....	114
Obr. 43. Aplikace AirCAD pro návrh distribučních prvků.....	115
Obr. 44. rozměry místnosti a počet výustek.....	115
Obr. 45. Zadání parametrů místnosti.....	116
Obr. 46. Vybrané vhodné distribuční prvky.....	116
Obr. 47. hydraulické schéma výměňkové stanice.....	117
Obr. 48. schéma řízení VS.....	123
Obr. 49. řízení vzduchotechniky.....	127
Obr. 50. regulátor FX07.....	129
Obr. 51. RS-1100.....	130
Obr. 52. regulátor FX16.....	132
Obr. 53. automatizační jednotka NAE.....	133
Obr. 54. Vizualizace VS.....	135
Obr. 55. Vizualizace vzduchotechniky pro bankovní halu.....	136
Obr. 56. Topologie systému řízení vzduchotechniky a vytápění.....	137
Obr. 57. Ústředna Digiplex Evo 192.....	139
Obr. 58. klávesnice GRAFICA.....	139
Obr. 59. Ukázka správy EZS přes webové rozhraní.....	141
Obr. 60. magnetický kontakt ASITA MAS 303.....	141
Obr. 61. magnetický kontakt SENTROL S1078CS.....	142

Obr. 62. detektor tříštění skla GLASSTREK DG-457 .....	142
Obr. 63. detektor pohybu VISION 525D .....	143
Obr. 64. Seizmický detektor SAFE PROTECTOR 950.....	144
Obr. 65. poplachové tlačítko Siemens HB105.....	144
Obr. 66. Statická kamera KPC-HDN700.....	145
Obr. 67. kamera KPC-HDX131M .....	146
Obr. 68. stropní kamera KPC-S510DC .....	146
Obr. 69. Triplexní multiplexer TALON .....	147
Obr. 70. schéma zapojení multiplexeru TALON.....	148
Obr. 71. digitální videorekordér PINETRON PDR-X7000.....	149
Obr. 72. ovládací aplikace pro iPhone a Android .....	149
Obr. 73. ústředna EPS .....	151
Obr. 74. Paralelní tablo B3Q595.....	152
Obr. 75. multisenzorový hlásič kouře OH320A .....	153
Obr. 76. tlačítkový hlásič DMA1133D .....	153

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Faktory ovlivňující tepelnou pohodu.....	17
Tab. 2. Závislost součinitele A na rychlosti proudění vzduchu $v_a$ .....	18
Tab. 3. Hodnocení tepelné pohody podle PMW .....	21
Tab. 4. tabulka vyjadřující vztah mezi indexy PMV, PPD a PMV.....	22
Tab. 5. Optimální podmínky vnitřního mikroklimatu pro obytné prostory.....	23
Tab. 6. Hodnoty výpočtové venkovní teploty a její snížení vzhledem k nadmořské výšce.....	25
Tab. 7. Rozdělení typů větrání.....	34
Tab. 8. Intenzita větrání v závislosti na typu místnosti.....	36
Tab. 9. Asociační tabulka – přiřazení adres k objektům .....	50
Tab. 10. shrnutí LonWorks parametrů .....	55
Tab. 11. požadovaný a doporučený součinitel prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540-2 [28] .....	67
Tab. 12. skladba podlahy.....	68
Tab. 13. zdivo cihelné CP60.....	68
Tab. 14. zdivo cihelné CP30.....	68
Tab. 15. zdivo cihelné CP45.....	69
Tab. 16. Skladba střecha – terasa.....	69
Tab. 17. skladba střecha .....	69
Tab. 18. okrajové podmínky pro lokalitu Brno.....	74
Tab. 19. Výpočet tepelných ztrát vstupem konstrukcemi .....	75
Tab. 20. zátopový činitel fRH pro nebytové prostory s nočním teplotním útlumem maximálně 12h.....	76
Tab. 21. parametry místnosti J4-gf_08.....	78
Tab. 22. Vypočítané tepelné ztráty - přehled.....	78
Tab. 23. parametry výměníku pára.....	80
Tab. 24. otopné větve .....	82
Tab. 25. Souhrn použitých oběhových čerpadel.....	84
Tab. 26. Parametry třicestného ventilu.....	89
Tab. 27. Souhrn nadimenzovaných třicestných ventilů pro otopné větve.....	90
Tab. 28. spotřeba energie na ohřev TUV.....	90
Tab. 29. Rozdělení spotřeby TUV dle času - byty.....	91

Tab. 30. Rozdělení spotřeby TUV dle času – banka .....	92
Tab. 31. parametry výměníku TUV .....	94
Tab. 32. stanovení objemu vody v potrubích větví.....	97
Tab. 33. Tabulka závislosti hustoty na teplotě.....	98
Tab. 34. otopná tělesa v bankovní hale .....	101
Tab. 35. Maximální hustota tepelného toku .....	102
Tab. 36. skladba podlahy bankovní hala .....	104
Tab. 37. sluneční deklinace v jednotlivých měsících.....	106
Tab. 38. návrhové hodnoty pro letní provoz VZT .....	110
Tab. 39. návrhové hodnoty pro zimní provoz VZT .....	110
Tab. 40. FX16_1 seznam vstupů, výstupů.....	121
Tab. 41. FX15_1 seznam vstupů, výstupů.....	122
Tab. 42. FX15_2 seznam vstupů, výstupů.....	122
Tab. 43. seznam vstupů a výstupů vzduchotechnika FX16.....	125
Tab. 44. seznam vstupů a výstupů vzduchotechnika FX07.....	126
Tab. 45. shrnutí vybavení pro EZS .....	150
Tab. 46. vstupní parametry ekonomického hodnocení.....	154
Tab. 47. ekonomické hodnocení úsporného opatření.....	154

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha I: Použitá otopná tělesa a jejich parametry

Příloha II: Ceny použitých komponent – otopná tělesa

Příloha III: Ceny použitých komponent – výměňiková stanice

## PŘÍLOHA P I: POUŽITÁ OTOPNÁ TĚLESA A JEJICH PARAMETRY

	Místnost	Typ tělesa	Výška [mm]	Šířka [mm]	Objem[l]	Celkový výkon OT [W]
<b>ČS –tělesa SZ</b> – uliční SZ část objektu (suterén – mezanin), otopná	J4-sout_05	2xVK typ22	600	900	11,6	3022
	J6-sout_04	VK typ11	600	1000	3,1	1002
	J4-sout_04	2xVK typ22	600	900	11,6	3022
	J6-mez_13	2xVK typ22	600	1100	11,6	3694
	J6-mez_14	VK typ21	600	2000	5,8	2576
	J6-mez_15	VK typ21	600	2000	5,8	2576
	J6-mez_16	VK typ21	600	2000	5,8	2576
	J6-mez_17	VK typ21	600	2000	5,8	2576
	J6-mez_18	VK typ21	600	2000	5,8	2576
	J6-mez_19	VK typ21	600	2000	5,8	2576
	J6-mez_20	VK typ21	600	2000	5,8	2576
	J6-mez_21	VK typ21	600	2000	5,8	2576
	J6-mez_22	VK typ22	600	1600	5,8	2686
<b>ČS –tělesa JV</b> – dvorní JV část objektu (suterén – mezanin), otopná tělesa, teplotní spád 75/55°C.	J4-sout_09	KL 780.60	780	600	5,2	378
	J4-sout_08	VK typ22	600	1400	5,8	2351
	J4-sout_07	KL 780.75	780	750	6,3	472
	J4-sout_06	VK typ11	600	1600	3,1	1603
	J4-sout_01	VK typ33	600	900	8,7	2165
	J6-sout_08	2xVK typ22	600	1600	11,6	5372
	J6-sout_36	VK typ10	600	600	3,1	362
	J6-sout_26	VK typ21	600	1400	5,8	1803
	J6-sout_31	VK typ21	600	1800	5,8	2318
	J6-sout_35	KL 1830.60	1830	600		912
	J6-sout_15	3xVK typ22	600	1200	17,4	6045
	J6-sout_13/2	2xVK typ33	600	800	17,4	3850
	J6-gf_09	KL 1200.75	1200	750	9,5	740
	J6-gf_23	VK typ20	600	800	5,8	782
	J6-gf_33	4xVK typ11	600	1600	12,4	6412
	J6-gf_10	2xVK typ33	600	1600	27,84	7700
	J6-mez_12	VK typ21	600	1000	5,8	1288
	J6-mez_11	KL 780.45	780	450	4,2	283
	J4-mez_01	VK typ33	600	1200	8,7	2887
	J6-mez_07	KL 780.45	780	450	4,2	283
J6-mez_08	KL 780.45	780	450	4,2	283	
J6-mez_03	2xVK typ21	600	1400	11,6	3606	
J6-mez_05	6xVK typ33	6x600	6x1400	73,08	20208	

<b>obchody</b>	<b>Jánská 4</b>	J4-gf_08	4xVK typ33	2x600/2x	2x1400/2	34,8	12510
		J4-gf_06	2x VK typ21	600	1600	11,6	4122
		J4-gf_04	4x VK typ21	600	1000	23,2	6716
		J4-gf_01	VK typ22	600	1200	5,8	2015
<b>obchody</b>	<b>Jánská 8</b>	J8-gf_01	VK typ21	600	1200	5,8	1546
		J8-gf_04	VK typ33	600	1200	8,7	2887
		J8-gf_05	2xVK typ22	600	1800	11,6	6044
		J8-gf_07	3xVK	3x600/1x	3x1000/1	20,3	6481
<b>Bankovní</b>	<b>hala</b>	J8-gf_01	12xVK typ10	900	1600	6,88	16800

**PŘÍLOHA P II: CENY POUŽITÝCH KOMPONENT – OTOPNÁ  
TĚLESA**

	Místnost	Typ místnosti	Typ tělesa	cena
<b>ČS –tělesa SZ</b> – uliční SZ část objektu (suterén – mezanin), otopná tělesa, teplotní spád	J4-sout_05	sklep	2xVK typ22	6376
	J6-sout_04	rozvodna vn,	VK typ11	3410
	J4-sout_04	sklad	2xVK typ22	6376
	J6-mez_13	kancelář	2xVK typ22	7268
	J6-mez_14	kancelář	VK typ21	4892
	J6-mez_15	kancelář	VK typ21	4892
	J6-mez_16	kancelář	VK typ21	4892
	J6-mez_17	kancelář	VK typ21	4892
	J6-mez_18	kancelář	VK typ21	4892
	J6-mez_19	kancelář	VK typ21	4892
	J6-mez_20	kancelář	VK typ21	4892
	J6-mez_21	kancelář	VK typ21	4892
J6-mez_22	kancelář	VK typ22	4749	
<b>ČS –tělesa JV</b> – dvorní JV část objektu (suterén – mezanin), otopná tělesa, teplotní spád 75/55°C.	J4-sout_09	wc	KL 780.60	1075
	J4-sout_08	obchod – lease	VK typ22	4302
	J4-sout_07	wc	KL 780.75	1118
	J4-sout_06	obchod – lease	VK typ11	3078
	J4-sout_01	schodiště	VK typ33	4735
	J6-sout_08	archív	2xVK typ22	9498
	J6-sout_36	schodiště	VK typ10	1024
	J6-sout_26	chodba	VK typ21	3790
	J6-sout_31	šatna - ženy	VK typ21	4526
	J6-sout_35	sprcha - ženy	KL 1830.60	2016
	J6-sout_15	archív	3xVK typ22	11571
	J6-sout_13/2	kancelář	2xVK typ33	8838
	J6-gf_09	wc	KL 1200.75	1618
	J6-gf_23	Schodiště	VK typ20	2263
	J6-gf_33	denní místnost	4xVK typ11	12312
	J6-gf_10	spojovací	2xVK typ33	13876
	J6-mez_12	kuchyňka	VK typ21	3057
	J6-mez_11	wc	KL 780.45	1034
	J4-mez_01	schodiště	VK typ33	5678
	J6-mez_07	wc	KL 780.45	1034
J6-mez_08	wc	KL 780.45	1034	
J6-mez_03	denní místnost	2xVK typ21	7580	
J6-mez_05	jednací	6xVK typ33	25236	
<b>obchody</b> <b>Jánská</b> <b>4</b>	J4-gf_08	obchod	4xVK typ33	23974
	J4-gf_06	obchod	2x VK typ21	8318
	J4-gf_04	obchod	4x VK typ21	12228
	J4-gf_01	zádveři	VK typ22	3857

<b>obchody</b> Jánská 8	J8-gf_01	zádveří	VK typ21	3425
	J8-gf_04	obchod	VK typ33	5678
	J8-gf_05	obchod	2xVK typ22	10384
	J8-gf_07	obchod	3xVK	14020
<b>Bankovní hala</b>	J8-gf_01	Bankovní hala	12xVK typ10	33744
<b>Celkem</b>				<b>313236</b>

## PŘÍLOHA P III: CENY POUŽITÝCH KOMPONENT

Výměníková stanice

zařízení	výrobce	typ	počet ks	cena [Kč]	cena celkem[Kč]
výměník	Raciotherm	KVP 80k	2	22300	44600
výměník	Secespol	LA14-40-2	2	2930	5860
čerpadlo	Grundfos	Alpha	5	11025	55125
čerpadlo	Grundfos	Magna 25-40	3	10750	32250
čerpadlo	WILO	STRATOS 40/1-8	1	27825	27825
čerpadlo	WILO	STRATOS 65/1-9	1	48825	48825
3cest ventil	IMI	DN40 / kvs 12,5	3	23381	70143
3cest ventil	IMI	DN65 / kvs 25	1	40411	40411
zásobník	REFLEX	LS2000	1	145822	145822
expanzní nádrž	REFLEX	NG 100/6	1	2442	2442
magcontrol + fillset	REFLEX	komplet	1	36781	36781
regulátor	JCI	FX 16	1	24 946	24946
regulátor	JCI	FX 15	2	19353	38706
<b>Celkem</b>					<b>573736</b>