

Integrovaný systém v budově - Systém techniky prostředí restauračního provozu s kuchyní a jídelnou

The integrated system in the building - HVAC systems in the restaurant with kitchen and dining room

Bc. Tomáš Horáček

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš HORÁČEK**
Osobní číslo: **A10472**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**

Téma práce: **Integrovaný systém v budově – Systém techniky prostředí restauračního provozu s kuchyní a jídelnou**

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte specifika prostředí v restauračních a stravovacích provozech, zahrnující technologii tvorby vnitřního prostředí.
2. Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na mikroklima, na tepelně technické vlastnosti budovy a zařízení techniky prostředí, včetně způsobu řízení.
3. Pro konkrétní budovu navrhnete systém techniky prostředí pomocí teplovodního vytápění a vzduchotechnického systému s možností rekuperace a chlazení. Energetický zdroj je existující výměňiková stanice typu voda-voda.
4. Navrhnete vhodný řídicí systém. Navrhnete SCADA systém a komunikační brány s protokolem TCP/IP s možností vzdáleného ovládání přes GSM a případným vstupem do systému facility managementu.
5. Navrhnete systém EPS a EZS s integrací do řídicího systému.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. SMOLÍK, J. a kol.: Technika prostředí . SNTL Praha 1970
2. CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: Větrání a klimatizace. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8
3. JELÍNEK, V., HOUŠKOVÁ, M., PAVLÍČEK, I., PETROVÁ, M.: Technická zařízení budov. Podklady pro projekty. Vydavatelství ČVUT Praha, 1993. ISBN 80-01-00586-0
4. LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9
5. MERZ, H., HANSEMANN, T., HUBNER, C.: Automatizované systémy budov. GRADA 2007. ISBN 978-80-247-2367-9
6. CIHELKA, J. a kol. Vytápění, větrání a klimatizace. SNTL Praha, 1985.
7. KŘEČEK, S. a kol.: Příručka zabezpečovací techniky. Cricetus, 2003. ISBN 80-902938-2-4

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky


Datum zadání diplomové práce:

24. února 2012


Termín odevzdání diplomové práce:

6. června 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá analýzou systémů techniky prostředí restauračního zařízení s kuchyní a jídelnou. Následně je proveden návrh klimatizace a větrání, vytápění teplovodním otopným systémem, bezpečnostního a protipožárního zabezpečení a konečně systému řízení všech těchto technologií. Přehledné vyhodnocení je realizováno pomocí technologie SCADA. Všechny řídicí a monitorovací komponenty jsou integrovány do sběrnice KNX, která umožňuje pokročilou práci s těmito prvky. Neméně důležitý je i výstup řízení a vizualizace směrem k uživateli za využití vzdáleného přihlášení pomocí GSM sítě nebo protokolu TCP/IP.

Klíčová slova: restaurace, jídelna, kuchyň, klimatizace, větrání, vytápění, sběrnice KNX, vizualizace pomocí SCADA/HMI, zabezpečení pomocí PZTS a CCTV

ABSTRACT

This thesis deals with the analysis of environmental engineering systems, a restaurant with kitchen and dining room. Subsequently, the design of a ventilation and air conditioning, heating, hot water heating system, security and fire safety management system, and finally all of these technologies. Clear evaluation is performed using SCADA technology. All control and monitoring components are integrated into the KNX bus, which allows advanced work with these elements. Equally important is the output control and visualization to the user using a remote login using the GSM network or TCP / IP.

Keywords: restaurant, dining room, kitchen, air conditioning, ventilation, heating, KNX, visualization using SCADA / HMI and security with CCTV PZTS

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem, jejichž rady a připomínky mě vždy posunovaly o krok vpřed. Jmenovitě to byl můj vedoucí diplomové práce, Ing. Martin Zálešák, který mi poskytl během celého dvouletého studia v problematice techniky budov nové a přínosné informace. Dále děkuji generálnímu manažerovi pobočky restauračního řetězce KFC společnosti AmRest, s.r.o., Michalovi Steinocherovi, který mi dodal řadu důležitých interních materiálů restaurace (stavební výkresy, konkrétní technická řešení současného stavu apod.), a také poskytl čas a pochopení při plnění mého pracovního úvazku.

Velkou technickou podporu při řešení mi během psaní diplomové práce poskytl Ing. Michal Třešňák, specialista na řešení HVAC v restauračních provozech. Michal Třešňák stojí za mnoha návrhy vytápění a klimatizace nejen v restauracích AmRest, proto si cením jeho podnětů a informací z praxe, které jsem využil při vypracování této diplomové práce.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během celého studia.

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

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD | 12 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 14 |
| 1 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ | 15 |
| 1.1 TEPLOTA VZDUCHU | 15 |
| 1.1.1 Nejnižší a nejvyšší výpočtové teploty vzduchu | 15 |
| Větrací denostupně | 16 |
| Chladicí hodinostupně | 17 |
| 1.2 PROUDĚNÍ VZDUCHU | 17 |
| 1.3 VLHKOST VZDUCHU | 17 |
| 1.4 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ | 18 |
| 1.5 TLAK VZDUCHU..... | 20 |
| 2 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ | 21 |
| 2.1 TEPELNÁ POHODA..... | 21 |
| 2.1.1 Klasifikace tepelného prostředí..... | 23 |
| PMV (střední tepelný pocit) | 23 |
| PPD (procentuální podíl nespokojených) | 25 |
| Další prvky tepelného komfortu | 26 |
| 2.1.2 Faktory ovlivňující tepelnou pohodu prostředí | 26 |
| Teplota okolního (vnitřního) vzduchu | 27 |
| Střední radiační teplota okolních ploch | 27 |
| Operativní teplota | 28 |
| Vlhkost vzduchu | 29 |
| Rychlost a směr proudění vzduchu | 30 |
| 2.2 HYGIENICKÁ POHODA | 31 |
| 2.2.1 Kvantitativní hodnocení škodlivin | 31 |
| 2.2.2 Druhy škodlivin..... | 32 |
| Toxické škodliviny | 32 |
| Mikrobiologické škodliviny..... | 32 |
| Zápachy (odéry)..... | 33 |
| Aerosolové škodliviny | 33 |
| Ionizační škodliviny..... | 33 |
| Elektrostatické vlivy na prostředí | 34 |
| Elektromagnetické vlivy na prostředí | 34 |
| 2.3 VIZUÁLNÍ POHODA | 34 |
| 2.3.1 Kritéria pro stanovování světelného prostředí | 36 |
| 2.3.2 Umělé osvětlení..... | 36 |
| 2.3.3 Denní osvětlení..... | 37 |
| Druhy denního osvětlení | 37 |
| Nároky na denní osvětlení | 37 |
| 2.3.4 Sdružené osvětlení | 38 |
| 2.3.5 Požadavky na osvětlení ve vybraných prostorech | 39 |
| 2.4 AKUSTICKÁ POHODA | 40 |
| 3 VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE | 41 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.1 | VĚTRACÍ ZAŘÍZENÍ | 41 |
| 3.1.1 | Kvalita vnitřního vzduchu | 41 |
| 3.1.2 | Systemy větrání | 43 |
| | Přirozené větrání | 43 |
| | Nucené větrání | 44 |
| 3.1.3 | Části vzduchotechnických systémů | 45 |
| | Ventilátory | 45 |
| | Výměníky tepla | 46 |
| | Vlhčící zařízení | 47 |
| | Filtry | 48 |
| | Strojovny VZT | 49 |
| | Vzduchotechnické potrubí (vzduchovody) | 49 |
| | Distribuční (koncové) prvky vzduchotechnického potrubí | 50 |
| 3.2 | KLIMATIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ | 52 |
| 3.2.1 | Centrální (ústřední) klimatizační zařízení | 52 |
| | Komorové (zděné) klimatizační jednotky | 52 |
| | Kompaktní (blokové) klimatizační jednotky | 53 |
| | Sestavné klimatizační jednotky | 53 |
| 3.2.2 | Jednotkové (interiérové) klimatizační zařízení | 54 |
| | Indukční jednotky | 54 |
| | Ventilátorové (FCU) jednotky | 55 |
| | Dělené (split) klimatizační jednotky | 56 |
| 4 | VYTÁPĚNÍ | 57 |
| 4.1 | OTOPNÉ SOUSTAVY | 58 |
| 4.1.1 | Vodní soustavy | 58 |
| | Teplovodní soustava s přirozeným oběhem teplotnosné látky | 59 |
| | Teplovodní vytápění s nuceným oběhem teplotnosné látky | 60 |
| 4.1.2 | Parní soustavy | 62 |
| 4.1.3 | Velkoplošné sálavé vytápění | 63 |
| 4.1.4 | Vytápění zavěšenými sálavými panely | 64 |
| 4.2 | PRVKY VYTÁPĚČÍCH SOUSTAV | 65 |
| 4.2.1 | Potrubní sítě | 65 |
| 4.2.2 | Otopná tělesa | 65 |
| 4.2.3 | Zdroj tepla | 68 |
| 4.2.4 | Zabezpečovací zařízení | 68 |
| 5 | AUTOMATIZACE BUDOV | 70 |
| 5.1 | AUTOMATIZAČNÍ SYSTÉMY | 72 |
| 5.1.1 | Centralizovaný, decentralizovaný a hybridní systém | 72 |
| 5.1.2 | Otevřený a uzavřený systém | 73 |
| 5.2 | NORMOVANÉ SBĚRNICOVÉ SYSTÉMY | 74 |
| 5.2.1 | Referenční model ISO/OSI | 74 |
| | Topologie sběrnic | 76 |
| 5.2.2 | KNX/EIB | 77 |
| 5.2.3 | LONWORKS | 80 |
| | Prvky technologie LONWORKS | 80 |
| 5.2.4 | BACnet | 82 |
| | Komunikační architektura BACnet | 83 |

| | | |
|--------------------------------|--|------------|
| 5.2.5 | Přenosová média pro využití v automatizaci budov | 84 |
| 5.3 | VIZUALIZAČNÍ SYSTÉM SCADA/HMI..... | 85 |
| II PRAKTICKÁ ČÁST | | 88 |
| 6 | CHARAKTERISTIKA ŘEŠENÉHO OBJEKTU - RESTAURACE..... | 89 |
| 6.1 | DISLOKACE OBJEKTU | 90 |
| 6.2 | STAVEBNÍ ŘEŠENÍ PROSTORU RESTAURACE | 92 |
| 6.2.1 | Podlaha | 92 |
| 6.2.2 | Stropy | 92 |
| 6.2.3 | Svislé stěny..... | 92 |
| 6.2.4 | Okna, dveře | 93 |
| 6.3 | TECHNICKÉ ŘEŠENÍ PROSTORU RESTAURACE..... | 93 |
| 6.3.1 | Vodovod..... | 93 |
| 6.3.2 | Kanalizace | 93 |
| 6.3.3 | Elektroinstalace | 94 |
| 6.3.4 | Osvětlení | 94 |
| 6.4 | ORGANIZAČNÍ ČLENĚNÍ PROSTORU RESTAURACE | 95 |
| 6.4.1 | Jídelna | 95 |
| 6.4.2 | Prodejna (výdej pokrmů, pokladny)..... | 95 |
| 6.4.3 | Zákaznické toalety | 96 |
| 6.4.4 | Kuchyň | 96 |
| | Příprava syrového masa (kuchyň)..... | 96 |
| | Kompletace pokrmů – přípravná jídel (servis) | 96 |
| 6.4.5 | Zázemí restaurace (šatny, WC) | 97 |
| 6.4.6 | Kancelář vedoucího..... | 97 |
| 6.4.7 | Suchý sklad potravin | 97 |
| 6.4.8 | Chodba | 97 |
| 7 | NÁVRH MIKROKLIMATU PROSTŘEDÍ RESTAURACE | 98 |
| 7.1 | HYGIENICKÉ NÁROKY NA MIKROKLIMA | 98 |
| 7.2 | VNITŘNÍ A VENKOVNÍ VÝPOČTOVÁ TEPLOTA | 100 |
| 8 | STANOVENÍ PODKLADŮ PRO NÁVRH A DIMENZOVÁNÍ HVAC..... | 101 |
| 8.1 | POŽADAVKY NA KONSTRUKCE STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ A JEJICH NÁVRH | 101 |
| 8.2 | VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU..... | 102 |
| 8.2.1 | Analýza situace dotčeného objektu | 102 |
| 8.2.2 | Analýza kondenzace vodních par na obvodovém plášti budovy | 103 |
| 8.2.3 | Návrhové ztráty pro vytápěný prostor..... | 104 |
| | Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla – Základní vztah..... | 104 |
| | Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla – Zjednodušený vztah | 105 |
| | Návrhová tepelná ztráta větráním | 105 |
| 8.2.4 | Návrhový tepelný výkon pro vytápěný prostor (jídelnu)..... | 106 |
| 8.3 | VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ (TEPELNÉ ZÁTĚŽE) OBJEKTU..... | 107 |
| 8.3.1 | Výpočet tepelných zisků z vnitřního prostředí..... | 107 |
| | Produkce tepla od lidí | 107 |
| | Produkce tepla od svítidel..... | 107 |
| | Tepelné zisky od technologického vybavení | 107 |
| 8.3.2 | Výpočet tepelných zisků z vnějšího prostředí..... | 108 |
| | Tepelná zátěž okny | 108 |

| | |
|--|------------|
| Tepelná zátěž stěnami | 109 |
| Tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu | 110 |
| 8.3.3 Návrhové hodnoty tepelných a chladících výkonů | 110 |
| 8.3.4 Příklad výpočtu tepelných zisků pro jídelnu | 113 |
| 8.4 SOUHRN VÝSLEDKŮ VÝPOČTŮ (TEPELNÉ ZTRÁTY A ZISKY) | 115 |
| Okrajové podmínky pro výpočet tepelných ztrát, vypočtené hodnoty | 115 |
| Vyhodnocení výsledků tepelných zisků a ztrát | 115 |
| 9 ŘEŠENÍ VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE V RESTAURACI | 116 |
| 9.1 SPECIFIKA VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE V RESTAURAČNÍM ZAŘÍZENÍ | 116 |
| 9.1.1 Kuchyně | 118 |
| 9.1.2 Jídelna | 119 |
| 9.1.3 Sklady potravin | 120 |
| 9.1.4 Toalety | 120 |
| 9.2 NÁVRH KLIMATIZACE A VĚTRÁNÍ KUCHYNĚ | 120 |
| 9.2.1 Okrajové podmínky pro návrh klimatizace v kuchyni a na servise | 121 |
| 9.2.2 Tepelné zisky od přístrojového vybavení kuchyně | 121 |
| 9.2.3 Výpočet množství potřebného vzduchu pro kuchyňské prostory | 122 |
| Výpočet množství odsávaného vzduchu digestořemi | 122 |
| Výpočet množství odsávaného vzduchu | 123 |
| Výpočet množství přiváděného vzduchu | 124 |
| 9.3 NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY | 125 |
| 9.3.1 Vzduchovody – obecné požadavky návrhu | 126 |
| 9.3.2 Distribuce vzduchu – obecné požadavky návrhu | 127 |
| Ukázkový výpočet návrhu vzduchovodu pro jídelnu | 127 |
| 9.3.3 Rekuperace (využívání odpadního tepla) v restauračním provozu | 130 |
| 9.4 KONKRÉTNÍ NAVRŽENÁ VZDUCHOTECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ | 131 |
| 10 ŘEŠENÍ VYTÁPĚNÍ V RESTAURACI | 135 |
| 10.1 TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ POMOCÍ VZT | 135 |
| 10.2 TEPLOVODNÍ VYTÁPĚNÍ KLASICKOU OS | 135 |
| 10.2.1 Energetický zdroj vytápění – výměňková stanice | 136 |
| 10.2.2 Regulace tepelného výkonu | 138 |
| 10.2.3 Obecné požadavky na návrh teplovodního systému | 139 |
| Potrubní rozvody otopné soustavy | 139 |
| Pojistné a expanzní zařízení, doplňování vody do otopného systému | 140 |
| 10.2.4 Tepelná bilance objektu | 140 |
| 10.3 OHŘEV TEPLÉ VODY | 141 |
| 10.3.1 Stanovení potřeby teplé vody (TV) | 141 |
| 10.3.2 Stanovení potřeby tepla odebíraného z ohříváče TV | 142 |
| 10.3.3 Křivka odběru a dodávky tepla | 142 |
| 10.3.4 Výpočet objemu zásobníku TV, návrh konkrétního typu | 143 |
| 10.4 ROZDĚLENÍ OTOPNÉ SOUSTAVY DO DVOU SAMOSTATNÝCH OKRUHŮ | 143 |
| 10.4.1 V1 – otopný okruh pro ÚT (ústřední topení) | 144 |
| 10.4.2 V2 – otopný okruh pro VZT | 144 |
| 10.5 NÁVRH TECHNICKÝCH PARAMETRŮ OTOPNÉ SOUSTAVY | 145 |
| Výpočet expanzního zařízení podle normy ČSN 06 0830 | 145 |
| Výpočet pojistňovacího zařízení podle normy ČSN 06 0830 | 146 |

| | |
|---|------------|
| Návrh oběhového čerpadla a trojcestného směšovacího ventilu | 146 |
| 11 ŘEŠENÍ BEZPEČNOSTNÍCH SYSTÉMŮ V RESTAURACI | 151 |
| 11.1 MECHANICKÉ ZÁBRANNÉ SYSTÉMY (MZS)..... | 151 |
| 11.2 POPLACHOVÉ ZABEZPEČOVACÍ A TÍŠŇOVÉ SYSTÉMY (PZTS)..... | 152 |
| 11.2.1 Režimová ochrana | 152 |
| 11.2.2 Kamerové systémy (CCTV)..... | 152 |
| 11.2.3 Tísňová ochrana (TS)..... | 153 |
| 11.2.4 Elektronická zabezpečovací signalizace (EZS)..... | 153 |
| 11.3 ELEKTRICKÁ POŽÁRNÍ SIGNALIZACE (EPS) | 153 |
| 11.4 KONKRÉTNÍ NÁVRH ZABEZPEČOVACÍHO A POŽÁRNÍHO SYSTÉMU..... | 155 |
| 12 NÁVRH ŘÍDICÍHO SYSTÉMU PRO RESTAURACI..... | 158 |
| 12.1 ŘÍZENÍ A MONITORING PZTS A EPS | 159 |
| 12.2 ŘÍZENÍ A MONITORING VZT (VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE) | 159 |
| 12.3 ŘÍZENÍ A MONITORING VYTÁPĚNÍ | 160 |
| 12.3.1 Konkrétní popis ovládání a řízení na základě hydraulického schématu | 160 |
| 12.4 VIZUALIZACE POMOCÍ SYSTÉMU SCADA/HMI | 164 |
| ZÁVĚR | 166 |
| CONCLUSION | 167 |
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 168 |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK..... | 170 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 172 |
| SEZNAM TABULEK..... | 174 |
| PŘÍLOHA: HODNOTY PROSTUPU TEPLA VŠECH MÍSTNOSTÍ | 175 |

ÚVOD

V teoretické části si kladu za cíl uvést formou rešerše z různých knižních a elektronických zdrojů, norem a poznatků ze studia objasnění problematiky vnějšího a vnitřního prostředí se všemi jeho souvislostmi (tepelná a hygienická pohoda, osvětlení a akustika, vliv počasí). Následuje kapitola zabývající se přímo návrhem vzduchotechnických zařízení, kde se píše o možných variantách řešení této problematiky. Následující kapitola popisuje vytápěcí systémy v širší obsahu práce. Není opomenuto ani popsání automatizace budov, kde rozebírám výhody konvenční a nekonvenční instalace, druhů systémů (centralizovaný, decentralizovaný, uzavřený a otevřený). Pro práci je významné využití řídicí technologie postavené na inteligentní elektroinstalaci, proto v této kapitole popisují taktéž často využívané sběrníkové systémy KNX, LONworks a BACnet. Tato instalace se stává stejně jednoduchou, jako je instalace osvětlení, či jiných prvků v budově. Vše lze řídit díky automatizovaným systémům centralizovaně z jediného místa, například z mobilního telefonu, tabletu, řídicího počítače, nebo autonomního ovládacího panelu. Na tuto kapitolu volně navazuje pojednání o systému SCADA, její výhody a nevýhody a oblast použití.

Praktická část mé diplomové práce se zabývá přímo konkrétní budovou, a to provozem rychlého občerstvení restaurace KFC společnosti AmRest s.r.o., která sídlí ve Zlíně v obchodním centru Zlaté Jablko. Nejdříve je rozebrána dispoziční situace objektu, současné technické a stavební řešení a organizační členění prostoru. Po této kapitole přichází popis návrhu vhodného mikroklimatu podle příslušných norem, na což navazují samotné výpočty tepelných ztrát a zisků pro konkrétní objekt restaurace. Výpočty jsou rozděleny na prostor zázemí (kuchyně) a prostor jídelny. Kapitola je zakončena souhrnem výsledných hodnot a poznatků.

Druhé téma praktické části se zabývá řešením vzduchotechnického systému, tedy větrání a klimatizace v restauraci. Protože se jedná o restaurační zařízení, má návrh určitá specifika, která je nutná při projektování vzduchotechnických systémů kuchyní a jídelen dodržovat. Nejdůležitější specifika pro návrh klimatizace kuchyní jsou rozebrána na příkladu výpočtu, kde se zabývám počítáním tepelných zisků od spotřebičů, množství potřebného vzduchu pro odsávání a výfuk vzduchu digestořemi. V kapitole se kromě kuchyně zabývám i prostorem jídelny, kde je popsán např. návrh výustek pro vzduchovody zde umístěné.

V praktické části jsem kromě vzduchotechnického systému řešil také teplovodní vytápění, a to jak pomocí klasických otopných těles umístěných v prostoru jídelny, tak pomocí vzduchotechnických klimatizačních jednotek – fancoilů (FCU). V kapitole vytápění

důkladně rozebírám požadavky pro projektování teplovodních systémů, od návrhu expanzní nádrže, výpočtu tlakových ztrát až po výběr trojcestných ventilů. Celá otopná soustava je rozdělena do 3 okruhů, přičemž první okruh je samostatný ohřev TV, dále je soustava rozdělena na okruh pro vytápění otopnými tělesy a vytápění klimatizačními fancoil jednotkami.

S komplexním řešením techniky prostředí v objektu souvisí i jeho zabezpečení, proto ke konci v praktické části řeším návrh zabezpečovacího zařízení, které se skládá z mechanických zábranných systémů, elektronické zabezpečovací signalizace s hlásiči požáru a také potřebnou tísňovou ochranou, který je pro práci na pokladnách neméně důležitá. Kapitulu uzavírá přehledné schéma rozmístění zabezpečovacích prvků, které jsou zde taktéž konkrétně popsány.

Diplomovou práci uzavírá okruh návrhu řídicího a monitorovacího systému. Všechny využití prvky v diplomové práci jsem uvažoval tak, aby dokázaly pracovat na sběrnici KNX, proto většinou uvádím přístroje společnosti Schneider Electric, který poskytuje řadu vhodných prvků pro automatizaci budov. V této kapitole je jak teoreticky, tak prakticky ukázán návrh řízení. Praktická ukázka se týká návrhu řízení otopného systému, který je dokonale popsán i díky hydraulickému schématu a popisu všech prvků, které jsou pro jeho regulaci potřeba. Kapitulu i celou práci zakončuje návrh vizualizačního rozhraní SCADA/HMI systému, kde jsem uvedl na vytvořeném příkladu vizualizace možnost ovládání restaurace z webového rozhraní, díky kterému je možné přistupovat k systémům v objektu prakticky odkudkoliv, kde máme dosah internetu. Vizualizační řešení tohoto typu jsou díky rychlému rozšiřování internetu i přenosných zařízení stále více populárnější.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ

Velice důležitá je pro návrh větracího, vytápěcího a klimatizačního zařízení (HVAC) znalost místních klimatických podmínek, tedy složení vzduchu, průběh venkovní teploty a vlhkosti vzduchu, proudění vzduchu, nebo intenzita slunečního záření. Tyto parametry jsou závislé na zeměpisné šířce, nadmořské výšce, vzdálenosti od moře, vegetaci v příslušné oblasti apod. Jsou proměnné v průběhu dne, měsíce i roku, proto jsou sledovány sítí meteorologických stanic, které nám vypočítají průměrné hodnoty pro danou oblast.

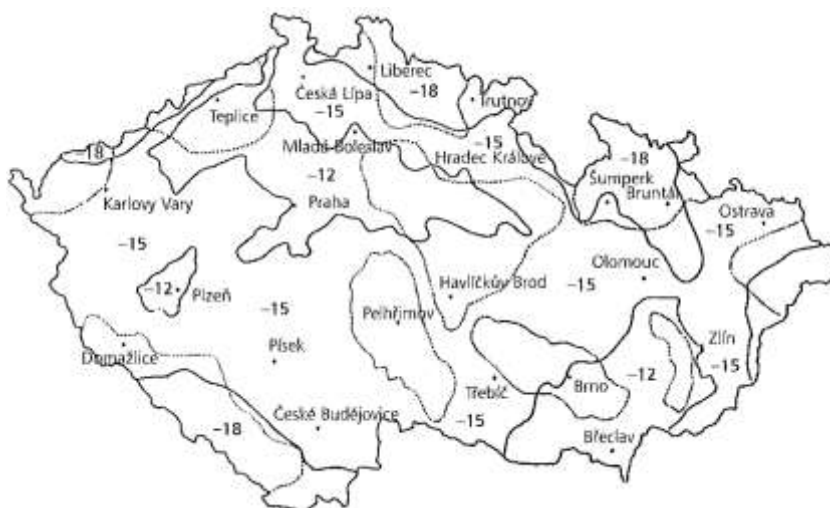
1.1 Teplota vzduchu

Teplota venkovního vzduchu je jednou z charakteristických stavových veličin vzduchu v dané oblasti, která se mění s časem a závisí na zeměpisné poloze (zeměpisné šířce a výšce nad mořem). Průběh teploty lze zjistit termogramem (nejvyšší teplota v červenci bývá v 16 hodin, naopak nejchladněji v 5 hodin), přičemž graficky odpovídá průběh teploty sinusoidě, podobně jako průběh výšky nad horizontem. [7]

Pro správně navržení HVAC je důležité znát průměrnou venkovní teplotu, nejvyšší a nejnižší teploty, průměrnou měsíční teplotu, průměrnou roční teplotu a nejvyšší a nejnižší roční teplotu. Pokud v zimě poklesne teplota venkovního vzduchu pod hranici oblastní hodnoty teploty, může dojít ke snížení celkové teploty vzduchu vystupujícího z klimatizační jednotky (vytápění). Tyto poklesy jsou ovšem krátkodobějšího charakteru, neboť málokdy se stává, že teploty dosahují extrémních hodnot, které odporují průměrným hodnotám pro oblast, pro kterou projektujeme klimatizační zařízení. Ve výjimečných případech se může použít při výpočtech absolutně nejnižší teplota v dané lokalitě (např. v Praze je to $-29,1\text{ °C}$). Podobný postup je i pro letní období, kdy opět při krátkodobějších výkyvech teploty nad hranici oblastní hodnoty teploty může docházet k přehřívání vzduchu kvůli nedostatečně dimenzované klimatizaci. Pro výpočet se volí střední teplota v extrémně teplém letním dni $+25\text{ °C}$. [1]

1.1.1 Nejnižší a nejvyšší výpočtové teploty vzduchu

I když mohou za extrémních okolností teploty v ČR sahát od -40 °C až k $+40\text{ °C}$, nelze tyto hodnoty považovat za výpočtové teploty pro návrh HVAC – je třeba brát v úvahu tepelně-akumulační schopnosti obvodových plášťů budov předepsané v normě ČSN 730540, proto se v normě ČSN 06 0210 uvádí pro ČR tři oblasti minimálních venkovních teplot vzduchu, a to -12 °C , -15 °C a -18 °C (viz obr. 1.1).



Obrázek 1.1 – Mapa teplotních oblastí ČR v zimním období [7]

V letním období naopak potřebujeme určit nejnižší výpočtovou teplotu pro určení chladicího výkonu klimatizačního zařízení, volíme tedy dlouhodobý průměr nejvyšší teploty vzduchu v roce v dané oblasti. V normě ČSN 06 0210 jsou dostupné údaje nejnižších teplot pro všechna okresní města v ČR, naopak v ČSN 73 0548 jsou uvedeny nejvyšší výpočtové teploty. Obě teploty (nejvyšší a nejnižší výpočtová teplota) jsou důležité k dimenzování kotlů, otopných těles, chladičů apod.

Větrací denostupně

Větrací denostupně slouží pro určení spotřeby tepla na ohřev větracího vzduchu. Je totiž důležité zajistit, aby při intenzivní výměně vzduchu během větrání nebo klimatizaci byl přiváděný větrací vzduchu ohříván dříve, než venkovní teplota vzduchu klesne na 12 °C, např. když už teplota vzduchu klesne na 18 °C.

Větrací denostupně lze spočítat ze součinu počtu větracích dní v roce a rozdílu teploty přiváděného vzduchu a střední venkovní teploty vzduchu během provozu teplovzdušného větrání: [17]

$$D_{v\dot{e}t} = (\Theta_{is} - \Theta_{es,v\dot{e}t}) \cdot d_{v\dot{e}t} (K \cdot d)$$

kde

| | | |
|-------------------------|---|-------|
| $D_{v\dot{e}t}$ | počet větracích denostupňů | [K.d] |
| Θ_{is} | teplota přiváděného vzduchu | [°C] |
| $\Theta_{es,v\dot{e}t}$ | střední venkovní teplota vzduchu během provozu teplovzdušného větrání | [°C] |
| $d_{v\dot{e}t}$ | počet větracích dní v roce | |

Chladicí hodinostupně

Chladicí hodinostupně lze vypočítat ze součinu počtu hodin s teplotami vyššími než 23 °C v roce a rozdílu mezi střední venkovní teplotou vzduchu v době chodu klimatizačního zařízení (chlazení) a konstantou 19 °C (případně 18 °C): [17]

$$H_{ch} = h \cdot (\Theta_{es} - 19) \cdot (K \cdot h)$$

kde

H_{ch} počet chladicích hodinostupňů

h počet hodin s teplotami vyššími než 23 °C v roce

Θ_{es} střední venkovní teplota vzduchu během provozu klimatizačního zařízení [°C]

1.2 Proudění vzduchu

Nejen sluneční záření, ale i vítr se podílí na spotřebě tepla v místnostech. Proudění vzduchu (vítr) vzniká díky tlakovým rozdílům, které určují i směr proudění větru. Z geografických podmínek pro Českou republiku plyne, že v její západní části je směr větru spíše západní, částečně severozápadní a jihovýchodní, oproti tomu na východním území převažuje severní a jižní směr proudění. Působením větru dochází ke vnikání venkovního vzduchu netěsnostmi oken a dveří (infiltraci), přičemž ochlazený vzduch je potřeba v zimě ohřívat. V nižších polohách ČR se rychlost větru pohybuje průměrně okolo 3,5 m/s, málokdy překročí hranici 8 m/s. Ve vyšších polohách je rychlost nad 8 m/s i vyšší. Střední rychlost větru se měří v meteorologických stanicích pomocí miskových anemometrů, které jsou umístěny většinou 20 až 30 m nad zemí. [17]

Pro vytápění je důležitá rychlost větru hlavně v zimním období, kterou sledujeme hlavně v místnostech, jež by mohly být poryvem větru ovlivněny. V normě ČSN 06 0210 je uveden požadavek na výměnu vzduchu o intenzitě $n = 0,5 h^{-1}$, což je však vzhledem k proměnlivosti zimního období těžko prokazatelné.

1.3 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu, tedy obsah vodní páry ve vzduchu, je ve větrací a vytápěcí technice druhořadým činitelem. Avšak veliký význam má v oblasti klimatizační techniky, jelikož nejen z hlediska hygieny, ale i z pocitového hlediska jsou důležité určité hladiny vlhkosti ve vzduchu. Z hlediska hygieny prostředí a následně pak celkové tepelně-vlhkostní pohody člověka mohou nastat dva případy - příliš vysoké, či naopak nízké vlhkosti vzduchu.

V chladných měsících může při nízkém tlaku vodních par ve vnějším vzduchu klesnout relativní vlhkost ve vytápěných prostorech pod hygienické minimum (30 % při 20 °C), naopak v teplých letních dnech a při vysoké teplotě vnějšího vzduchu (nad 25 °C) může (hlavně po dešti) vystoupat hodnota relativní vlhkosti až na 80 %, přičemž nastane dusno.

Množství vodních par ve vzduchu lze vyjádřit pomocí:

- **relativní vlhkosti vzduchu** φ [%]
- **teploty suchého teploměru** Θ_s [°C]
- **teploty mokrého teploměru** Θ_{em} [°C]
- **parciálním tlakem vodních par ve vzduchu** p_p [Pa]
- **měrnou vlhkostí vzduchu** x [kg/kg]

Při dimenzování klimatizačních zařízení je pro období letního provozu důležitá vlhkost vzduchu při nejvyšších výpočtových teplotách, tedy např. při výpočtové teplotě vnějšího vzduchu $\Theta_e = 30$ °C se počítá s teplotou vlhkého teploměru $\Theta_{em} = 17 \div 21,5$ °C, což odpovídá relativní vlhkosti vnějšího vzduchu v rozpětí 25 až 50 %.

Naopak v zimním období při výpočtové teplotě -12 °C je tlak syté páry ve vzduchu 271 Pa. Při teplotě vnitřního vzduchu v místnosti 20 °C je parciální tlak syté vodní páry 2338 Pa, takže pokud by nebyl nijak vzduch v místnosti zvlhčován, klesla by relativní vlhkost vzduchu v místnosti na cca 10 %. [17]

1.4 Sluneční záření

Nejprve je třeba vysvětlit, co je to záření – jedná se o vysílání a přenos energie formou elektromagnetických vln, které se vyznačují vlnovou délkou a určitou frekvencí. Pokud seřadíme složky záření podle vlnových délek, vznikne spektrum. Zde rozeznáváme tři hlavní oblasti spektra, a to ultrafialové (UV) záření s vlnovou délkou 100 až 380 nm, dále je viditelné záření (380 až 780 nm) a posledním úsekem spektra je s vlnovou délkou 780 až 1000 nm infračervené (IR) záření. Sluneční záření pronikající přes atmosféru Země na její povrch má spektrální rozsah od 280 nm do 3000 nm. Záření s kratší nebo delší vlnovou délkou se v naší atmosféře zcela eliminuje, a můžeme se tak setkat pouze se zářením z umělých zdrojů. Pohltivost slunečního záření v oblasti UV a viditelného záření způsobuje ozon, v oblasti IR záření je to vodní pára a CO₂.

Pokud by Země neměla vzdušný obal, byla by její plocha kolmá na sluneční záření při průměrné vzdálenosti Země od Slunce (cca $149,5 \cdot 10^6$ km) ozářena intenzitou o síle 1365 W/m² (tzv. solární konstanta). Na povrch Země se však díky vzdušného obalu dostává jen část této energie. Sluneční záření se skládá ze dvou složek, přímého a difúzního slunečního

záření. Přímé sluneční záření dopadá přímo na povrch Země, i když jeho radiace při průniku atmosférou klesá díky rozptylu paprsků vlivem odrazu od molekul vzduchu a prachu. Difúzní sluneční záření je zbytek přímého slunečního záření, které dopadlo na Zemi jako sálání oblohy. Intenzita difúzního slunečního záření je velmi proměnlivá, protože záleží na sálání oblohy, nebo také na přímém slunečním sálání.

V zimním období je díky nízké poloze Slunce vliv slunečního záření malý, to souvisí s velikostí intenzity slunečního záření v zimě, která je nižší než v létě. Z tohoto poznatku vyplývá, že v zimním období je vliv slunečního záření na tepelné poměry v budově zanedbatelný – proto při výpočtu maximálního výkonu otopných soustav nemusíme se slunečním zářením počítat. Sluneční záření je však třeba zohledňovat v letním období, kdy teplo vnikající do místností osluněnými plochami je obvykle nejvyšší složkou tepelné zátěže místnosti. Intenzita slunečního záření má tak rozhodující význam pouze v oblasti dimenzování klimatizačních zařízení, kdy je potřeba správně určit jeho maximální chladicí výkon. [17]

Sluneční záření můžeme využívat v technice prostředí k ohřevu vody, nebo k vytápění. Pro tyto účely je však potřeba znát skutečné množství sluneční energie dopadajícího na různě orientované plochy na Zemi. Rozeznáváme tak teoretickou dobu slunečního svitu ($\Delta\tau_t$), který vyplývá z geometrie slunečního sálání, a také skutečnou dobu ovlivněnou oblačností ($\Delta\tau_s$). V tabulce níže jsou uvedeny údaje obou veličin, které byly naměřeny meteorologickým ústavem pro oblast Prahy. V této tabulce jsou uvedeny hodnoty střední intenzity celkového slunečního záření ($I_{stř}$), průměrné teploty vzduchu v době slunečního svitu (t_s) a konečně denní doby slunečního svitu ($\Delta\tau_t$).

Skutečné množství energie dopadajícího za daný měsíc na povrch Země vypočteme

$$\text{z rovnice } Q_{ds} = I_{stř} \Delta\tau_t \left(\frac{\Delta\tau_t}{\Delta\tau_s} \right)$$

| MĚSÍC | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| $\Delta\tau_t$ [h] | 7,8 | 9,4 | 12 | 13,6 | 15 | 15,4 | 15 | 13,6 | 12 | 9,4 | 7,8 | 7,3 |
| $\Delta\tau_t / \Delta\tau_s$ | 0,2 | 0,32 | 0,43 | 0,45 | 0,52 | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 0,50 | 0,35 | 0,2 | 0,14 |
| θ_s [°C] | -4,3 | -1,8 | 5,3 | 11,7 | 17,8 | 21,9 | 24,1 | 23,4 | 19,2 | 13 | 5,8 | -1,5 |
| $I_{stř}$ [$\frac{W}{m^2}$] | 199 | 292 | 412 | 495 | 558 | 595 | 558 | 495 | 412 | 292 | 199 | 148 |

Tabulka 1.1 - Hodnoty pro výpočet slunečního zisku [1]

Poloha Slunce je určena pomocí výšky Slunce nad obzorem (h) a slunečním azimutem (a), což je vlastně poloha Slunce vzhledem ke světovým stranám. Obě tyto veličiny jsou závislé na zeměpisné šířce (φ), roční a denní době. Roční doba se vyjadřuje pomocí sluneční deklinace (δ) – to je zeměpisná šířka s kolmým dopadem slunečních paprsků ve 12 hodin slunečního času v příslušné roční době. Pokud bereme standardní rok (360 dnů, 1 den = 1 °), můžeme výšku Slunce (h) nad obzorem stanovit pomocí vzorce:

$$\sin(h) = \sin(\delta) \sin(\varphi) + \cos(\delta) \cos(\varphi) \cos(15\tau)$$

$$\delta = 23,5 \sin [(M-1)30 + D - 80]$$

τ je sluneční čas (1 až 24 hodin)

D je číslo dne v měsíci (1 až 30)

M je číslo měsíce (1 až 12)



Obrázek 1.2 – Roční průměrný úhrn slunečního záření [použito z <http://www.mivvyenergy.eu/slunecni-mapa>]

1.5 Tlak vzduchu

Sice je tlak vzduchu při výpočtech vzduchotechnických zařízení méně významným faktorem, přesto je třeba kolísání tlaku respektovat u zařízení, která pracují ve vyšších nadmořských výškách. Na hladině moře se hodnota tlaku rovná 101,4 kPa, pro běžné nadmořské výšky počítáme se středním tlakem vzduchu 98,1 kPa (platí i pro ČR). Skutečný tlak vzduchu se stanovuje při vzduchotechnických měřeních pro výpočet hustoty vzduchu. [17]

2 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

Vnitřní prostředí je část životního prostředí vymezená stavebními konstrukcemi. Cílem vnitřního prostředí je vyloučit, nebo alespoň zmírnit vliv vnějšího prostředí na člověka, zvíře, nebo na technologický postup. Vnitřní klima charakterizuje složení vzduchu, teplota vzduchu a jeho vlhkost, rychlost proudění vzduchu, hluk, světelné záření, elektrické a magnetické vlastnosti prostředí.

Spotřeba energie budov velice závisí na podmínkách vnitřního prostředí (teplota, větrání a osvětlení), ale také na návrhu a provozování budovy včetně všech systémů (automatizace, HVAC). Vnitřní prostředí nemalou měrou přispívá i ke kvalitě produktivity, pohody uživatelů i jejich zdraví. Z různých průzkumů a studií vyšlo najevo, že co do nákladů je levnější energie, než zabezpečení vyhovujícího vnitřního prostředí v té samé budově. Vyšší kvalita vnitřního prostředí také přispívá k lepším pracovním i studijním výkonům, taktéž může snižovat absenci zaměstnanců.

2.1 TEPELNÁ POHODA

Předpokladem tepelné pohody je dosažení rovnováhy tepelného režimu člověka potřebné k udržení stálé teploty těla, která se u zdravého člověka pohybuje mezi 36,5 °C až 37 °C. Tuto teplotu si lidský organismus udržuje pomocí vnitřní termoregulace, která je řízena nervovou soustavou. Teplo, které vzniká v organismu (např. oxidací potravin) je potřeba z těla odvádět, mluvíme o tzv. lidské tepelné produkci. V klidu (např. ve spánku) je základní tepelná produkce lidí $q_m = 40 \text{ W/m}^2$ a objemový průtok vzduchu plícemi je 0,14 l/s (0,5 m³/h). Tepelná produkce i objemový průtok se zvyšují s fyzickou zátěží. Tepelná rovnováha je stav, kdy okolí odebírá lidskému tělu stejné množství tepla, které člověk právě produkuje. Tepelná pohoda je tedy stav, kdy člověk nepocítuje ani chlad, ani nadměrné teplo. [7]

Tepelnou rovnováhu mezi tělem člověka a jeho okolím lze vyjádřit funkčním vztahem

$$f(q_m, R_d, \theta_i, \theta_r, w, p_v) = 0$$

kde

| | | |
|-----------------------------------|--|----------------------|
| $\dot{q}_m = \frac{\dot{Q}}{S_t}$ | vnitřní tepelná produkce tepla z jednotkové plochy na povrchu těla | [W/m ²] |
| R_d | plocha povrchu těla | [m ²] |
| R_d | tepelný odpor oděvu | [m ² K/W] |
| Θ_i | teplota okolního vzduchu | [°C] |
| Θ_r | střední radiační teplota okolních ploch | [°C] |
| w | rychlost proudění vzduchu | [m/s] |
| p_v | tlak vodních pár ve vzduchu | [Pa] |

Pro zajímavost uvádím v tabulce 2.1 hodnoty vnitřní tepelné produkce člověka při nejběžnějších činnostech:

| druh činnosti | intenzita vnitřní produkce tepla \dot{q}_m [W/m ²] |
|----------------------------------|---|
| klid ve spánku | 40 |
| kancelářské práce | 65 - 70 |
| práce v domácnosti | 90 - 120 |
| lehká fyzická práce | 80 - 100 |
| středně těžká fyzická práce | 120 - 160 |
| těžká fyzická práce | 160 - 180 |
| chůze po rovině rychlostí 3 km/h | 110 |
| chůze po rovině rychlostí 5 km/h | 180 |
| chůze po rovině rychlostí 9 km/h | 380 |
| tanec | 140 - 260 |

Tabulka 2.1 – Vnitřní produkce tepla při obvyklých činnostech [1]

2.1.1 Klasifikace tepelného prostředí

Klasifikaci tepelného prostředí nejlépe popisuje norma ČSN EN ISO 7730, ve které se udávají metody stanovení tepelného komfortu pomocí dvou ukazatelů – PMV (předpovídaného středního tepelného pocitu) a PPD (předpovídaného procenta nespokojených). Oba ukazatele se dají aplikovat na zdravé muže i ženy vystavené vnitřnímu prostředí, kde je žádoucí určitý tepelný komfort.

PMV (střední tepelný pocit)

Jedná se o ukazatel předpovídající střední tepelný pocit, který byl získán zprůměrováním velkého počtu hlasů od zkoumaných osob, které měly hodnotit svůj teplotní pocit ve vnitřním prostředí pomocí sedmibodové stupnice (viz tab. 2.1).

| | |
|----|---------------|
| +3 | horko |
| +2 | teplo |
| +1 | mírné teplo |
| 0 | neutrálně |
| -1 | mírné chladno |
| -2 | chladno |
| -3 | zima |

Tabulka 2.2 – Stupnice tepelného pocitu PMV [16]

Hodnocení je založeno na tepelné rovnováze lidského těla, která nastane při rovnosti vnitřní tepelné produkce těla s tepelnou ztrátou v daném prostředí. Získaný index PMV lze použít např. k ověření, zda tepelné prostředí odpovídá kritériím komfortu a ke stanovení požadavků pro různé úrovně přijatelnosti. Kupříkladu v mírném prostředí se systém člověka, který reguluje teplotu, pokouší upravit teplotu kůže a vylučováním potu se tak udržuje tepelná rovnováha.

Výpočet PMV:

$$\begin{aligned}
 PMV = & [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028] \\
 & \cdot \{(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3}[57336,99(M - W) - p_a] \\
 & - 0,42[(M - W) - 58,15] - 1,7 \cdot 10^{-5}M(5867 - p_a) \\
 & - 0,0014M(34 - \Theta_a) - 3,96 \cdot 10^{-8}f_{cl}[(\Theta_{cl} + 273)^4 - (\overline{\Theta_r} + 273)^4] \\
 & - f_{cl}h_c(\Theta_{cl} - \Theta_a)\}
 \end{aligned}$$

$$\Theta_{cl} = 35,7 - 0,028(M - W) - I_{cl} \left\{ 3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} \left[(\Theta_{cl} + 273)^4 - (\overline{\Theta}_r + 273)^4 + f_{cl} \cdot h_{cl} (\Theta_{cl} - \Theta_a) \right] \right\}$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 \cdot I_{cl} & \text{pro } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645 \cdot I_{cl} & \text{pro } I_{cl} \geq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \end{cases}$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{pro } 2,38 \cdot |\Theta_{cl} - \Theta_a|^{0,25} > 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} & \text{pro } 2,38 \cdot |\Theta_{cl} - \Theta_a|^{0,25} < 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

kde:

| | | |
|---|-------------------------------------|----------------------|
| M | metabolismus | W/m ² |
| W | užitečný mechanický výkon | W/m ² |
| I_{cl} | tepelný odpor oděvu | m ² K/W |
| f_{cl} | povrchový faktor oděvu | - |
| Θ_a | teplota vzduchu | °C |
| $\overline{\Theta}_r$ | střední radiační teplota | °C |
| v_{ar} | relativní rychlost proudění vzduchu | m/s |
| p_a | parciální tlak vodní páry | Pa |
| h_c | součinitel prostupu tepla konvekcí | W/(m ² K) |
| Θ_{cl} | teplota povrchu oděvu | °C |

V různých aplikacích se můžeme setkat také s jednotkami [clo], což je jednotka tepelného odporu oděvu (**1 clo = 0,155 °Cm²/W**), a také [met], což je metabolická jednotka (**1 met = 58,2 W/m²**). PMV lze počítat pro různé kombinace metabolismu, izolace oděvu, teploty vzduchu, střední radiační teploty, rychlosti proudění vzduchu a vlhkosti vzduchu. Ukazatel PMV je odvozen pro podmínky ustáleného stavu, ovšem pokud použijeme časově vážené průměry proměnných za jednu předchozí hodinu, lze jej aplikovat s dobrým výsledkem i při menším kolísání proměnných. PMV by se měl používat pouze pro rozsah stupnice -2 až +2 a dále při následujícím rozsahu parametrů vnitřního prostředí:

| | |
|---|--|
| M | 46 W/m ² (0 met) - 232 W/m ² (4 met) |
| I_{cl} | 0 m ² K/W (0 clo) - 0,31 m ² K/W (2 clo) |
| Θ_a | 10 °C - 30 °C |
| $\overline{\Theta}_r$ | 10 °C - 40 °C |
| v_{ar} | 0 m/s - 1 m/s |
| p_a | 0 Pa - 2700 Pa |

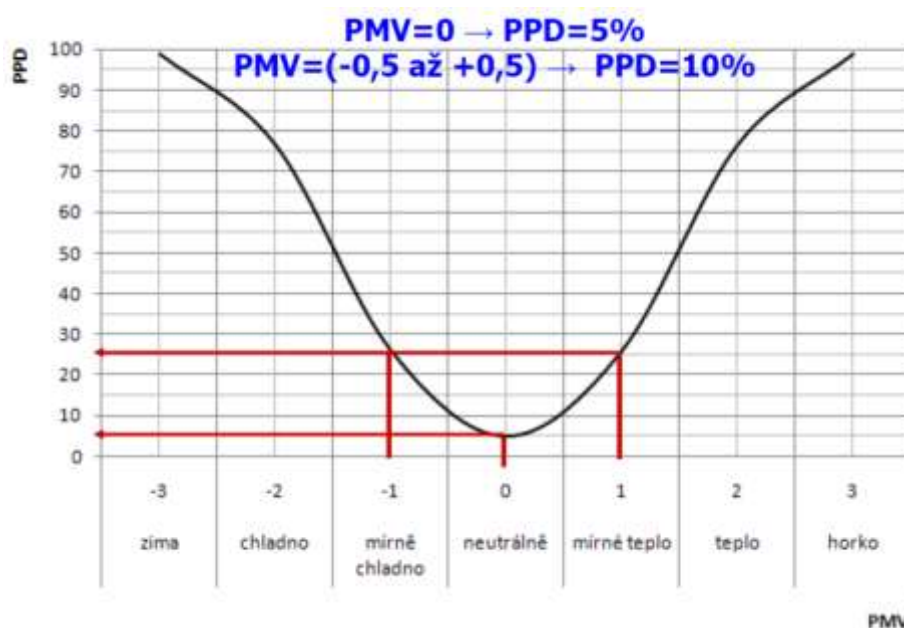
Výpočet ukazatele PMV může probíhat buď pomocí specializovaného softwarového nástroje (norma ČSN EN ISO 7730 ukazuje přímo naprogramovaný nástroj pro výpočet PMV v prostředí programovacího jazyka BASIC), nebo dále dle tabulek (opět z normy ČSN EN ISO 7730, kde je uvedeno několik nejzákladnějších příkladů využitelných v praxi), nebo nakonec přímým měřením pomocí integrovaného čidla ekvivalentní a operativní teploty.

PPD (procentuální podíl nespokojených)

Ačkoliv pomocí indexu PMV se lze dozvědět střední hodnotu posouzení vlastního tepelného pocitu u velké skupiny osob vystavených témuž prostředí, není tato hodnota zcela přesná. Vždy se najde pár osob vymykajících se většině, které se budou cítit z důvodu chladu nebo tepla nekomfortně. Proto zde máme ukazatel PPD, tedy procentuální podíl nespokojených, který udává kvalitativní předpověď procenta osob, které jsou právě s daným tepelným prostředím nespokojené (cítí přílišný chlad nebo naopak větší teplo). V normě ČSN EN ISO 7730 se uvádí, že nespokojené osoby jsou takové, které volí na stupnici PMV hodnotu *horko*, *teplo*, *chladno* nebo *zima*. Pro výpočet procentuálního podílu nespokojených (PPD) je nutné znát z předchozí kapitoly hodnotu PMV, výpočet je poté:

$$PPD (\%) = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2)$$

Z pečlivě naměřených a prozkoumaných údajů (viz norma ČSN EN ISO 7730) lze zobrazit následující grafickou závislost předpovědi procentuálního podílu nespokojených (PPD) na předpovědi středního tepelného pocitu (PMV), která je zobrazena na následujícím obrázku:



Obrázek 2.1 – PDD jako funkce PMV [16]

Další prvky tepelného komfortu

Tepelný komfort je stav mysli vyjadřující uspokojení s tepelným prostředím. Nespokojenost vzniká teplým nebo naopak chladným diskomfortem těla celkově (vyjadřují ukazatele PPD a PMV), nebo také nežádoucím ochlazováním či oteplováním jednotlivých částí těla. Nespokojenost s tepelným prostředím může být způsobena také nežádoucím ochlazováním nebo oteplováním jednotlivých částí těla, což nazývá norma ČSN EN ISO 7730 *místní tepelný diskomfort*. PMV a PPD vyjadřují diskomfort z tepla nebo chladu pro tělo celkově, který může být také způsoben vysokým rozdílem teplot mezi hlavou a kotníky, příliš chladnou či teplou podlahou, nebo příliš vysokou asymetrií radiační teploty. K teplotnímu diskomfortu jsou lidé citliví hlavně při lehké práci vsedě, při vyšších úrovních aktivity jsou lidé méně tepelně citliví a místní tepelný diskomfort je tak nižší.

Místní tepelný diskomfort vzniká například průvanem, který lze definovat podle normy ČSN EN ISO 7730 jako *nežádoucí místní ochlazení těla způsobené pohybem vzduchu*. Mezi další typ místního tepelného diskomfortu patří vertikální rozdíly teplot vzduchu (rozdíl teploty mezi hlavou a kotníky), dále příliš teplé a chladné podlahy, nebo asymetrickou radiací (způsobují teplé stropy či chladné zdi a okna). Kvůli individualitě lidského cítění je nemožné specifikovat tepelné prostředí, jež by uspokojilo všechny – vždy bude v každém prostředí určitý počet nespokojených.

Norma ČSN EN ISO 7730 uvádí kromě jiného i hodnocení tepelné izolace oděvu, kdy je zde např. uvedena tepelná izolace nejzákladnějších kombinací oděvu (I_{cl} [clo], [m^2K/W]) a její závislost na změně operativní teploty (Θ_o [$^{\circ}C$]), nebo také hodnoty tepelné izolace pro různá sedadla (I_{cl} [clo], [m^2K/W]). Všechny další normované požadavky na tepelný komfort jsou uvedeny v zmiňované normě [16].

2.1.2 Faktory ovlivňující tepelnou pohodu prostředí

Vyhovující vnitřní prostředí je takové, pokud je procento nespokojených (PPD) menší než 15 %. Tepelný stav vnitřního prostředí lze ovlivnit pomocí následujících faktorů: [17]

- **operativní teplota** Θ_o [$^{\circ}C$]
 - **teplota okolního (vnitřního) vzduchu** Θ_i [$^{\circ}C$]
 - **střední radiační teplota okolních ploch** Θ_r [$^{\circ}C$]
- **relativní vlhkost vzduchu** φ [%]
- **rychlost proudění vzduchu** w [m/s]
- **aktivita (činnost) člověka** vyjádřená jeho **metabolismem** [W/m^2]
- **oblečení – tepelný odpor oděvu** [1 clo = 0,155 m^2K/W]

Teplota okolního (vnitřního) vzduchu

Teplota okolního vzduchu se měří 1m od stěn a oken a ve výšce hlavy člověka. Optimální hodnoty teploty jsou závislé na účelu využití místnosti, vnitřní produkci tepla, druhu oděvu, věku člověka, ale i jeho pohlaví apod. V našich podmínkách je pro přiměřeně oblečeného sedícího člověka, který nevykonává žádnou fyzickou aktivitu, vhodná teplota v rozmezí 18 až 22 °C v zimním období, v letním období je to od 23 do 25 °C. Minimální teplota vzduchu v místnosti při práci ve stoje se pohybuje kolem 17 °C. V letních měsících je člověk lehčeji oblečen, proto k odvodu stejného množství tepla potřebuje při stejné povrchové teplotě těla vyšší teplotu okolí, z toho důvodu je přípustná vyšší teplota. Pro neoblečeného člověka má optimální teplota hodnotu 28 °C. Z hlediska tepelné pohody je důležité udržovat rozdíl teplot v místě hlavy a nohou menší než 2 K u stojícího člověka a méně než 1,5 K u sedícího člověka.

K měření teploty vzduchu v místnosti se nejčastěji využívají kapalinové teploměry, nebo digitální přístroje s termočládky, termistorovými, případně odporovými snímači teploty.

Střední radiační teplota okolních ploch

Jedná se o společnou průměrnou teplotu všech okolních ploch v prostoru obklopujícího člověka, při níž by byl celkový sálavý tok mezi povrchem těla a okolními plochami stejný, jako ve skutečnosti. Pro dodržení tepelné pohody by měla být teplota stěn (okolních povrchů) alespoň přibližně rovna teplotě vzduchu v místnosti, nikdy však nižší více než o 2 až 4 °C a nikdy vyšší, než 6 °C.

Pro měření střední radiační teploty okolních ploch využíváme nejčastěji Vernonův kulový teploměr, nebo dva katateploměry (jeden obyčejný a jeden s kovově lesklou baňkou). Střední radiační teplotu vypočteme ze vztahu:

$$\Theta_r = \left[(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 w^{0,6} (\Theta_g - \Theta_v) \right]^{0,25} - 273$$

kde

Θ_g je teplota kulového teploměru, kterou při rychlostech proudění menších než 0,2 m/s nahrazujeme operativní teplotou Θ_o

Θ_a je teplota vzduchu

Operativní teplota

Dle normy ČSN EN ISO 7730 lze operativní teplotu charakterizovat jako *rovnoměrnou teplotu imaginární černé okolní plochy, ve které by si objekt vyměnil stejné množství tepla sáláním a prouděním, jako ve skutečné nerovnoměrné teplotě okolních ploch*. Operativní teplotu značíme Θ_o . [16]

V níže uvedené tabulce najdeme nejběžnější hodnoty, na které se navrhuje operativní teplota v různých prostředích.

| Kategorie | Popis |
|-----------|--|
| I | Vysoká úroveň očekávání, doporučená pro prostory obsazené velmi citlivými osobami s křehkým zdravím, se zvláštními požadavky, jako jsou např. postižení, nemocní, velmi malé děti a starší osoby |
| II | Běžná úroveň očekávání by měla být použita pro nové budovy a rekonstrukce |
| III | Přijatelná, střední úroveň očekávání použitelná pro stávající budovy |
| IV | Hodnoty mimo kritéria pro výše uvedené kategorie. Tato kategorie může být přípustná pouze pro omezenou část roku |

| Typ budovy / místnosti | Kategorie | Operativní teplota, °C | |
|--|-----------|--|--|
| | | Minimum pro vytápění (zimní období), ~ 1,0 clo | Maximum pro chlazení (letní období), ~ 0,5 clo |
| Obytné budovy: obytné místnosti (ložnice, pracovny, kuchyně atd.) Sedící ~ 1,2 met | I | 21,0 | 25,5 |
| | II | 20,0 | 26,0 |
| | III | 18,0 | 27,0 |
| Obytné budovy: ostatní místnosti (sklady, haly atd.) Stojící-přecházející ~ 1,6 met | I | 18,0 | |
| | II | 16,0 | |
| | III | 14,0 | |
| Jednotlivá kancelář (buňková kancelář) Sedící ~ 1,2 met | I | 21,0 | 25,5 |
| | II | 20,0 | 26,0 |
| | III | 19,0 | 27,0 |
| Jídlna / Restaurace Sedící ~ 1,2 met | I | 21,0 | 25,5 |
| | II | 20,0 | 26,0 |
| | III | 19,0 | 27,0 |
| Obchodní dům Stojící-přecházející ~ 1,6 met | I | 17,5 | 24,0 |
| | II | 16,0 | 25,0 |
| | III | 15,0 | 26,0 |

Tabulka 2.3 – Příklady návrhových hodnot operativní teploty [17]

Operativní teplota v sobě zahrnuje teplotu vnitřního vzduchu a střední radiální teplotu okolních ploch. Operativní teplotu lze vypočítat jako polovinu součtu teploty vnitřního vzduchu (Θ_i) a střední radiální (Θ_r) teploty: $\Theta_o = 0,5 \cdot (\Theta_i + \Theta_r)$. Pokud známe rychlost proudění vzduchu v místnosti, lze využít vztah: $\Theta_o = t_r + A \cdot (\Theta_i - \Theta_r)$, přičemž A je funkcí rychlosti proudění vzduchu podle tabulky 2.3.

| | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| w [m/s] | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| A [-] | 0,50 | 0,53 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,75 |

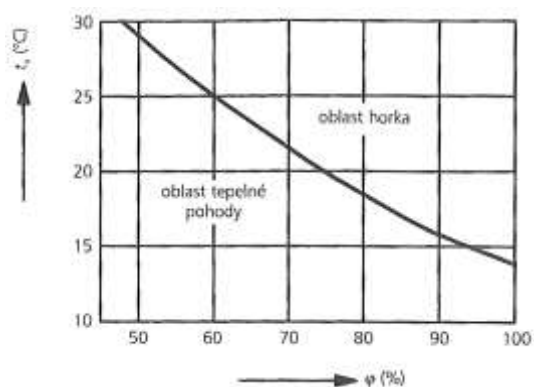
Tabulka 2.4 – Závislost koeficientu A na rychlosti vzduchu (w) [32]

Vlhkost vzduchu

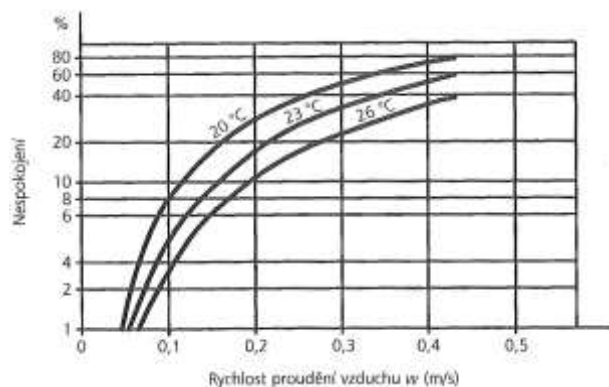
Vlhkost vzduchu může být vyjádřena jako relativní či absolutní. Absolutní vlhkost je definována jako tlak vodních par ve vzduchu, který ovlivňuje u osoby tepelnou ztrátu odpařováním, což má vliv na celkový tepelný komfort (tepelnou rovnováhu) těla – tento vliv je velice malý při nízkých intenzitách činnosti (< 2 met) a při teplotách nižších než 26 °C. V mírných prostředích existuje malý vliv vlhkosti vzduchu na tepelném vnímání, lze říci, že desetiprocentní zvýšení relativní vlhkosti vzduchu je pocíťováno jako zvýšení pracovní teploty od 0,3 °C. U větších teplot (> 26 °C) a intenzivnějších činností (> 2 met) je vliv vlhkosti na celkový tepelný komfort větší. [16]

Relativní vlhkost vzduchu se řadí s teplotou vzduchu k důležitým parametrům pro vyjádření tepelného komfortu, je důležitá i z hlediska hygienického. Vlhkost vzduchu lze zanedbat pouze v případě, že relativní vlhkost vzduchu je v létě menší než 60 %, neboť při větší relativní vlhkosti dochází vlivem velkého parciálního tlaku vodní páry ve vzduchu k vypařování potu, což velice narušuje tepelnou pohodu v místnosti. Relativní vlhkost (ϕ) v obytných prostorech by se měla pohybovat od 30 do 60 %. Při poklesu pod 20 % nastává vysoušení sliznice horních cest dýchacích, ale také k rychlejšímu stárnutí nábytku a vybavení místnosti nadměrným vysoušením. Pokud se relativní vlhkost v místnosti pohybuje od 40 do 60 %, můžeme tak předcházet především vysoušení dýchacích cest a chorobám z prochladnutí. Speciální nároky na vlhčení mohou mít i některé průmyslové provozy, jako textilní, papírenský, polygrafický, tabákový, kožařský, farmaceutický nebo potravinářský. Z ostatních provozů závislých na správně navrhnutém vlhčícím zařízení uvedu např. muzea, galerie apod. K určování vlhkosti vzduchu využíváme psychometrických rozdílů údajů suchého a mokrého teploměru, délkových změn některých hydrokopických látek, nebo měření teploty rosného bodu.

Na obrázku 2.2 lze vidět hranice oblasti tepelné pohody a pocitu horka v souvislosti s vlhkostí vzduchu. Člověk v místnosti s operativní teplotou 20 °C téměř nevnímá rozdíl mezi hodnotami vlhkosti 35 až 70 % - tyto hodnoty tak považujeme za hranice přípustné vlhkosti. Při vlhkosti nižší než 30 % se zvyšuje tvorba prachu a suchý vzduch vysouší sliznici dýchacích cest, naopak při vyšších vlhkostech je jeden z nepříjemných projevů nadměrné vylučování potu.



Obrázek 2.2 – Oblast tepelné pohody a oblast pocitu horka [7]



Obrázek 2.3 – Závislost PPD na rychlosti proudění vzduchu v místnosti [7]

Rychlost a směr proudění vzduchu

Člověk je velice citlivý na pohyb vzduchu v uzavřeném prostoru. Rychlost proudění vzduchu v místnosti ovlivňuje přestup tepla prouděním mezi osobou a prostředím. To ovlivňuje celkový tepelný komfort těla, který můžeme vyjádřit indexy PMV a PPD, a také místní tepelný diskomfort. Zvýšením rychlosti proudění vzduchu lze vyrovnat tepelný vjem způsobený zvýšenou teplotou.

Abychom přizpůsobili teplejší prostředí, je často využívána možnost zvýšení proudění vzduchu vytvořením průvanu (použití větráku či obyčejné otevření oken). V letních podmínkách je možné zvýšit teplotu nad úroveň respektující komfort, pakliže jsou k dispozici prostředky na zvýšení rychlosti proudění vzduchu.

Při teplotách 19 až 21 °C je z hygienických hledisek přípustná rychlost proudění vzduchu 0,15 až 0,2 m/s, vyšší rychlost lze volit u vyšších teplot v místnosti. Nejvyšší únosná rychlost proudění vzduchu při teplotě 26 °C je $w \leq 0,4$ m/s, u vyšších rychlostí se již jedná o průvan. Vzhledem k preferované rychlosti proudění vzduchu existují v pocitu tohoto vjemu mezi lidmi značné rozdíly, proto musí být zvýšená rychlost proudění vzduchu pod přímou kontrolou ovlivněných lidí (pracovníků) a musí být nastavitelná v rozmezí do 0,15 m/s. [16]

Na obrázku 2.3 nahoře je zobrazena závislost procentuálního počtu nespokojených (PPD) na průměrné rychlosti proudění vzduchu (w).

2.2 HYGIENICKÁ POHODA

Jeden z důležitých úkolů klimatizačních a větracích zařízení je spolehlivě a hospodárně odvést škodliviny z vnějšího prostoru, kde se pohybují lidé, a vytvořit tak žádané vnitřní mikroklimatické podmínky. Mezi škodliviny patří všechny látky (plyny, páry, prach apod.), ale i biologické, energetické a fyziologické jevy, které svou přítomností v určité koncentraci nebo intenzitě mohou poškodit zdraví lidí, zvířat, nebo rostlin, případně negativně působí na výrobní procesy, životnost staveb a kvalitu uskladněného materiálu. Technická opatření a intenzita výměny vzduchu musí zabezpečit, aby obsah škodlivin nepřevýšil nejvyšší přípustné koncentrace. Při návrhu klimatizačních systémů je také nutné přihlížet k intenzitě fyzické práce, jelikož při zvyšující se náročnosti práce se zvětšuje objemový průtok vzduchu plicemi a v provozech s určitým množstvím škodlivin je tak třeba usměrňovat hodnoty přípustných koncentrací.

2.2.1 Kvantitativní hodnocení škodlivin

Škodliviny se v ovzduší vyskytují v různých koncentracích, lze je tedy vyjádřit:

- objemově (tzv. objemová procenta) – ppm (parts per milion) $1 \text{ ppm} = 1 \text{ cm}^3/\text{m}^3 = 10^{-4} \%$
- hmotnostně [mg/m^3]
- počtem částic v objemové jednotce

Z hlediska hygienického hodnocení obsahu škodlivin v ovzduší jsou v Nařízení vlády č. 178/2001 Sb. a její novele Nařízení vlády č. 523/2002Sb. uvedeny nejvyšší povolené koncentrace pro různé druhy škodlivin. V obou dokumentech jsou kromě údajů o hodnotách koncentrací také uvedeny důležité jednotky pro práci s obsahem škodlivin: [29]

- **PEL** = přípustný expoziční limit [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- **NPK** = nejvyšší přípustná koncentrace chemické látky v pracovním prostředí [**ppm**]

V případě PEL jde o tzv. celosměnově vážený průměr koncentrací škodlivin v pracovním prostředí, jimiž mohou být podle současných norem vystaveni zaměstnanci při osmihodinové pracovní době, aniž by u nich došlo (i při dlouhodobému vystavení) k poškození zdraví. PEL se uvažuje v případě, že je zaměstnanec zatěžován prací, při které jeho plicní ventilace nepřevyšuje 20 l/s. Koncentraci PEL lze ve výjimečných případech krátkodobě překročit.

NPK je naopak nejvyšší přípustná koncentrace, které nesmí být zaměstnanec vystaven v žádném časovém okamžiku pracovní směny. Tyto hodnoty tedy již nelze déle překračovat.

2.2.2 Druhy škodlivin

Mezi časté průmyslové škodliviny patří páry, plyny, mlhoviny, dým, prach, aerosoly, nebo třeba i nadměrné teplo a vysoká vlhkost (posledními zmiňovanými se zabývá norma ČSN 73 0548). Další škodliviny budou podrobněji popsány níže. Pro všechny jmenované škodliviny je v Nařízení vlády č. 523/2002 Sb. uvedeno minimální množství vnějšího vzduchu přiváděného na pracoviště, které je potřeba dodávat, aby byla dodržena zdravotní nezávadnost vzduchu v místnosti: [31]

- 50 m³/h na osobu při práci vsedě
- 70 m³/h na osobu při práci vestoje a v chůzi
- 90 m³/h na osobu při těžké fyzické práci

Toxické škodliviny

Jedná se o toxické plyny, které vyvolávají patologické změny. Mohou vnikat do interiéru z vnějšího prostředí, ale mohou vznikat i přímo v budově činností člověka, nebo uvolňováním ze stavebních materiálů. Z vnějšího prostředí prostupují především: [7]

- **oxidy síry** (SO₂ a SO₃) - produkty spalování fosilních paliv obsahující síru
- **oxidy dusíku** (NO_x) – vznikají z hoření při vyšších teplotách z atmosférického dusíku (v diesellových motorech, kotelnách tepláren, při hoření plynu v plynových spotřebičích)
- **oxid uhelnatý** (CO) – vzniká spalováním benzinových motorů, nebo u nedokonalého spalování v ohništích
- **oxid uhličitý** (CO₂) – vzniká hlavně vydechováním vzduchu
- **ozon** (O₃) - zdrojem jsou nejčastěji blesky
- **uhlovodíky** – zdrojem jsou především emise z výfuků motorových vozidel a pohonné látky vypařující se z nádrží
- **formaldehyd** – může se uvolňovat ze stavebních látek
- **styren** – uvolňuje se z polystyrenu

Mikrobiologické škodliviny

Jedná se o bakterie, viry a plísně, které se mohou nacházet v ovzduší a svým působením na lidský organismus vyvolávají alergické reakce, infekční onemocnění, nebo různé toxické projevy. Jejich nositelem jsou nejčastěji tuhé nebo kapičkové aerosoly. Zdrojem jsou pak většinou sami lidé, od nich se infekce dále šíří do vnějšího ovzduší. Tyto všechny choroboplodné zárodky nemohou ve vzduchu existovat volně, nýbrž pouze usazené na svých nosičích, proto je důležité dodržovat výměnu a filtraci vzduchu v místnostech, kde se zdržuje více lidí.

Výjimečně lze navíc použít desinfekci vzduchu, a to chemickou (pomocí kapalného desinfekčního postřiku), nebo fyzikální (pomocí UV paprsků rtuťové výbojky). Tyto desinfekční metody jsou běžné např. u operačních sálů, na infekčních odděleních nemocnic, ve farmaceutických laboratořích apod.

Zápachy (odéry)

Odéry jsou plynné složky ovzduší vnímané jako vůně nebo zápachy. Většinou se jedná o anorganické či organické látky produkované člověkem, nebo jeho činností. Zápachy způsobují zhoršení kvality ovzduší v místnosti. Podle Zwaardemarkerovy stupnice existuje pět elementárních typů odérů: [7]

- **éterický** – lidské pachy
- **aromatický** – pachy z rozkládajícího se zralého ovoce
- **izovalerický** – pach z kouření tabáku, pach potu
- **zažluklý** – pachy z mlékárenských produktů
- **narkotický** – pachy z rozkládajících se proteinů

Zápachy sice přímo neohrožují zdraví člověka, mohou však způsobit ztrátu jeho výkonnosti a soustředění, nebo pocit nevolnosti. Jejich odstranění je tedy většinou z důvodu psychologických, ale i ekonomických a hygienických, neboť jsou často předzvěstí zvýšené kontaminace prostředí choroboplodnými zárodky.

Aerosolové škodliviny

Jedná se o velmi jemně rozptýlené tuhé nebo kapalné látky v ovzduší. Mezi nejznámější tuhé aerosoly patří prach, který vzniká přímo činností člověka, popřípadě oxidací anorganických látek. Rozdělit je lze podle účinků na organismus na působení fyzikální, chemické, fyzikálně – chemické a biologické. Prachové částičky mohou být nosičem toxických nebo mikrobiologických škodlivin. Při delším vystavení se aerosolovým škodlivinám tyto mohou působit dráždivě, což vede k zánětům kůže, spojivek a sliznic.

Ionizační škodliviny

Zdrojem ionizačních škodlivin jsou radioaktivní látky vstupující do interiéru budovy z vnějšího prostředí (radon, radioaktivní popílek z tepelných elektráren), případně uvolňováním ze stavebních konstrukcí přímo v budově (azbest, cigaretový kouř, rentgenové záření v nemocnicích). Aktivita radioaktivních látek je vyjádřena počtem samovolných rozpadů (jaderných přeměn za sekundu). Jednotkou je becquerel – Bq, dříve curie - Ci ($1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$). Přípustná koncentrace radonu v budovách je 74 Bq/m^3 .

Elektrostatické vlivy na prostředí

Elektrostatický výboj, který vzniká pohybem tuhých látek, za ideálních podmínek může dosáhnout hodnoty několika tisíc voltů (až 20 kV), proto může být případný výboj velice nebezpečný. Nebezpečí hrozí např. ve výbušných prostorách, komplikace může statická elektřina způsobovat i v citlivé výrobě, např. polovodičových součástek do různé elektroniky, které může elektrostatický náboj zcela vyřadit z provozu. Redukce a omezení statické elektřiny spočívá v uzemnění, případně nošením vhodného oděvu a obuvi, nebo i použitím speciální antistatické vodivé podlahy. Z hlediska vzduchotechniky lze elektrostatickým výbojům zabránit použitím vhodného zvlhčování klimatizovaného ovzduší v místnosti.

Elektromagnetické vlivy na prostředí

Elektromagnetické pole vzniká přirozenou cestou výbojem při bouřkách nebo sluneční činností, ale častěji se s ním setkáme uměle vytvořeným, např. využíváním mikrovlnné trouby, mobilních telefonů a vysílačů všeho druhu (internetová bezdrátová síť, rádio, televize), také vedením vysokého napětí, na pracovištích s indukčními pecemi nebo svářečskými automaty. Nejcitlivější na elektromagnetické působení jsou pohlavní orgány, nervový systém nebo oči. Mezi nejznámější následky jeho působení patří bolesti hlavy, žaludeční těžkosti, deprese, případně ovlivnění plodnosti.

2.3 VIZUÁLNÍ POHODA

Světlo je elektromagnetické vlnění s vlnovou délkou 380 až 760 nm (viditelné záření), které vyvolává při dopadu na sítnici oka podráždění nazývané zrakový vjem. Této myšlenky si všimnul jako první K. Huygens, přičemž teoreticky ji dopracoval C. Maxwell. Účinky na lidské oko jsou dvojího druhu, jednak vjem jasu (dojem světelnosti) a chromatický vjem (vjem barvy).

Základní fotometrickou jednotkou v soustavě SI je jednotka svítivosti (I) 1 cd (kandela). Jednotkou světelného toku je pak 1 lm (lumen), který je definován jako *světelný tok bodového světelného zdroje o svítivosti 1 cd do jednotkového prostorového úhlu 1 steradiánu*. Další užívaná veličina v technice osvětlení je intenzita osvětlení (osvětlenost) značená jako E s jednotkou 1 lx (lux), což je *podíl světelného toku a velikosti plochy, na kterou světlo dopadá*. [1]

V posledních letech se zvyšuje množství a význam informací přijímaných zrakem, a to především z důvodu modernizace, kdy narůstá množství moderních způsobů přenášení informací viditelnou cestou. Člověk tak už nemusí věnovat tolik úsilí fyzické práci, jeho činnost je zaměřena stále více na kontrolu, řízení a regulaci chodu automatizovaných systémů. K provádění většiny úkonů (nejen pracovních) je proto třeba poskytnout lidem dostatek světla bez vnějších účinků, kterými jsou např. oslnění nebo odlesky. Požadovaná hladina osvětlení se zajišťuje denním (přirozeným) osvětlením, umělým osvětlením (žárovky, zářivky) nebo kombinací obou předchozích. Z hlediska energetické náročnosti, komfortu i samotné ochrany zdraví se co nejvíce snažíme využít denního osvětlení, popřípadě jeho kombinaci s umělým osvětlením, práci pouze při umělém osvětlení se snažíme co nejvíce eliminovat. Samozřejmě ale ne vždy to jde, využití umělého osvětlení je nutné např. při nočních provozech, špatně umístěného pracoviště z hlediska polohy vůči slunci apod. Zvlášť velký význam má kvalita osvětlení ve výrobních prostorech, kde lepší osvětlení vždy znamená zmenšení zrakové námahy, snížení únavy zaměstnanců, vyšší produktivitu práce a tím i zvýšenou jakost výrobků. Lepší je také pořádek a čistota a tím i celkové pracovní prostředí, což se může projevit i na snížení výsledné fluktuace (odchodu zaměstnanců).

Ekonomicky je velmi významné správné navržení řešení vztahu mezi denním a umělým osvětlením budovy, neboť využití denního světla je účelné nejen z hlediska příznivého vlivu na člověka, ale také hlavně ekonomicky výhodné. Problematika správného návrhu osvětlení úzce souvisí i s energetickou bilancí objektu, protože na druhou stranu nadměrný počet osvětlovacích otvorů může zase zvyšovat tepelné ztráty v zimě a tepelnou zátěž v létě, s čímž souvisí narušení tepelné pohody. Pokud toto zvládneme a správně navrhujeme konstrukci osvětlovacích otvorů na sluneční straně, můžeme dosahovat i v zimním období energetických zisků. V poslední době se také často mluví o světlovodech (speciální zařízení určené pro přirozené osvětlení uvnitř prostor budovy, kam se slunce nedostane), které umožňují dodávat denní světlo i do místností uvnitř budovy, kde nejsou žádná okna. Toto kompromisní řešení je velice výhodné, neboť minimalizujeme tepelné zátěže a ztráty, přitom můžeme využívat hygienických i ekonomických výhod tohoto řešení.

2.3.1 Kritéria pro stanovování světelného prostředí

Kromě požadované osvětlenosti je potřeba splnit další kvalitativní a kvantitativní požadavky, především se jedná o uspokojení lidských potřeb z hlediska **zrakové pohody** (přispívá k vysoké úrovni produktivity), dále požadavky na **zrakový výkon** (vykonávání zrakových úkolů i při obtížných podmínkách, nebo během dlouhé doby), a také požadavky na **bezpečnost**. Mezi důležité parametry určující světelné prostředí, patří: [18]

- **rozložení jasů** – určuje úroveň adaptace zraku, která ovlivňuje viditelnost úkolu (souvisí se zrakovou ostrotí, kontrastní citlivostí a účinností zrakových funkcí – akomodace oka)
- **osvětlenost** – má vliv na rychlost, kvalitu a vnímání zrakových úkolů
- **oslnění** – způsobeno povrchy s velkým jasnem v zorném poli; snažíme se jej eliminovat (odklon svítidel, okenní žaluzie či protisluneční fólie)
- **směrovost světla** – používá se pro zvýraznění předmětů či vzhledu osob v prostoru (tzv. modelace), směrované osvětlení může ovlivňovat kvalitu zrakového vjemu
- **barevný tón světla** – barevný tón světla ze světelného zdroje se vztahuje k zdánlivé barvě (chromatičnosti) vyzařovaného světla, hodnoty neutrálně bílého světla: (3300 až 5300) K
- **podání barev světla** – důležité pro zrakový výkon a duševní i celkovou pohodu je, aby byly barvy předmětů v okolí podávány věrně, přirozeně a tak, aby vypadaly přitažlivě a zdravě
- **míhání světla** – tzv. stroboskopický efekt, působí rušivě a může vyvolávat i fyziologické projevy (např. bolest hlavy), stroboskopického efektu se zbavíme, pokud budeme pro napájení výbojek používat proud o větší frekvenci (cca 30 kHz)
- **denní světlo** – může sloužit pro úplné, nebo částečné osvětlení, jeho úroveň i spektrální složení se s časem mění, čímž dochází i ke změně osvětlení vnitřního prostoru

2.3.2 Umělé osvětlení

Při návrhu umělého osvětlení musíme myslet na to, že pokud chceme dosáhnout stejného světelného vnímání u všech ploch, musíme tmavé oblasti osvětlit intenzivněji, než světlejší. Je to dáno schopností materiálů odrážet nebo pohlcovat světlo, přičemž tuto vlastnost nazýváme činitelem světelného odrazu (je to podíl odraženého světelného toku a světelného toku dopadajícího na plochu). Činitel odrazu může dosahovat různých hodnot, u cihel je to cca 0,25 a např. u bílých glazovaných obkládaček je to 0,85. [1]

Důležitý je i správný výběr světelného zdroje. Měli bychom si všimnout technických údajů jako provozní napětí (V), příkon zdroje (W), měrný světelný výkon (lm/W), svítivost (cd), jas (W/m^2), neméně důležité jsou i životnost (h), rozměry (mm), nebo typ patice.

Při výběru intenzity osvětlení se pro určitý účel uplatňují obvykle činitele jako zrakový výkon, zraková pohoda a ekonomie. Intenzita osvětlení je pouze jedním z respektovaných hledisek v rámci návrhu osvětlení. Uplatnění také nachází rovnoměrnost osvětlení, kterou je potřeba dodržovat.

2.3.3 Denní osvětlení

Zdrojem denního osvětlení je Slunce. Jeho světlo dopadá na povrch Země jako přímé sluneční světlo a jako difúzní sluneční světlo (oblohové světlo rozptýlené atmosférou). Denní světlo se liší od umělého svým spektrálním složením a také proměnlivostí v čase (vlivem přirozené rotace Země okolo Slunce), která způsobuje kolísání intenzity, spektrálního složení i světelného toku. Tak jako u umělého osvětlení je charakterizující veličinou osvětlenost v luxech, tak i u denního osvětlení máme jednotku nazývanou se činitelem denní osvětlenosti (**D**), která je normou ČSN EN 15251 definována jako *podíl osvětlenosti dané roviny přímým i odraženým oblohovým světlem v dané době a srovnávací osvětlenosti venkovní nezastíněné vodorovné roviny za předpokládaného nebo známého rozložení jasů oblohy (přímé sluneční světlo je z obou intenzit vyloučeno)*. Hodnota činitele denní osvětlenosti je však pouze relativní, vzhledem k neustálé proměnlivosti denního osvětlení (na rozdíl od konstantního umělého osvětlení).

Druhy denního osvětlení

Druhy osvětlení se podle umístění osvětlovacích otvorů v budově dělí na: [1]

- boční – osvětlovací otvory jsou v obvodové stěně (nejčastější)
- horní – osvětlovací otvory jsou na střeše
- kombinované - s horními a bočními osvětlovacími otvory
- sekundární – světlo přichází přes jiný vnitřní prostor (méně časté)

Nároky na denní osvětlení

Norma ČSN 73 0580 udává nároky na denní osvětlení, které jsou zařazeny do šesti tříd:

| Třída zrakové činnosti | Charakteristika zrakové činnosti | Poměrná pozorovací vzdálenost | Příklady zrakových činností | Hodnota činitele denní osvětlenosti v % | |
|------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---|---|----------------|
| | | | | minimální D_{min} | průměrná D_m |
| I | mimořádně přesná | 3330 a větší | Nepřesnější zraková činnost s omezenou možností použití zvětšení, s požadavkem na vyloučení chyb v rozlišení, nejobtížnější kontrola | 3,5 | 10 |
| II | velmi přesná | 1670 až 3330 | Velmi přesné činnosti při výrobě a kontrole, velmi přesné rysování, ruční rytí s velmi malými detaily, velmi jemné umělecké práce | 2,5 | 7 |
| III | přesná | 1000 až 1670 | Přesná výroba a kontrola, rysování, technické kreslení, obtížné laboratorní práce, náročné vyšetření, jemné šití, vyšívání | 2 | 6 |
| IV | středně přesná | 500 až 1000 | Středně přesná výroba a kontrola, čtení psaní (rukou i strojem), obsluha strojů, běžné laboratorní práce, vyšetření, ošetření, hrubší šití, pletení, žehlení, příprava jídel, závodní sport | 1,5 | 5 |
| V | hrubší | 100 až 500 | Hrubší práce, manipulace s předměty a materiálem, konzumace jídla a obsluha, oddechové činnosti, základní a rekreační tělovýchova, čekání | 1 | 3 |
| VI | velmi hrubá | menší než 100 | Udržování čistoty, sprchování a mytí, převlékání, chůze po komunikacích přístupných veřejnosti | 0,5 | 2 |
| VII | celková orientace | – | Chůze, doprava materiálu, skladování hrubého materiálu, celkový dohled | 0,2 | 1 |

Tabulka 2.5 – Třídění zrakových činností a hodnoty činitele denní osvětlenosti [19]

Hlavním kritériem zařazení činnosti do určité třídy je poměrná vzdálenost nejmenší pozorované podrobnosti rozhodující pro splnění zrakového úkolu (tzv. kritický detail). Pro každou třídu denního osvětlení jsou normativně stanoveny příslušné nejmenší hodnoty činitelů denní osvětlenosti, které musí být při návrhu a realizaci osvětlení dodrženy (viz tabulka 2.5).

Orientace pracovního místa v interiéru by měla být taková, aby pozorovatel neměl osvětlovací otvory vůbec v zorném poli, nebo alespoň aby jejich vzdálenost od osy pohledu byla co největší – přijatelný je odklon 60° od osy pohledu při běžném směru pohledu. Pokud nelze osvětlovací otvory s průhledem na oblohu ze zorného pole vyloučit, je dobré alespoň snížit jas za použití různých clon, záclon, závěsů, slunečních fólií apod. V případě nedodržení výše zmíněného postupu může nastat oslnění. [1]

2.3.4 Sdružené osvětlení

Sdružené osvětlení v sobě zahrnuje umělé i denní osvětlení zároveň. Jejich kombinací vzniká ekonomický i hygienický kompromis, který může spojovat výhody denního a umělého osvětlení, ovšem nelze jím plně nahradit dobré denní osvětlení. V interiérech se s ním setkáme v podobě: [1]

- **trvalého sdruženého osvětlení** – při trvalém pobytu lidí není nožné z ekonomických či jiných funkčních důvodů dosahovat vyhovujícího denního osvětlení
- **přechodového sdruženého osvětlení** - v prostorách s jinak vyhovujícím denním osvětlením, které je však pro určité krátkodobé činnosti nevyhovující a doplňuje se tak umělým osvětlením
- **místního sdruženého osvětlení** – většinou se kvůli stínění využije přídavné umělé osvětlení
- **sdružené osvětlení při stmívání či rozednívání** – v době, kdy je denního světla nedostatek, je třeba řešit tuto situaci umělým přisvětlováním

Dosáhnutí zrakové pohody s využitím sdruženého osvětlení je nesnadné díky proměnlivosti denního osvětlení, který neustále mění intenzitu, a tím i spektrální složení celkového světla v místnosti. Také intenzita osvětlení je u otvorových výplní vyšší než uvnitř a na krajích místnosti, proto je nutné využití přisvětlování sdruženým osvětlením. Tak jako u denního světla existuje činitel denní osvětlenosti D (%), tak pro umělé světlo je jednotka osvětlenost (lx). Pro sdružené osvětlení se zatím žádná taková relevantní veličina nenašla, proto v mnoha případech musíme převádět množství denního světla v procentech na hodnoty osvětlenosti v luxech.

Při návrhu sdruženého osvětlení je výhodné využít regulaci podle množství denního osvětlení (automatickou dle senzorů osvětlení, nebo ruční), výhodná je i možnost použití stmívaných zdrojů osvětlení (např. v restauracích). Svítidla doplňkového umělého osvětlení se ve větších interiérech umísťují do pravidelné sítě nebo do souvislých řad, které se navrhuje se zřetelem na možnost využití regulace sdruženého osvětlení.

Zraková pohoda v místnosti je závislá na těchto podmínkách: [1]

- rozložení jasů povrchů v daném prostoru, jejich hodnoty, kontrast jasů a časový průběh
- rozložení světelného toku a převažující směr osvětlení vzhledem k zrakovým činnostem
- zamezení nežádoucích jevů (např. oslnění)
- vyhovující spektrální složení umělého světla vzhledem k proměnlivosti denního světla
- přiměřené množství světla se zřetelem na vykonávanou činnost a jejich časovému charakteru

2.3.5 Požadavky na osvětlení ve vybraných prostorách

| Druh prostoru, úkolu nebo činnosti | \bar{E}_m (lx) | UGR_L | R_a | Poznámky |
|---|---------------------|---------|-------|---|
| šatny, umývárny, koupelny, toalety | 200 | 22 | 80 | |
| skladiště a zásobárny | 100 | 25 | 60 | 200 lx při trvalém pobytu osob |
| psaní, psaní na stroji, čtení, zpracování dat | 500 | 19 | 80 | práce s displeji viz 4.11 |
| prodejní prostory | 300 | 22 | 80 | požadavky na osvětlenost i na UGR se určují podle druhu obchodu |
| prostory u pokladen | 500 | 19 | 80 | |
| šatny, toalety | 200 | 25 | 80 | |
| pokladní přepážky | 300 | 22 | 80 | |
| recepce, pokladna, vrátnice | 300 | 22 | 80 | |
| kuchyně | 500 | 22 | 80 | mezi kuchyní a restaurací musí být přechodová zóna |
| restaurace, jídelna, provozní místnost | – | – | 80 | osvětlení musí vytvářet odpovídající atmosféru |
| samoobslužná restaurace | 200 | 22 | 80 | |
| bufet | 300 | 22 | 80 | |
| školní jídelny | 200 | 22 | 80 | |
| kuchyně | 500 | 22 | 80 | |

Tabulka 2.6 – Požadavky na osvětlení v různých místnostech

kde:

| | | |
|-------------|--------------------------|----|
| \bar{E}_M | osvětlenost prostoru | lx |
| UGR_L | jednotné omezení oslnění | - |
| R_a | index podání barev | - |

2.4 AKUSTICKÁ POHODA

Zvuk je mechanické vlnění šířící se pružným prostředím. Zvuk, který nepříznivě ovlivňuje pohodu člověka, se nazývá hluk – ten můžeme definovat jako zvukové vlny s různými amplitudami a frekvencemi. Pokud hluk překračuje vymezené normované hodnoty, lze mluvit o snižování pracovního výkonu lidí, ovlivnění pohody prostředí, v krajním případě i o škodlivosti pro člověka.

Pro návrh větracích zařízení je nutné v projektové dokumentaci uvést požadované tlaky akustického tlaku. Tyto hodnoty jsou řízeny nařízením vlády č. 148/2006 Sb., nebo je možné využít návrhových hodnot z normy ČSN EN 15251. Pro názornou ukázkou jsou v tabulce 2.7 uvedeny nejdůležitější hodnoty hladiny akustického tlaku A [dB]. Hodnoty v tabulce jsou vztaženy pouze na hluk z technického zařízení, nevztahuje se na vnější hluk. Výpočet akustického tlaku se řídí podle vzorce $A = 20 \log \frac{p}{p_0}$, kde $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ je referenční hladina akustického tlaku a p je hodnota akustického tlaku. [1]

| Budova | Typ prostoru | Hladina akustického tlaku A [dB] | |
|--------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| | | Typický rozsah | Standardní návrhová hodnota |
| Obytná budova | Obývací pokoj | 25 až 40 | 32 |
| | Ložnice | 20 až 35 | 26 |
| Komerční budova | Prodejna | 35 až 50 | 40 |
| | Obchodní domy | 40 až 50 | 45 |
| | Supermarkety | 40 až 50 | 45 |
| | Počítačové místnosti, rozlehlé | 40 až 60 | 50 |
| | Počítačové místnosti, malé | 40 až 50 | 45 |
| Kancelářská budova | Malé kanceláře | 30 až 40 | 35 |
| | Konferenční místnosti | 30 až 40 | 35 |
| | Velkoplošné kanceláře | 35 až 45 | 40 |
| | Kancelářské kóje | 35 až 45 | 40 |
| Restaurace | Jídelny, kavárny | 35 až 50 | 40 |
| | Restaurace | 35 až 50 | 45 |
| Obecné | Kuchyně | 40 až 60 | 55 |
| | Záchody | 40 až 50 | 45 |
| | Šatny | 40 až 50 | 45 |

Tabulka 2.7 – Příklady návrhových hodnot hladiny akustického tlaku A [17]

Vysoká hladina akustického tlaku (hluk) ze systémů techniky prostředí (klimatizace, vzduchotechnika – ventilátory, čerpadla, kompresory) může obyvatele prostorů rušit a bránit jim v určeném využívání prostoru. Větrání by nemělo být prováděno okny, kde hrozí vyšší venkovní hluk (např. způsobený frekventovanou dopravní situací), proto je třeba při projektování dodržovat předpisy, které stanovují požadovanou výměnu vzduchu, ale i dodržování hlukových hodnot.

3 VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE

3.1 VĚTRACÍ ZAŘÍZENÍ

Elementární funkcí větrací techniky je zabezpečení výměny vzduchu v prostoru. Větrání uzavřených prostor je výměna vnitřního vzduchu za vnější (venkovní). Tato výměna může probíhat v pravidelných časových intervalech (tzv. občasné větrání), může probíhat i dlouhodobě po celou dobu provozu (trvalé větrání). Časový interval provozu větrání se řídí podle výskytu škodlivin tak, aby byly vždy dodrženy přijatelné úrovně. Celkové větrání, tedy výměna vzduchu v celém prostoru, se navrhuje pro místnosti s rovnoměrně umístěnými škodlivinami (shromažďovací místnosti), nebo tam, kde nelze předem určit místa vzniku škodlivin. Místní větrání se navrhuje do prostor s větším zdrojem škodlivin soustředěných do vymezeného místa, popř. u velkoplošných prostor, kde jsou pracovní stanoviště umístěny pouze na určitých místech. Vzniklé škodliviny se odvádějí od zdroje pomocí místního odsávání, nebo se používá tzv. zavzdušnění, kdy se na pracoviště do míst pobytu lidí přivádí čerstvý vzduch pomocí kontových elementů vzduchotechniky (vzduchová sprcha, oáza, clona, dýza, ...). Je výhodné kombinovat obě metody větrání, jak zavzdušnění, tak místní odsávání / větrání.

3.1.1 Kvalita vnitřního vzduchu

Pro samotnou kvalitu vnitřního vzduchu neexistuje žádný ukazatel, jediná možnost zůstává ve sledování požadovaného průtoku větracího vzduchu nebo množství koncentrace CO₂. Na kvalitu vnitřního vzduchu má velký vliv lidská činnost, jako přítomnost bioodpadu, kouření, nadměrná koncentrace osob, ovšem v nemalé míře přispívají i stavební prvky budovy, jako je vybavení budovy a samotný systém techniky prostředí – HVAC (vytápění, větrání a klimatizace). Požadavek na větrání vychází ze zdravotních a komfortních kritérií stanovených normou ČSN EN 15251 (viz tabulka 3.1). Zdravotní požadavky jsou většinou dodrženy sníženou koncentrací zdrojů škodlivin, komfortní požadavky více souvisejí s vnímanou kvalitou vzduchu (pachy, podráždění).

| Kategorie | Popis |
|-----------|--|
| I | Vysoká úroveň očekávání, doporučená pro prostory obsazené velmi citlivými osobami s křehkým zdravím, se zvláštními požadavky, jako jsou např. postižení, nemocní, velmi malé děti a starší osoby |
| II | Běžná úroveň očekávání by měla být použita pro nové budovy a rekonstrukce |
| III | Přijatelná, střední úroveň očekávání použitelná pro stávající budovy |
| IV | Hodnoty mimo kritéria pro výše uvedené kategorie. Tato kategorie může být přípustná pouze pro omezenou část roku |

| Typ budovy nebo prostoru | Kategorie | Podlahová plocha v m ² /osobu | q _p | q _B | q _{tot} | q _B | q _{tot} | q _B | q _{tot} | Přídavek na kouření |
|--------------------------|-----------|--|---------------------------------|---|---|---|--------------------|----------------|------------------|---------------------|
| | | | l/s·m ² pro osoby | l/s·m ² pro budovy s velmi nízkým znečištěním vnitřního prostředí | l/s·m ² pro budovy s nízkým znečištěním vnitřního prostředí | l/s·m ² pro budovy s výrazným znečištěním vnitřního prostředí | l/s·m ² | | | |
| Jednotlivé kanceláře | I | 10 | 1,0 | 0,5 | 1,5 | 1,0 | 2,0 | 2,0 | 3,0 | 0,7 |
| | II | 10 | 0,7 | 0,3 | 1,0 | 0,7 | 1,4 | 1,4 | 2,1 | 0,5 |
| | III | 10 | 0,4 | 0,2 | 0,6 | 0,4 | 0,8 | 0,8 | 1,2 | 0,3 |
| Restaurace | I | 1,5 | 7,0 | 0,5 | 7,5 | 1,0 | 8,0 | 2,0 | 9,0 | |
| | II | 1,5 | 4,9 | 0,3 | 5,2 | 0,7 | 5,8 | 1,4 | 6,3 | 5,0 |
| | III | 1,5 | 2,8 | 0,2 | 3,0 | 0,4 | 3,2 | 0,8 | 3,6 | 2,8 |
| Obchodní dům | I | 7 | 2,1 | 1,0 | 3,1 | 2,0 | 4,1 | 3,0 | 5,1 | |
| | II | 7 | 1,5 | 0,7 | 2,2 | 1,4 | 2,9 | 2,1 | 3,6 | |
| | III | 7 | 0,9 | 0,4 | 1,3 | 0,8 | 1,7 | 1,2 | 2,1 | |

Tabulka 3.1 –Příklady doporučených průtoků větracího vzduchu [17]

| | | |
|------------------|---|--------------------|
| q _{tot} | celkový průtok větracího vzduchu do místnosti | l/s |
| n | návrhový počet osob v místnosti | - |
| A | podlahové plocha místnosti | m ² |
| q _B | průtok větracího vzduchu pro emise z budovy | l/s·m ² |
| q _p | průtok větracího vzduchu na osobu | l/s/osobu |

Celkový průtok větracího vzduchu pro místnost lze vypočítat pomocí rovnice [17]:

$$q_{tot} = n \cdot q_p + A \cdot q_B$$

Následující dvě tabulky udávají požadované průtoky větracího vzduchu pro odvod emisí (tabulka 3.2) a průtoky větracího vzduchu pro nebytové prostory podle znečištění vnitřního prostředí (tabulka 3.3).

| | Budovy s velmi nízkým znečištěním vnitřního prostředí | Budovy s nízkým znečištěním vnitřního prostředí | Budovy s významným znečištěním vnitřního prostředí |
|----------------|---|---|--|
| Kategorie I: | 0,5 l/s·m ² | 1,0 l/s·m ² | 2,0 l/s·m ² |
| Kategorie II: | 0,35 l/s·m ² | 0,7 l/s·m ² | 1,4 l/s·m ² |
| Kategorie III: | 0,3 l/s·m ² | 0,4 l/s·m ² | 0,8 l/s·m ² |

Tabulka 3.2 – Průtoky větracího vzduchu (q_B) pro odvod emisí z budovy [17]

| Kategorie | Průtok větracího vzduchu na osobu l/s/osobu | Průtok vzduchu pro emise škodlivin z budovy (l/s·m ²) | | |
|-----------|---|---|---|--|
| | | Budovy s velmi nízkým znečištěním vnitřního prostředí | Budovy s nízkým znečištěním vnitřního prostředí | Budovy s významným znečištěním vnitřního prostředí |
| I | 10 | 0,5 | 1 | 2 |
| II | 7 | 0,35 | 0,7 | 1,4 |
| III | 4 | 0,2 | 0,4 | 0,8 |

Tabulka 3.3 – Doporučené průtoky větracího vzduchu pro nebytové prostory [17]

3.1.2 Systémy větrání

Větrací systémy lze rozdělit podle toho, jestli k výměně vzduchu dochází samočinně, nebo zda jsou nuceně využity mechanické pomůcky (ventilátory). Rozlišujeme větrání: [1]

- **přírozené** – uplatňuje se v provozech s přebytkem tepla, kde se spíše i z ekonomických hledisek upřednostňuje přírozené větrání před nuceným
- **nucené** – vyvoláno mechanicky pomocí ventilátorů, řešíme přívod nebo odvod vzduchu

Přírozené větrání

Pohyb a výměnu vzduchu vyvolávají přírozené podněty (gravitace, kinetická energie větru). Při běžném užívání budovy se vytvářejí tlakové rozdíly a tím i podmínky pro pohyb a výměnu vzduchu. U tohoto větrání není zapotřebí energie, z tohoto důvodu se jedná o neekonomičtější druh větrání.

Rozlišujeme dva typy přírozeného větrání, jednak **přírozené větrání vyvolané gravitační silou**, které je založeno na různé hustotě vnějšího a vnitřního vzduchu v důsledku jejich rozdílné teploty. Teplý vzduch stoupá díky menší hmotnosti nahoru a chladnější zase naopak klesá. Pokud je v místnosti zdroj tepla, shromažďuje se pak u stropu teplejší vzduch, než u podlahy. Druhým typem je **přírozené větrání vyvolané silou větru**, které se projevuje především na návětrných stranách, na nichž vítr mění svou kinetickou energii na tlak, čímž se vytváří přetlak oproti atmosférickému tlaku. Na protějších odvrácených stěnách a střeších tak vzniká podtlak díky obtékání větru, který narazil na návětrnou stranu. Výsledný tlak, který vzniká v místnosti, je pak závislý na mnoha faktorech (např. rychlost a směr proudění větru, tvaru a poloze budovy, terénu v okolí budovy atd.). Rozložení tlaku na budově pláště je důležité pro správný návrh umístění přívodních a odvodních otvorů pro větrání a odvod škodlivin. Mezi druhy přírozeného větrání patří:

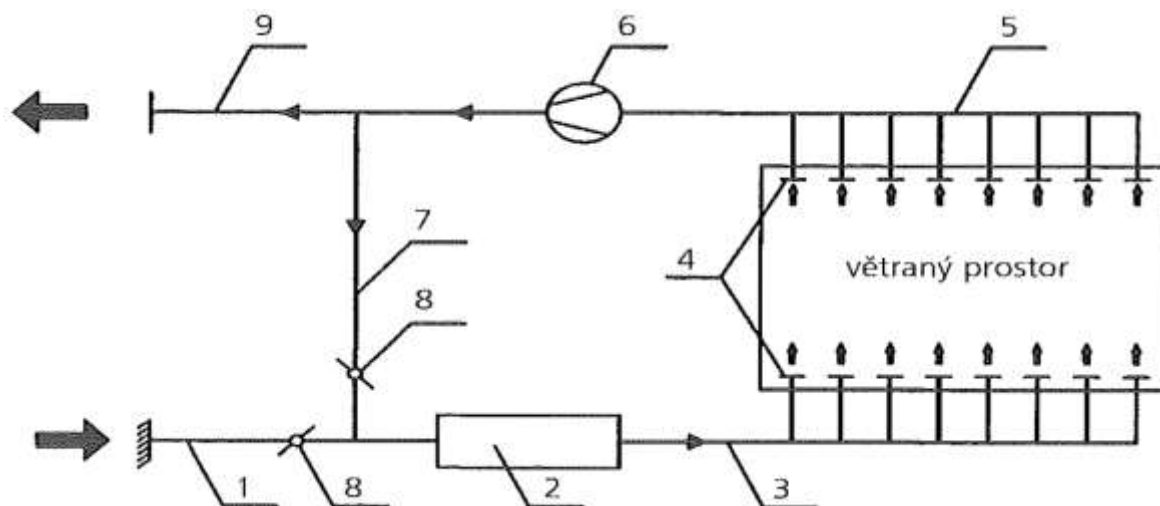
- **infiltrace** – do budovy čerstvý vzduch proniká spárami oken a dveří působením gravitační síly a větru; jedná se o nekontrolovatelné, nežádoucí a co do intenzity nestálé větrání
- **aerace** – průtokem vzduchu větranými místnostmi zabezpečuje odvod škodlivin, nejčastěji se využívá v průmyslu, lze jej regulovat (např. v podlaze průmyslové haly je umístěn kanálek, kterým se přivádí čerstvý vzduch a pomocí střešního světlíku se vnitřní vzduch odvádí)
- **šachtové větrání** – používá komínový efekt, kdy je větrací otvor v místnosti zaústěn do speciální svislé šachty, kterou se vzduch odvádí nad střechem budovy, šachta je zakončena tzv. samotahovou hlavicí, která zvyšuje účinnost za větru (účinnost šachty při bezvětrí je velice nízká), nejčastěji se navrhuje u WC, koupelen a místností ve středu obytné budovy
- **větrání okny (provětrávání)** – běžný způsob větrání, není vhodné u průmyslových zón a městských zástaveb, jelikož se s neupraveným vzduchem přenáší i vnější hluk (v tomto případě je výhodnější nucené větrání), energeticky úsporné při dodržení hlavních zásad (větrat krátce, často a velkými otvory)

Nucené větrání

K nucenému větrání je pro dopravu vzduchu zapotřebí mechanická práce ventilátoru poháněného elektromotorem, je tedy vždy zapotřebí elektrická energie, čímž se nucené větrání stává energeticky a ekonomicky nákladnější, než přirozené větrání. Vzduch je rozváděn do místností pomocí speciálního potrubí (vzduchovodu), pomocí ventilátoru pak lze překonat jeho hydraulický odpor (tlakové ztráty), který se zvětšuje s rozlehlostí větraného objektu a členitostí sítě vzduchovodů. Odpor vzduchovodů se zvětšuje také přidáním zařízení na úpravu vzduchu (zvlhčovačů, filtrů, výměníků tepla apod.). Podle využití prvků na úpravu vzduchu se nucené větrání dělí na **větrání bez úpravy vzduchu**, větrání s částečnou úpravou vzduchu (**teplovzdušné větrání**) a nucené větrání s kompletní úpravou vzduchu (**klimatizace**). Nejčastější nucené větrání je takové, kdy nuceně přivádíme i odvádíme vzduch z místnosti. V tomto případě mohou nastat 3 případy větrání, ve kterých je důležitým prvkem vzniklý tlak v místnosti:

- **rovnotlaké větrání** – množství přiváděného vzduchu je v rovnováze s odváděným vzduchem
- **přetlakové větrání** – do místnosti je přiváděno více vzduchu, než se odvádí
 - používá se u prostor, kde je potřeba zabránit vniknutí neupraveného vzduchu do větrané místnosti ze sousedních prostorů (např. operační sály, výroby elektronických součástek apod.)
 - ventilátorem se do místnosti vhání čerstvý vzduch, znečištěný vzduch je pak přirozeně vytlačován pryč z místnosti díky netěsnostem spár oken a dveří, popř. vsazenými mřížkami, či přetlakovými klapkami
- **podtlakové větrání** – z místnosti se odvádí více vzduchu, než se do ní přivádí
 - využíváme u provozů, kde chceme zabránit úniku znečištěného vzduchu do okolních prostor (v průmyslových provozech, laboratořích pro práci s nebezpečnými látkami, kuchyních, jídelnách, sociálních zařízeních apod.)
 - ventilátorem se odvádí vzduch z místnosti, kde vlivem mírného podtlaku dochází opět za pomoci spár, speciálních otvorů či podtlakových klapek k nasávání vzduchu z okolního prostoru

Na obrázku 3.1 je zobrazen základní princip nuceného větrání, kde je čerstvý vzduch (1) přiváděn přes regulační klapku (8) k větrací jednotce (2), z níž vystupuje upravený vzduch (3) do větraného prostoru přes přívodní a odvodní vyústky (4). Odváděný vzduch (5) z místnosti je nasáván ventilátorem (6), kde se rozdělí vzduch z místnosti do dvou potrubí. Jedním se použitý vzduch vypouští ven (9), ale také se může využít rekuperace tepla a vrátit tak cirkulační vzduch (7) zpět přes klapku (8) do přívodu čerstvého vzduchu (1), který se tímto z části upraví na teplotu místnosti. [1], [7], [8]



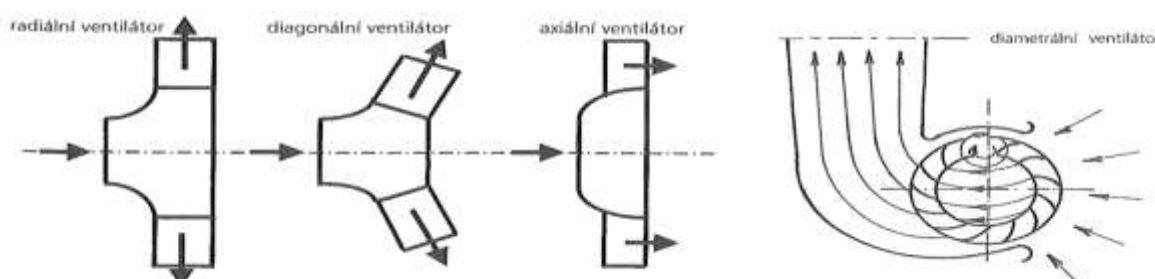
Obrázek 3.1 – Princip nuceného větrání [7]

3.1.3 Části vzduchotechnických systémů

Ventilátory

Ventilátory tvoří základní prvek nuceného větrání. Obecně patří ventilátory mezi lopatkové stroje a jejich úkol je doprava a stlačování tekutin. Jejich primárním úkolem v oblasti VZT je překonávání tlakových ztrát, které vznikají ve vzduchovodech jednak díky samotné složitosti členění, ale také kvůli zařízením pro úpravu vzduchu, které do vzduchových systémů přidáváme. Ventilátory dělíme podle různých kritérií, důležité je dělení podle směru průtoku vzduchu oběžným kolem:

- **axiální** – vzduch proudí ve směru osy rotace oběžného kola
- **radiální** – pomocí lopatek ventilátoru se v axiálním směru (ve směru osy rotace oběžného kola) nasává vzduch, ten se pak vytlačuje ve směru kolmém na směr rotace
- **diagonální** – vzduch proudí do ventilátoru v axiálním směru, ovšem nevytlačuje se ve směru kolmém jako u radiálního ventilátoru, ale ve směru proudění oproti ose menším než 90°
- **diametrální** – směr proudění vzduchu leží v rovině kolmém na osu rotace, vzduch prochází kvůli urychlení lopatkovou mříží dvakrát



Obrázek 3.2 – Typy ventilátorů využívané ve vzduchotechnice [7]

Podle dopravního tlaku dělíme ventilátory na:

- **nízkotlaké** – do 1 kPa
- **středotlaké** - 1 až 3 kPa
- **vysokotlaké** – nad 3 kPa

Dále lze dělit ventilátory podle přenosu energie (podle spojení motoru s rotorem ventilátoru), nebo podle typu pohonu (elektrické motory, stlačený vzduch, spalovací motory). Mezi důležité parametry, které u ventilátorů hodnotíme, patří:

- **dopravní tlak ventilátoru** Δp [Pa]
- **výkon ventilátoru** P [W]
- **účinnost ventilátoru** η [-]
- **objemový průtok vzduchu ventilátorem** \dot{V} [m^3/s]
- **otáčky ventilátoru** n [s^{-1}]
- **rozměry ventilátoru** (průměr, šířka kola, plocha lopatek)
- **tlaková a výkonová charakteristika ventilátoru** – souvisí s jeho výkonem (P), dopravním tlakem (Δp) a objemovým průtokem vzduchu (\dot{V})

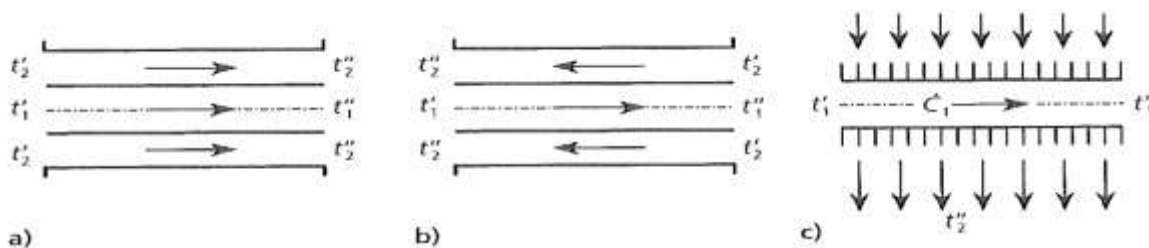
Výměníky tepla

Mezi výměníky tepla se řadí ohřivače a chladiče, které slouží na změnu teploty vzduchu. Výměník je zařízení, v němž teplejší vzduch odcházející z místnosti předá část své teploty čerstvému vzduchu přicházejícímu do místnosti (viz obr. 3.3). To vše se děje bez vzájemného promíšení obou tekutin v případě povrchových výměníků (rekuperační a regenerační), ale i se vzájemným mícháním obou tekutin – kontaktní výměník (směšovací). Mezi výměníky lze kromě ohřivačů a chladičů zařadit kondenzátory a výparníky. U chladičů a ohřivačů vzduchu se rozlišují tři základní druhy výměníků tepla:

- **rekuperační** – přenos energie se uskutečňuje stěnou výměníku, která obě tekutiny odděluje
- **směšovací** – např. sprchové komory, zde nastává přenos tepla mezi tekutinami jejich bezprostředním stykem, teplosměnnou plochou (přenosovým povrchem) bývá např. povrch vodních kapek, které se odpařují v proudu vzduchu
- **regenerační (entalpické)** – tepelně-akumulační výplň výměníku je střídavě (v určitých časových intervalech) ve styku s ochlazeným a ohřivaným vzduchem

Podle toku tekutin rozlišujeme navíc tři druhy výměníků, a to:

- **souproudý** výměník – obě tekutiny proudí paralelně a souběžně
- **protiproudý** výměník – tekutiny proudí paralelně, ale míjejí se proti sobě
- **křížový** výměník – tekutiny se vzájemně setkávají v příčných směrech



Obrázek 3.3 – Druhy výměníků z hlediska proudění tekutin
(a-souprroudý, b-protiproudý, c-křížový) [7]

Vlhčící zařízení

Vlhčící zařízení zkvalitňují vnitřní prostředí (a tím i teplenou pohodu) v klimatizovaném prostoru, ve kterém se vlivem vytápění vlhkostní podmínky zhoršují. Nejčastěji se setkáváme s vlhčením pomocí odpařovacích nádob na otopných tělesech, přitom tento způsob je zcela nevyhovující, a to jednak kvůli nízké účinnosti, ale i hygienickým požadavkům, neboť málokdo doplňuje a pravidelně nádobu na odpařování čistí. Z takového zařízení se pak stává líheň na bakterie a plísně. Při strojním vlhčení je důležité desinfikovat zvlhčený vzduch např. pomocí UV lampy, nebo speciálními filtry.

Vzduch můžeme vlhčit pomocí tří základních způsobů:

- **přímo ve větraném prostoru** (jednotkovými zvlhčovači nebo soustavou dýz)
 - nízké investiční i provozní náklady, lze přivést více vlhkosti než ústředním zařízením
- **v přívodních vzduchovodech** (kanálovými jednotkami)
 - všude tam, kde nelze umístit vlhčící zařízení přímo do větraného prostoru (kvůli konstrukčnímu omezení)
- **v klimatizačních jednotkách** (pomocí speciálních zvlhčovacích prostředků – vodní pračky, parní zvlhčovače) - vhodné pro centrální úpravu vzduchu ve větších budovách

Zvlhčovací zařízení existuje dvojího druhu:

- **VODNÍ ZVLHČOVAČE** – vlhčení vodou (adiabatický proces), několik druhů, např.:
 - **hladinové** - mají nízký výkon, jsou závislé na rychlosti průtoku a teplotě vzduchu nad odpařovaným povrchem, teplotě samotné odpařované vody
 - **kotoučové odpařovače** - s nasákvými kotouči, kde spodní část je namočená ve vodě a vrchní část vyčnívá do proudu vzduchu
 - **deskové odpařovače** – využívají se u teplotovzdušného vytápění, kde se z keramických odpařovacích desek zvlhčuje vzduch ve vzduchovodu
 - **blánové (pračky vzduchu)** - zvlhčovače s nehybnými nebo naopak otáčivými vložkami (vlhkými filtry)
 - **pneumatické rozstřikovače a rozprašovače** – sprchové komory, dýzy (umísťují se většinou před vyústky přiváděného vzduchu, nebo také přímo do prostoru)
- **PARNÍ ZVLHČOVAČE** – vlhčení parou (izotermický proces), pára je přivedena většinou z centrálního zdroje (parní generátor) nebo vlastního zdroje páry, energeticky velmi náročné, jednoduchá regulace, prostorově nenáročné

Filtry

Filtrování atmosférického vzduchu patří mezi základní způsoby, jak udržet čistotu vnitřního ovzduší na žádané hodnotě. Vzduchové filtry jsou nepostradatelnou součástí odsávacích systémů v klimatizačních systémech, kde navrhujeme zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu rekuperací. Základ všech filtrů tvoří vláknitá filtrační vrstva, přes kterou vzduch prochází.

U filtrů nás zajímá jeho **účinnost** (účinek odlučovací schopnosti filtru na odlučování nečistot a příměsí ve vzduchu) a **tlaková ztráta** filtru (roste se zanášením filtru nečistotami, proto je důležité udržovat filtry neustále čisté). Filtry lze rozdělit do dvou hlavních kategorií a následných tříd:

- **filtry pro běžné větrání** – normované požadavky jsou uvedeny v ČSN EN 779, dělí se na:
 - **filtry pro hrubou filtraci** (G1-G4) – odloučení směsi jemného písku, sazí a bavlněných vláken
 - **filtry pro jemnou filtraci** (F5-F9) - filtrace částic větších než 0,4 μm
- **vysoce účinné filtry** – požadavky uvedeny v ČSN EN 1822, filtrace částic 0,2 až 0,5 μm
 - **filtry HEPA** (High Efficiency Particulate Air Filter) – označení H10 – H14
 - **filtry ULPA** (Ultra Low Penetrating Air Filter) – označení U15 – U17
- **absorpční (vstřebávací) filtry** – základem je aktivní uhlí, aktivní koks nebo saze
 - zachycují plynné příměsi, používají se v náročných provozech s výskytem toluenu, benzínu, pachů z čistíren vod a nemocničních pachů, škodlivin při svařování apod.

Třídy filtru se volí podle výskytu nečistot a požadavku na čistotu prostředí. Filtrování vzduchu se provádí také kvůli ochraně vlastního větracího a klimatizačního zařízení před znečištěním (kontaminací) ze speciálních provozů (zdravotnictví, farmacie, biotechnologie). Filtry lze rozdělit podle provedení na:

- filtry pro běžné větrání (**prachové filtry**) – vložkové a pásové filtry
- filtry pro vysoce účinné větrání (**aerosolové filtry**) – vložkové filtry

Vložkové filtry jsou takové, které jsou na míru sestaveny formou vyměnitelných vložek, které se vkládají do skříní nebo rámců. Pásové filtry jsou vlastně odvinovací filtrační materiály, které se postupně (při zanešení) odvinují a jsou tak neustále čisté. Materiály, ze kterých jsou filtry vyrobeny, jsou nejčastěji:

- **rohože ze silnějších** syntetických nebo skleněných **vláken**
- **rouna z jemnějších** minerálních (skleněných), syntetických nebo organických (celulózových) **vláken**
- **vpichované textilie** (syntetická vlákna)
- **filtrační papíry** z jemných skleněných nebo organických vláken – především u HEPA a ULPA

Strojovny VZT

Větrací a klimatizační jednotky mohou být provedeny jako autonomní zařízení umístěné v interiérech či jejich bezprostřední blízkosti, nebo lze využít centrální zařízení osazená ve strojovnách vzduchotechniky (VZT). Strojovny VZT se umísťují tak, aby se zjednodušila síť vzduchovodů (ideálně uprostřed budovy), ale jelikož je kromě jiného třeba dbát na akustické rušení, které při provozu nastává, tak nejčastější vhodné umístění strojoven je v suterénech a na střechách budov (u vysokých budov je to kombinace obou). Strojovny VZT mohou být umístěny i v tzv. technických podlažích, což je opět využíváno u vyšších budov. Umísťování uvnitř budov je pozitivní jednak z hlediska ochrany zařízení před nepříznivými klimatickými podmínkami, dále kvůli zabránění vzniku tepelných mostů při nově vzniklých otvorech v budově, ale také kvůli servisním úkonům, které je možné vykonávat nezávisle na počasí. Nevýhodou uložení strojoven uvnitř budov je především v dispozičním omezení prostoru a tedy zvýšení investičních nákladů na stavbu.

Vzduchotechnické potrubí (vzduchovody)

Vzduchovody tvoří členitou distribuční síť, na níž je ve velké míře závislá celá funkce větracího a klimatizačního zařízení. Slouží pro přívod a odvod vzduchu určeného k větrání nebo klimatizaci, a také k odvodu vnitřního vzduchu z místnosti. Spolu s koncovými elementy tvoří podstatnou část investičních nákladů. Důležité je správné projektování rozvodů a dimenzování jejich tlakových ztrát. Konstrukci vzduchovodů lze rozdělit také do dvou hlavních kategorií, a to:

- **vnořené do konstrukce budovy** – zděné nebo betonové kanály jako součásti budov, větší rozměry, vnitřní stěny z hladké nedrobové omítky, důležité dodržení technologických postupů (složitě se opravují), průřezný profil (minimálně 0,5x0,5 m)
- **oddělené od stavebních konstrukcí** – z pozinkovaného plechu (životnost 20 až 25 let), zavěšené na konstrukci budovy (pod stropy, na stěnách apod.)
 - **čtyřhranné** – lepší přizpůsobení stavbě
 - **kulové** – při stejném průřezu má menší obvod, proto je spotřeba materiálu menší, méně se zanášejí, vyrábí se ze svitkového plechu SPIRO

U vzduchovodů je při návrhu potřeba dodržovat:

- **rychlost vzduchu v potrubí** – neměla by překročit 6 – 8 m/s, v odbočkách 3 - 5 m/s
- **dimenzování na stálý statický tlak v celém potrubí** – zabráníme další nutné regulaci
- **tepelnou izolaci** – zabrání změně teploty upraveného vzduchu a zamezí kondenzaci
- **spádování** – důležité pro odvod kondenzátu
- **ochranné nátěry** – zvyšují obranu proti korozi v agresivních podmínkách
- **správné vyztužení a uchycení** – zabraňuje přenášení vibrací a deformaci vzduchovodů

Vzduchovody lze rozdělit i podle tvarovatelnosti a materiálu, ze kterého jsou vyrobeny:

- ocelové potrubí z pozinkovaného plechu – klasické čtyřhranné a kruhové potrubí
- částečně ohebné kruhové hliníkové potrubí
- ohebné hadice z hliníkové fólie nebo zpevněné tkaniny potažené PVC
- polystyrenové čtyřhranné potrubí potažené hliníkovou fólií
- potrubí měděné, kameninové, plastové či z nerezavějící oceli – pro agresivní prostředí

Uložení vzduchotechnického potrubí může být provedeno:

- zavěšením pomocí **objímkových (trapézových) stropních závěsů** – u kruhového potrubí
- položením na **vetknuté stěnové konzole** – používá se hlavně u železobetonových konstrukcí staveb, pro střední a velké rozměry vzduchovodů

Nezbytné součásti vzduchovodů tvoří:

- **TVAROVÉ KUSY** – pro spojení vzduchovodů, způsobují změnu rychlosti proudění vzduchu, charakteristické jsou koeficientem místního odporu (důležité pro návrh takových ztrát)
 - **kolena, oblouky, rozbočky** – každé jsou specifické svým místním odporem
- **REGULAČNÍ PRVKY** – svou konstrukcí způsobují změnu průtoku vzduchu
 - **regulační klapky** – otáčením listových klapek v potrubí se mění průtok vzduchu
 - **škrticí klapky a clony** – představují regulovatelný místní odpor (lze tak regulovat celkový hydraulický odpor v části vzduchovodu)
 - **expanzní komory** – součásti vysokotlakých rozvodů vzduchovodů, slouží ke snížení tlaku části vzduchovodu na požadovanou hodnotu
 - **směšovací komory** – zde se míchá vzduch se dvěma rozdílnými teplotami na žádanou hodnotu
 - **protipožární klapky** – montují se do vzduchovodů, které procházejí dvěma požárními úseky, primární funkcí je uzavřít přívod vzduchu
- **KONCOVÉ PRVKY** – zabezpečují správnou funkci větracích zařízení, popsány níže

Distribuční (koncové) prvky vzduchotechnického potrubí

Podle hlavní funkce, kterou plní, se dělí na dvě hlavní kategorie:

- **NASÁVACÍ A VÝFUKOVÉ PRVKY** – určené pro zakrytí nasávacích či výfukových otvorů
 - **protidešťové žaluzie** – chrání výfuk vzduchotechnického potrubí před nepříznivými klimatickými podmínkami na vnější straně budovy
 - **výfukové hlavice a stříšky** – brání vnikání větru, deště a nečistot do vyústěného svislého potrubí na střeše



Obrázek 3.4 – Nasávací a výfukové prvky (žaluzie, hlavice) [28]

- **DISTRIBUČNÍ PRVKY** – určeny pro přívod nebo odvod vzduchu z / do větraného prostoru, zakončují potrubní síť, mají vliv na prostorové proudění vzduchu a na rozdělení teplot v místnosti (dokáží velice ovlivnit teplenou pohodu)
 - **vyústky** – mají většinou přestavovatelné lamely, které zajišťují míchání vzduchu se vzduchem v prostoru, mají čtvercovou nebo kruhovou čelní desku, montáž je většinou do mezistropu nebo volně, netradičním řešením jsou **textilní vyústky** (montáž do barů, sportovních hal, restaurací, prodejen)
 - **anemostaty** – sestaveny z rozšiřujících se prstenců nebo mřížek, které vytvářejí soustřední průduchy pro vzduch; vyfukovaný vzduch proudí všemi směry, většinou mají stavitelné lamely
 - **štěrbiny** – využití pro komfortní větrání v prostorech s požadovanou velkou výměnou vzduchu (při malých rychlostech)
 - **dýzy** – vhodné do prostor s velkou výškou (konferenční sály, haly, atria), výdej vzduchu je vysokorychlostní s menším objemovým průtokem (proto mají velký dosah proudu a nízkou hlučnost)
 - **perforovaný strop** – doporučuje se do nízkých místností, malá rychlost vydávaného vzduchu
 - **talířové ventily** – pro přívod i odvod vzduchu, jsou připojeny na flexibilní potrubí, střední disk umožňuje vyšroubováním regulovat průtok vzduchu
 - **dveřní mřížky** – průzorové či neprůzorové, montáž do dveří z místností, kde je tlakové větrání (účelem mřížky je vyrovnání tlaku v obou místnostech)

Rychlost proudění vzduchu u distribučních prvků, které jsou zavedeny do zóny s lidmi, by se měla pohybovat maximálně v rozmezí 0,35 až 0,5 m/s. Co se týče maximálních rychlostí ve vyústkách, tak u kin může dosahovat rychlost vzduchu z vyústek 3 - 5 m/s, v obchodních domech a administrativních budovách je to 5 – 6 m/s, v průmyslových provozech je dovolená nejvyšší rychlost až 10 m/s. [1], [7]



Obrázek 3.5 – Distribuční prvky (vyústka, anemostat, štěrbina, dýza a ventil) [28]

3.2 KLIMATIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ

Klimatizační zařízení jsou zařízení, která jsou určena pro nucené větrání a jsou schopna vykonávat základní psychometrické funkce (ohřev, chlazení, zvlhčování a odvlhčování). Jejich primárním úkolem je:

- přivádět a odvádět vzduch z místnosti (snižovat tak obsah škodlivin v prostoru)
- odvádět teplo (snižovat tepelnou zátěž) a kompenzovat tepelné ztráty
- zabezpečovat vhodné mikroklima (jednak teplotní, ale i vlhkostní)
- udržovat v budově vyvážený tlak, aby nedocházelo k nežádoucí výměně vzduchu

Klimatizační zařízení jsou nejčastěji variabilně sestavené stavebnicové jednotky z několika dílů podle potřeby na úpravu klimatizovaného prostoru. Jako kompaktní celek pak mohou vykonávat požadované funkce. Z konstrukčního hlediska rozeznáváme klimatizační zařízení:

- **jednotkové (interiérové)** – kompaktní klimatizační zařízení, které může být vestavné, skříňové, parapetní, podstropní, okenní apod.
- **centrální (ústřední)** – pro větší budovy, umísťují se ve strojovnách, technických podlažích či na střechách

Podle použité chladicí techniky rozeznáváme klimatizační jednotky s chlazením:

- **nepřímým** – chladič vzduchu je zásobován chladicí vodou z centrálního zdroje chladu
- **přímým** – chladič vzduchu tvoří výparník kompresorové chladicí jednotky

3.2.1 Centrální (ústřední) klimatizační zařízení

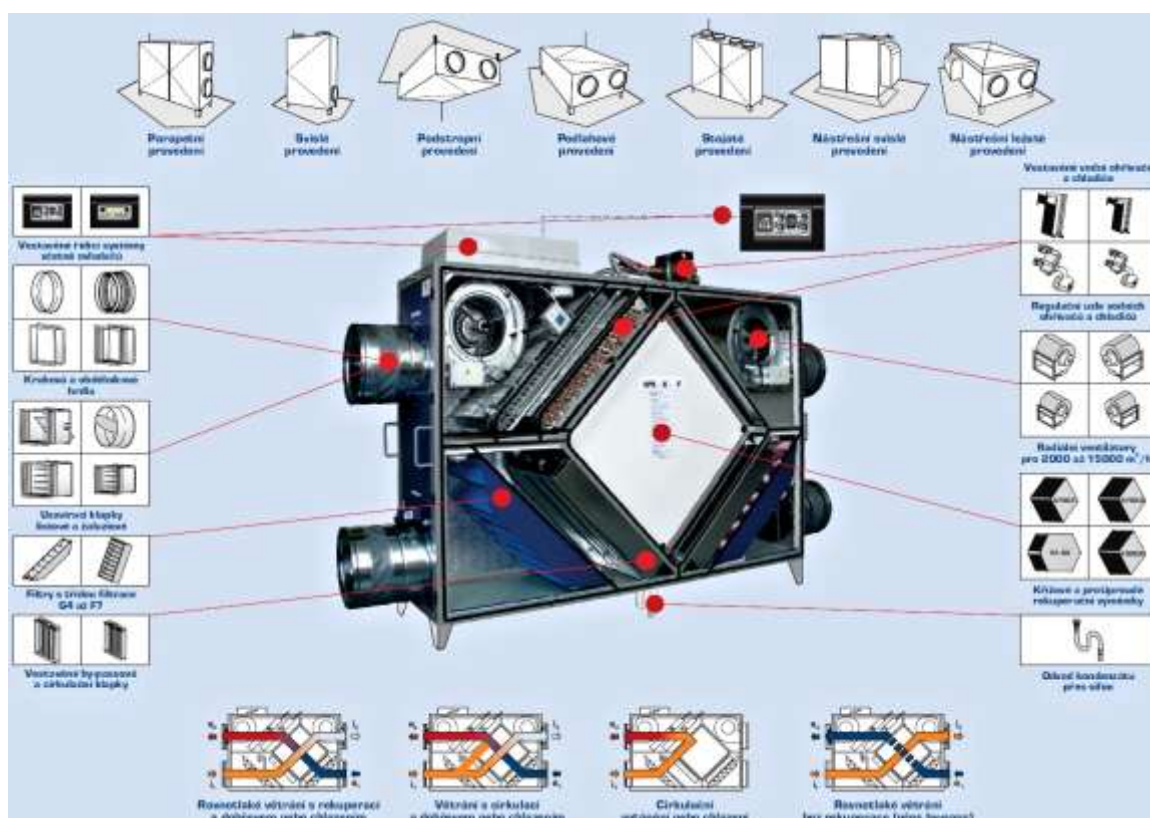
U tohoto klimatizačního zařízení probíhá úprava vzduchu centrálně z klimatizační jednotky a následně se rozvádí do jednotlivých místností již upravený vzduch.

Komorové (zděné) klimatizační jednotky

Jedná se většinou o cihlově sestavené, případně betonové či plechové komory, jejichž stěny mají vestavěné prvky pro úpravu vzduchu. Jejich použití je výjimečné, uplatňují se hlavně u vyšších průtoků upravovaného vzduchu (více než 100 000 m³/h). Zvyšují stavební náklady a znepříjemňují dodatečné úpravy či rekonstrukce klimatizačních jednotek, jelikož je nutné při opravě většinou vybourávat stěny komory. Komory mají vzduchotěsné dveře pro případnou revizi jednotky. Nejčastěji se využívá kombinace komorových jednotek s vnořenými vzduchovody do konstrukce budovy. Tyto jednotky nacházejí uplatnění pouze v technologických objektech, např. textilní průmysl. Umísťují se do suterénu budovy. Velice často se tyto systémy nahrazují sestavnými klimatizačními jednotkami.

Kompaktní (blokové) klimatizační jednotky

Tyto jednotky jsou sestaveny z jednoho celku (viz obr. 3.6), ovšem mají omezené možnosti změny funkcí. Pro chlazení vzduchu je možné využít vodní chladič s přívodem chladicí vody nebo vypařovací chladič s přívodem chladiva z vlastní kompresorové chladicí jednotky. Ohřev vzduchu může probíhat pomocí elektrického, teplovodního nebo parního ohřívače. Vlhčení se provádí vodním nebo parním zvlhčovačem. Tímto ale v zásadě možné úpravy blokové klimatizační jednotky končí. Jednotky lze v každém případě ještě dovybavit filtračními částmi nebo výměníkem pro zpětné získávání tepla.



Obrázek 3.6 – Kompaktní vzduchotechnická jednotka [převzato z www.atrea.cz]

Sestavné klimatizační jednotky

Jde o jednotky v centrálních strojovnách vzduchotechniky, které jsou složeny hlavně ze směšovací a filtrační komory, komory ohřívače a chladiče, rekuperační komory pro zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu, vlhčící komory s pračkou vzduchu či parním zvlhčovačem, ventilátorové komory aj. Tyto klimatizační jednotky vhodné např. pro teplovzdušné větrání obsahují filtrační komoru, ohřívač vzduchu a ventilátorovou komoru, dále pro klimatizaci společenských místností, prodejen, restaurací, tělocvičen, laboratoří, průmyslových objektů apod. Instalace sestavných klimatizačních jednotek se provádí většinou na střechu budovy, případně do strojoven VZT.

3.2.2 Jednotkové (interiérové) klimatizační zařízení

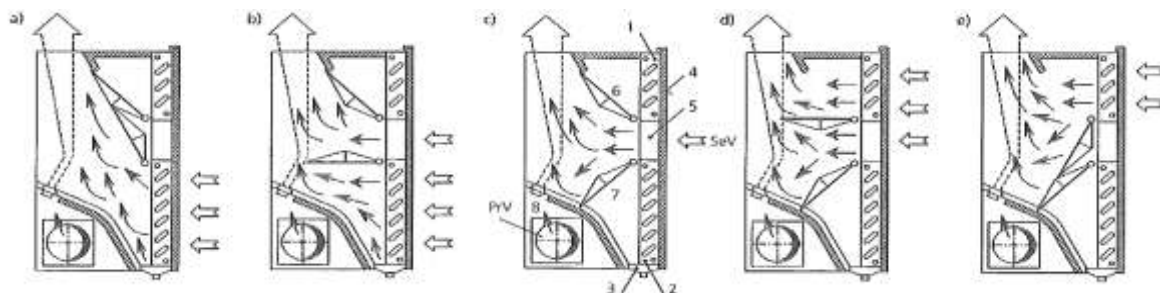
Jednotkové, nebo také interiérové či decentrální klimatizační zařízení jsou jednoduché kompaktní jednotky sestavené z funkčních celků podle toho, jakou od nich očekáváme funkci. Jsou to průmyslově vyráběné celky určené pro instalaci přímo do větraných prostorů. Jednotkové klimatizační jednotky mohou pracovat s oběhovým vzduchem nebo se směsí oběhového a čerstvého (vnějšího) vzduchu. Podle umístění v prostoru dělíme interiérové klimatizační zařízení na nástřešní, nástěnné (podstropní), skříňové (vertikální), podokenní (horizontální) a indukční. Interiérové klimatizační zařízení mohou být provedeny formou **mobilního zařízení** (mobilní klimatizační jednotka), které se umístí kamkoli do prostoru, nebo častěji v podobě **pevně umístěné jednotky** (v podhledu pod stropem, nad oknem, na stěně, ve speciální instalační skříni apod.), kde je nutné přivést kromě elektrické energie (kromě indukční klimatizace, která elektrickou energii nepotřebuje) také rozvody teplé i studené vody, popřípadě přípojku plynu (u speciálních výhřevných klimatizačních jednotek).

Výhodou interiérových jednotek je jejich kompaktnost, možnost snadné regulace, nižší náklady na instalaci, možnost instalace přímo do řešených prostorů a především schopnost pracovat bez centrální strojovny VZT a také nenutnost vzduchových rozvodů. Nevýhodami jsou omezený výkon, menší variabilita distribuce vzduchu v místnosti a zvýšená hlučnost.

Indukční jednotky

Jedná se o koncové prvky vysokotlakého klimatizačního zařízení, které se umísťují pod okenní parapety. Venkovní vzduch je upravovaný ústřednou klimatizačního zařízení na přibližně 15 °C, přičemž se tento (primární) vzduch přivádí kruhovým potrubím rychlostí 15-30 m/s do tlakových komor indukční jednotky, odkud vystupuje přes dýzy vysokou rychlostí do místnosti, kde se k němu díky indukčnímu účinku přisává vzduch v místnosti (sekundární vzduch). Teplotní úprava vzduchu probíhá vodními výměníky, které mohou být dva - zapojené paralelně (větší výměník chladí a menší ohřívá), nebo jeden (výměník zároveň ohřívá a chladí). Výkon se reguluje na straně vody (sekvenčními ventily), nebo na straně vzduchu (klapkami). Na obrázku 3.7 je znázorněn princip indukčních klimatizačních jednotek, přičemž může nastat pět různých variant řešení klimatizace:

- a) **chceme maximální chladicí výkon** – všechny sekundární vzduch proudí chladičem
- b) **stačí menší chladicí výkon** – část sekundárního vzduchu jde chladičem, část obtokem
- c) **stačí chladicí výkon venkovního vzduchu** – všechny sekundární vzduch proudí obtokem
- d) **stačí menší ohřívací výkon** – část sekundárního vzduchu jde ohříváčem, část obtokem
- e) **chceme maximální ohřívací výkon** – všechny sekundární vzduch proudí ohříváčem



Obrázek 3.7 – Princip indukční klimatizační jednotky [7]

Ventilátorové (FCU) jednotky

Ventilátorově – konvektorové jednotky (tzv. fancoil unit, FCU) pracují na principu nasátí vzduchu z místnosti, jeho upravení a následném vypuštění zpět do místnosti přes vodní výměník (konvektor). Do ventilátorových jednotek přivádíme většinou navíc čerstvý vnější vzduch pomocí centrálního vzduchovodu či beztlakého společného kanálku, odkud si jednotka sama nasaje čerstvý vzduch. FC jednotky běžně neobsahují zvlhčovač vzduchu.

Ventilátorová jednotka se používá ve vodních soustavách, na kterých jsou napojeny výměníky (ohřívače, chladiče). Výměník je v jednotce umístěn buď jeden, za pomoci něhož se vzduch může ohřívat i chladit, nebo obsahují dva výměníky umístěné za sebou (výkon výměníku regulujeme na straně vody) či vedle sebe (výkon výměníku regulujeme pomocí klapky na straně vzduchu). Výměníky nelze z důvodu vyšších nároků na hydraulický odpor připojovat k existujícím rozvodům topné vody.

Z hlediska investic se jedná o výhodný typ klimatizace, jelikož jsou levnější než např. indukční jednotky (nevyžadují totiž speciální strojovnu, jsou to kompaktní poměrně malá zařízení, prostorově zabírají místo podobně jako mobilní jednotky). FCU jsou vhodné do všech typů budov, dobře se díky svým prostorovým nárokům využijí i při rekonstrukci starých budov. Ventilátorové jednotky se z hlediska instalace dělí na:

- **kazetové** – zabudované do podhledů, velice často využívané v obchodních domech
- **nástěnné** – montáž na zeď s nastavitelným výfukem
- **podstropní** – montáž pod strop, připojená na stávající vzduchotechnické vedení
- **potrubní** – zabudované do vzduchotechnického potrubí, směr proudění a použité koncové prvky udávají výkonnost chlazení, používá se v náročných provozech (restaurace)
- **parapetní** – postavené podobně jako otopné těleso pod parapetem, výfuk nahoru
- **okenní** – montáž do okna či obvodové stěny budovy, umožňují i rekuperaci tepla pomocí výměníku pro zpětné získávání tepla

Dělené (split) klimatizační jednotky

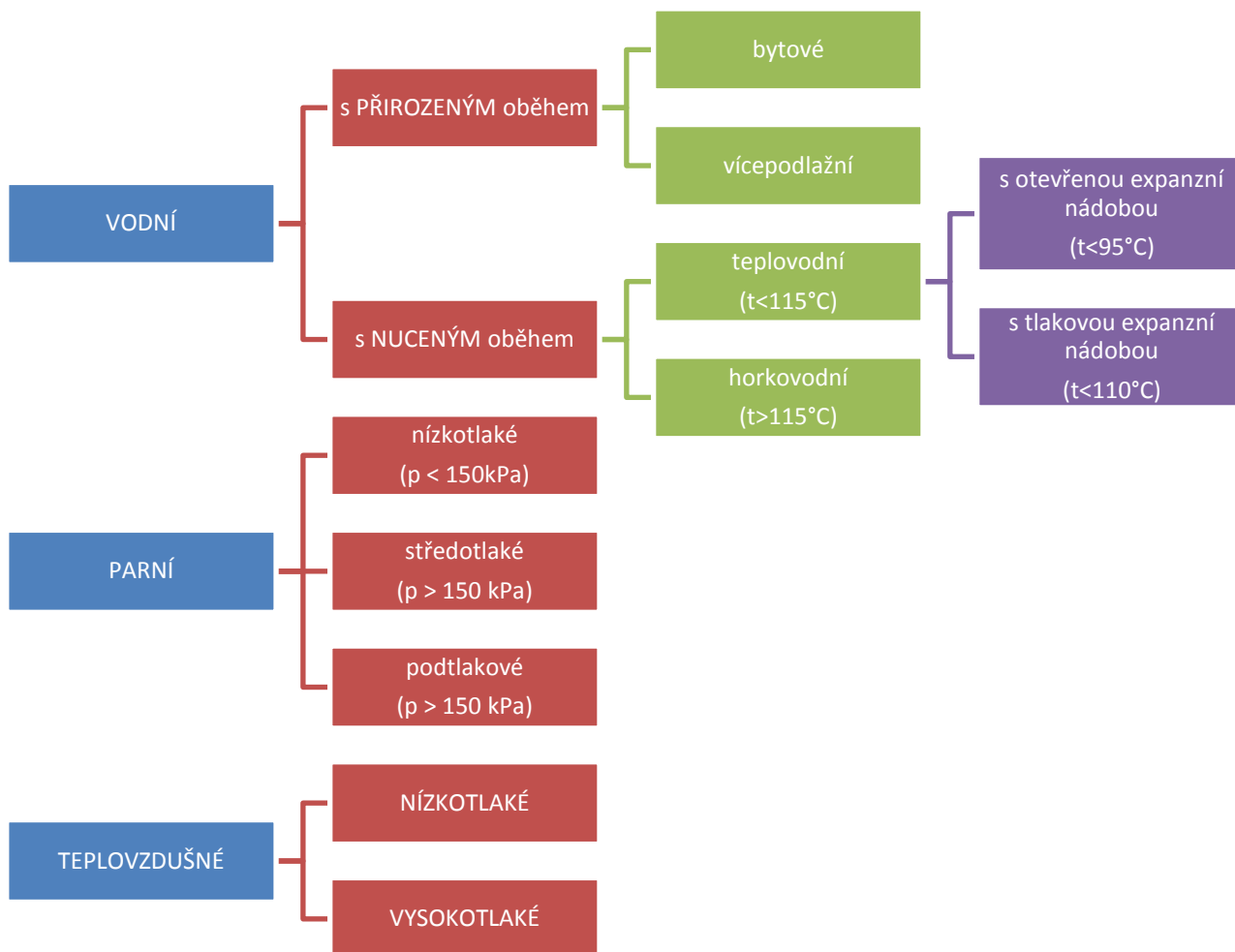
Hlavním znakem dělených (split) jednotek je složení jednotky ze dvou či více částí, kdy vnitřní (kasetová, podstropní, nástěnná nebo parapetní) jednotka je umístěna uvnitř klimatizovaného prostoru a je spojena chladivovým potrubím se samotnou venkovní jednotkou. Venkovní jednotka (umístěná vně budovy, nejčastěji na střeše, popř. na stěně budovy) obsahuje kompresor a kondenzátor. Vnitřní jednotky obsahují filtr vzduchu, ventilátor, výparník a řídicí elektroniku. Dělené klimatizační jednotky mohou díky své konstrukci pracovat i jako tepelné čerpadlo. Každou klimatizační jednotku lze ovládat individuálně, především se jedná o regulaci teploty přiváděného vzduchu, otáček ventilátoru, intenzity odvlhčování (vlhčení), rychlost nebo směr otáčení přívodních žaluzií.

Na jednu vnější jednotku lze připojit jednu vnitřní jednotku (v případě **split systému**), dvě vnitřní jednotky (**dual split systém**), nebo více (až 16) jednotek (**multisplit systém**), popřípadě větší počet (až 64) jednotek – tzv. **VRV systémy (multisplit systém s proměnným průtokem chladiva)**. Ve všech případech musí být vnitřní jednotky vždy spojeny s vnější jednotkou potrubím, ve kterém je vedeno plynné či kapalně chladivo.

VRV (Variable Refrigerant Volume) systémy (systémy s proměnlivým chladivým výkonem) jsou velice často využívanou klimatizační jednotkou. Mají jednu venkovní (vnější) jednotku a více (až 64) vnitřních jednotek. Mezi VRV sestavy patří tzv. **HEREC (Heat Recovery) systémy**, které mohou přečerpávat teplo a zároveň je lze nastavit na systém chlazení či vytápění určitých vybraných vnitřních jednotek. Z tohoto systému se tak stává univerzální klimatizace, která umožňuje v jedné místnosti vytápět a ve druhé chladit, to vše za použití jedné vnější jednotky, ve které kompresory přečerpávají teplo z jedné vnitřní jednotky do druhé. Přepínání režimů (chlazení / vytápění) se děje pomocí rozdělovacích boxů umístěných před vnitřními jednotkami. Vnější jednotka je připojena k těmto boxům trubkami na kapalně chladivo, na páry chladiva pro sání kompresoru a na páry chladiva pro výtlač kompresoru. Vnitřní jednotky jsou k rozdělovacím boxům připojeny pomocí dvou trubek (na plynné a kapalně chladivo). Účelem rozdělovacího boxu je vnitřní jednotku spojit s vnější jednotkou pomocí sacího potrubí kompresoru (chlazení), popřípadě výtlačového potrubí kompresoru (ohřev). Podobnost je v tomto případě s klasickými centrálními klimatizačními systémy veliká, ovšem u VRV systémů se právě díky přečerpávání tepla dosahuje kolem 40% úspory energie oproti klasickému chlazení či vytápění.

4 VYTÁPĚNÍ

Princip ústředního vytápění je, že přenášíme teplotonosnou látku z ústředního zdroje tepla, kde se tato látka ohřívá. Teplotonosnou látku, kterou může být podle druhu topení vzduch, voda, nebo pára, přenášíme pomocí otopné soustavy do jednotlivých místností. Podle teplotonosné látky rozlišujeme vytápění teplovodní, horkovodní, parní a teplovzdušné. Na obrázku 4.1 je uvedeno základní rozdělení ústředního vytápění.



Obrázek 4.1 – Rozdělení soustav ústředního vytápění [1]

Mezi nejpoužívanější systémy vytápění patří teplovodní vytápění s teplotou do 100 °C, které se využívá jak pro administrativní budovy, tak i obytné domy. V prostorách, kde je vyžadována maximální čistota (např. nemocnice), nebo kdy by normální otopná tělesa překážela provozu (např. laboratoře), se s výhodou využívá druh teplovodního vytápění nazvaný jako velkoplošné vytápění (stropní nebo podlahové). Toto vytápění je vhodné využít i při využití nízkopotenciální energie (odpadní teplo, sluneční energie apod.).

Ve veřejných a administrativních budovách se také výjimečně používá nízkotlaké parní vytápění s přetlakem syté páry do 50 kPa (s teplotou do 110 °C), kde je výhodou provozní pohotovost tohoto vytápění, které se uplatňuje především u přerušovaných provozů s delšími přestávkami. Naopak u vícepodlažních průmyslových provozů se využívají vodní a parní vytápěcí systémy s vyšší teplotou otopné látky (více než 110 °C), tzv. horkovodní a vysokotlaké parní vytápění.

Teplovzdušné vytápění zase využijeme nejčastěji u průmyslových hal a jiných rozlehlých vysokých místností, kde je teplý vzduch ohříván horkou vodou nebo parou v centrálním ohřivači, popř. ve speciálních teplovzdušných soupravách. Velikou výhodou teplovzdušného vytápění je jeho vysoká provozní pohotovost, kterou oceníme hlavně u přerušovaného vytápění. Kromě teplovzdušného vytápění lze v těchto provozech ještě využít sálavé panely zavěšené u stropu, přičemž teplonosnou látku tvoří horká voda či pára s teplotou do 160 °C. Alternativou pro sálavé systémy vytápění jsou infračervené zářiče, které mohou být plynové, nebo elektrické. [1], [2]

4.1 OTOPNÉ SOUSTAVY

Otopná soustava (OS) je systém v budově, ve kterém se tepelná energie vyrábí, dopravuje a předává dále do vytápěného prostoru. Základní rozdělení otopných soustav vychází z normy ČSN 06 0310.

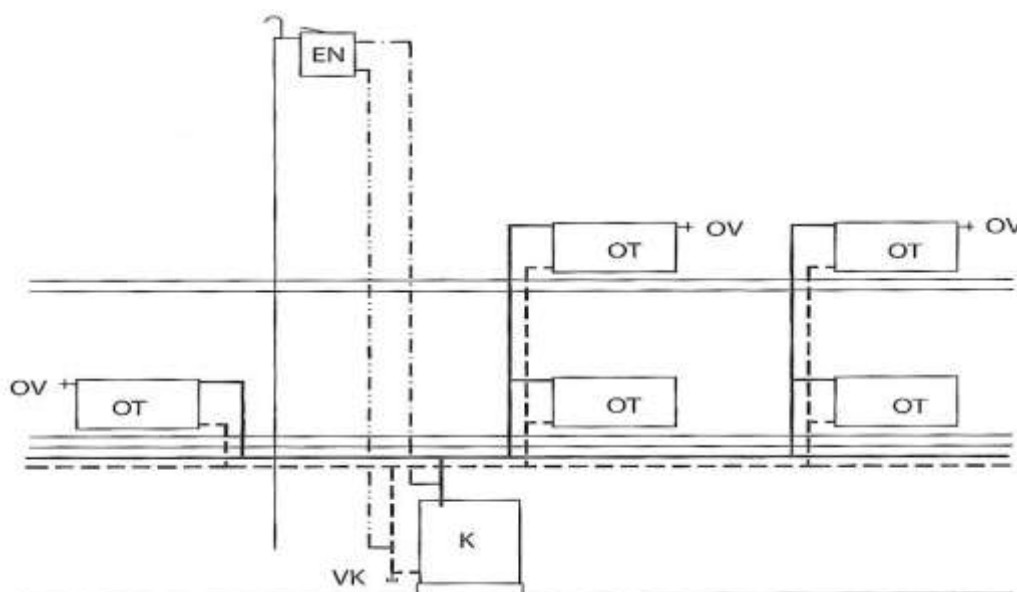
4.1.1 Vodní soustavy

Vodní (teplovodní) otopné soustavy patří k nejrozšířenějším druhům ústředního vytápění, které se využívají nejčastěji v obytných domech a dále tam, kde je z hygienických důvodů žádána nízká teplota otopných těles, především jsou to nemocnice, školy, případně hotely. Maximální teplota teplonosné látky dosahuje nejvýše 95 °C, proto může být teplovodní soustava otevřená, tedy prostřednictvím expanzní nádoby spojena s vnějším ovzduším. Pokud je ve výjimečných případech využita teplejší teplonosná látka (od 95 °C do 115 °C), musí být otopná soustava uzavřená a zajištěná expanzní nádobou proti nežádanému zvýšení tlaku. V průmyslových objektech se můžeme také občas setkat s horkovodními soustavami s teplotou vody vyšší než 115 °C (až do 150 °C). Zde rozlišujeme dva druhy vytápění, a to podle toho, jak se dosáhne proudění otopné vody v soustavě.

Teplovodní soustava s přirozeným oběhem teplotnosné látky

Tyto teplovodní soustavy se využívají u méně rozsáhlých budov (hlavně rodinné domy), jako zdroje tepla slouží většinou kotle na tuhá paliva. Pohyb otopné vody je vyvolán rozdílem hustot teplé a studenější vody, což je výhodně z hlediska nezávislosti na elektrické energii. Nevýhodou je velký provozní tlak, díky kterému je nutné využívat při návrhu větší průměry potrubí, což má za následek vyšší požadavky na objem vody v soustavě. Akumulační schopnost je vysoká, což nedovoluje okamžitou regulaci podle potřeby. Potrubní síť je v tomto případě dvoutrubková, přičemž podle umístění hlavního vodorovného přívodního potrubí rozlišujeme soustavu se spodním rozvodem a s horním rozvodem. Jmenovitý teplotní spád se volí kvůli dostatečnému vztlaku 90/70 °C.

Na obrázku 4.2 je znázorněna dvoutrubková teplovodní soustava (TS) se spodním rozvodem a přirozeným oběhem teplotnosné látky (TL). Princip této soustavy je, že se ohřátá voda v kotli (K) vede horizontálním přívodním potrubím ke svislým větvím. Ke svislým větvím jsou pomocí krátkých odboček připojena v jednotlivých podlažích samotná otopná tělesa (OT). Voda se v OT ochladí a vrátí se zpět pomocí vratných svislých větví a horizontálním vratným (zpětným) potrubím zpět ke kotli. Zebezpečovacím zařízením otopné soustavy je expanzní nádoba (EN), která musí být z důvodu nepřípustného zvýšení tlaku při přetopení kotle připojena zvláštním pojistným potrubím jak na vratné, tak na přívodní straně celé soustavy. Každé otopné těleso má svůj odvzdušňovací ventil (OV), kotel má vypouštěcí kohout (VK). [1], [8]

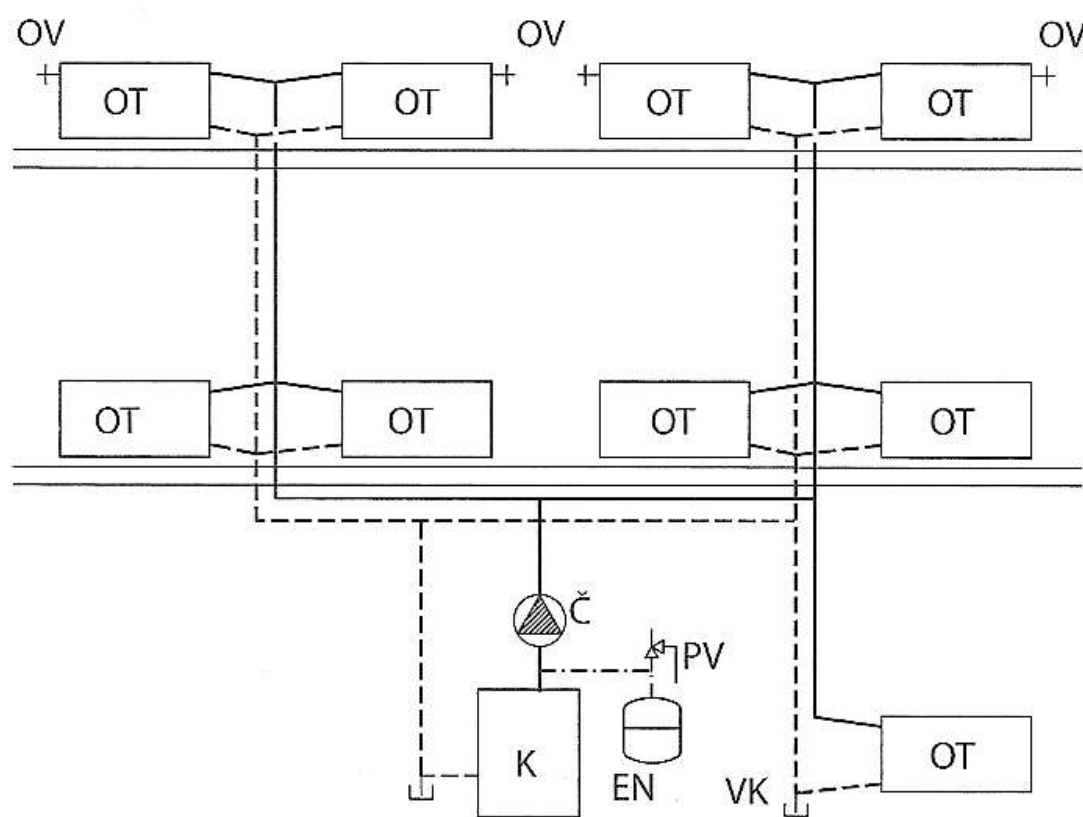


Obrázek 4.2 – Dvoutrubková TS se spodním rozvodem a přirozeným oběhem [1]

Teplovodní vytápění s nuceným oběhem teplotnosné látky

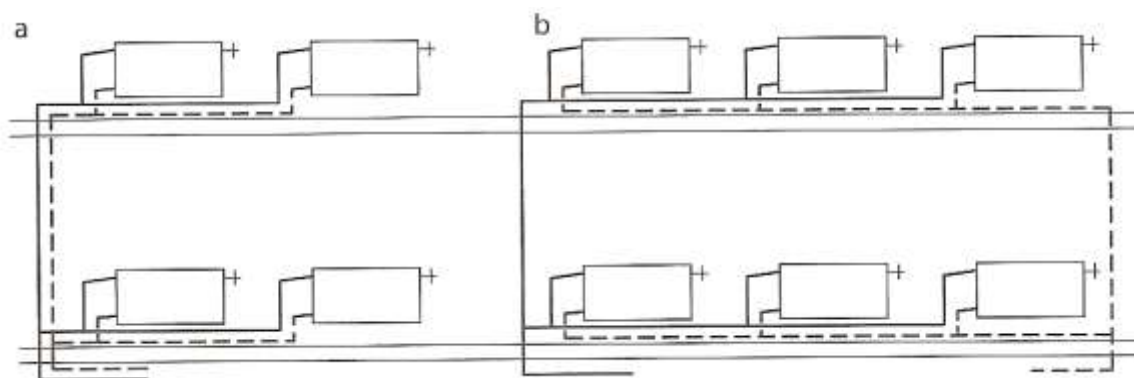
Druhým typem teplovodních vytápěcích soustav je tlakové (uzavřené) teplovodní vytápění s nuceným oběhem teplotnosné látky (TL), kdy se pohybu otopné vody dosahuje pomocí čerpadla. Tento typ vytápění se navrhuje pro rozsáhlejší budovy, kdy je potřeba dosáhnout vyššího otopného výkonu. Nucený oběh se využívá v kombinaci s jednorubkovými otopnými soustavami, ovšem lze využít i klasicky dvoutrubkové soustavy se spodním nebo horním rozvodem. Oběhové čerpadlo, které zajišťuje proudění tekutiny v otopné soustavě, se umísťuje do přívodního (výjimečně do vratného) potrubí. Umístění do přívodního potrubí má výhodu v tom, že díky rozdělení tlaku v potrubní síti je celý potrubní okruh v přetlaku, čímž nedochází k nežádoucímu přísávání vzduchu do potrubní sítě. Expanzní nádoba je v tomto systému uzavřená (tlaková) s membránou.

Na obrázku 4.3 je schematicky znázorněna dvoutrubková soustava se spodním rozvodem a s čerpadlem ve vratném potrubí, kdy je opět na obrázku označen kotel (K), otopné těleso (OT), expanzní nádoba (EN), čerpadlo (Č), odvzdušňovací ventil (OV), vypouštěcí kohout (VK) a pojistný ventil na expanzní nádobě (PV).



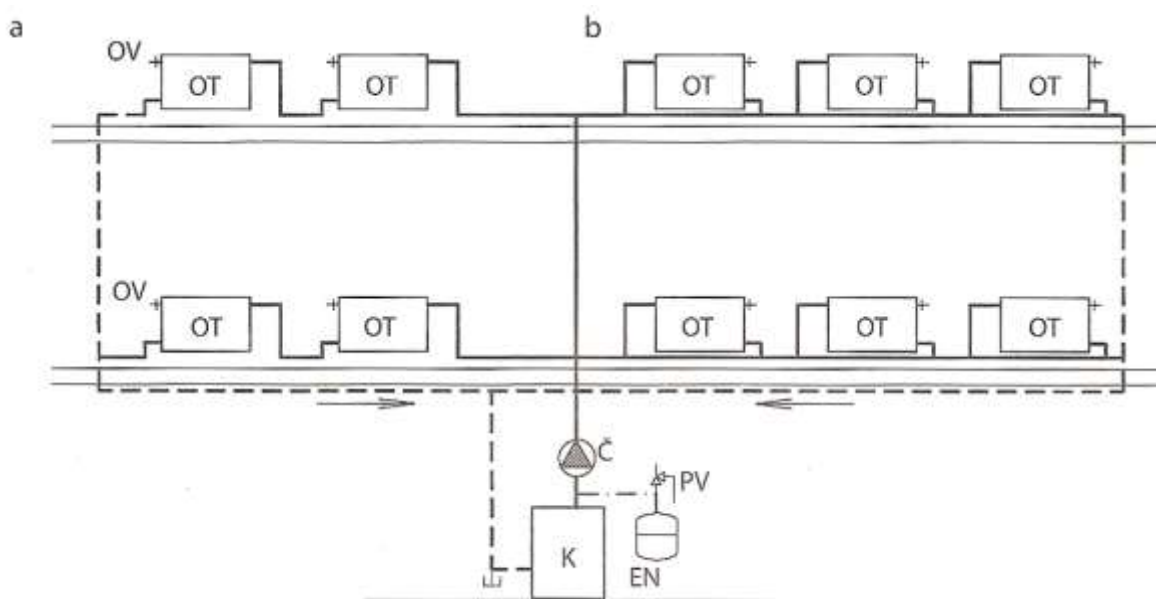
Obrázek 4.3 – Dvoutrubková TS se spodním rozvodem a nuceným oběhem TL [1]

Dvoutrubkové otopné soustavy s nuceným oběhem mohou být navrženy s protiproudým a souproudým (Tichelman) rozvodem k tělesům (viz obrázek 4.4).



Obrázek 4.4 – Dvoutrubkové zapojení OT s horizontálním rozvodem k tělesům (a-protiproudý, b-souproudý) [8]

Na obrázku 4.5 lze vidět další skupinu teplovodních soustav, a to jednotrubkové soustavy, kde může být rozvod buď vertikální, nebo horizontální. Otopná tělesa mohou být připojena průtočně nebo v obtoku (ve zkratu). [1], [8]

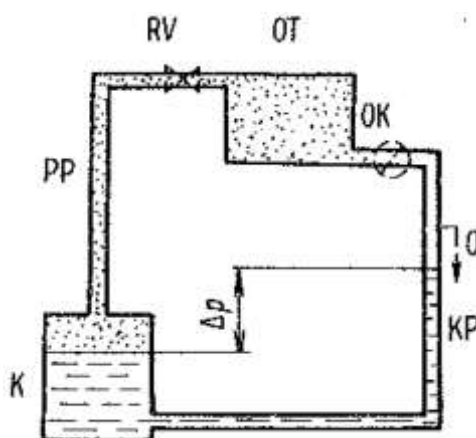


Obrázek 4.5 – Jednotrubková OS horizontální (a-průtočná, b-se zkratem) [8]

4.1.2 Parní soustavy

Princip funkce, který je znázorněna na obrázku 4.6, kdy od kotle (K) se vede pára k parnímu potrubí (PP) a k otopnému tělesu (OT), v němž pak odevzdává teplo kondenzací. Dále se kondenzát vrací kondenzátním potrubím (KP) zpět do kotle. KP je spojeno s odvodušňovací trubkou s vnějším ovzduším. V přívodním potrubí (PP) je umístěn regulační ventil (RV).

Ještě před samotným uvedením soustavy do chodu je otopné těleso vyplněno vzduchem, který poté pára postupně vytlačuje spodem do kondenzátního potrubí (pára je lehčí než vzduch). Množství přiváděné páry do otopného tělesa (OT) lze regulovat pomocí regulačního ventilu, přičemž se snažíme dosáhnout takového množství páry v OT, aby pára vyplnila celé těleso a stačila přitom zkondenzovat – tohoto stavu dosáhneme, pokud je před regulačním ventilem přetlak cca 2 kPa. Výkon nízkotlakého parního vytápění lze snížit tak, že přivedeme menší množství páry, čímž se zaplní otopné těleso parou jen částečně. Naopak při vyšším zaplnění otopného tělesa (OT) parou nestačí pára zkondenzovat, takže zbytečně uniká nadbytečná pára do kondenzátního potrubí (KP).

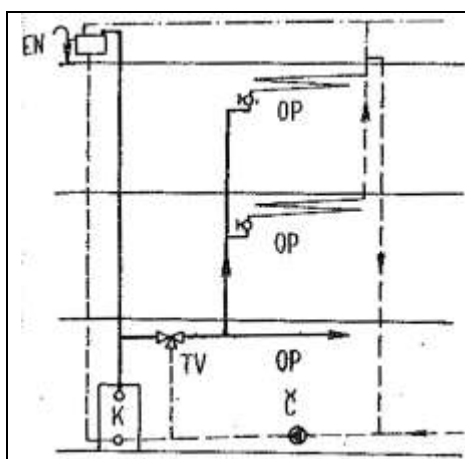


Obrázek 4.6 – Princip funkce parního vytápění [1]

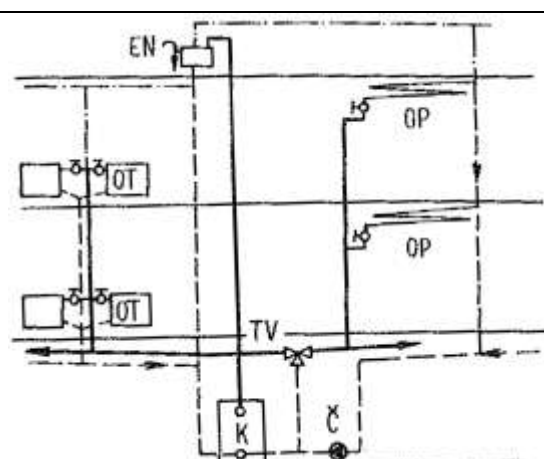
Stejně tak jako u vodní soustavy, i u parní soustavy rozlišujeme podle umístění hlavního parního potrubí soustavu s horním a se spodním rozvodem. Dále existuje soustava se suchým (nezatopeným) či mokrým (zatopeným) kondenzátním potrubím. Vzhledem k tomu, že se z hygienických důvodů klade požadavek na teplotu otopných těles maximálně 90 °C, nelze parní soustavy používat v občanských a bytových stavbách. Teplotu nelze účinně regulovat, čímž se tyto soustavy stávají ekonomicky i komfortně (tepelně) nevýhodné.

4.1.3 Velkoplošné sálavé vytápění

Velkoplošné sálavé vytápění patří svým způsobem mezi teplovodní vytápění. U tohoto zvláštního druhu vytápění je otopná plocha (OP) tvořena některou ze stěn ohraničující vytápěný prostor, nejčastěji to je podlaha, strop, popřípadě svislá stěna. Otopná plocha je tvořena keramickými (betonovými) nebo kovovými deskami, které zahřívají trubkové hady nebo registry, jimiž proudí teplá voda. Oběh teplotné látky (otopné vody) zajišťuje většinou čerpadlo (Č). U velkoplošného sálavého vytápění dosahuje povrchová teplota otopných ploch (OP) malých hodnot, u stropního vytápění je to zpravidla 40 – 50 °C, u podlahového vytápění maximálně 30 °C. Vyšší teplota je u vytápění pomocí stěnového vytápění, kde se pohybuje kolem 55 až 60 °C. Celková teplota otopné vody je v tomto případě topení také nízká, nepřesahuje 60 °C. Protože je problém s ohřevem vody na takto malou teplotu, jelikož by se u kotlů srážela na výhřevných plochách vodní pára obsažená ve spalinách a vznikala by tak nízkoteplotní koroze, je voda ohřívána v kotli na vyšší teplotu a před přívodem k otopným plochám se ochlazuje smícháním s chladnější vodou z vratného potrubí. Míšení vody rozdílných teplot se provádí pomocí trojcestného ventilu (TV), nebo jednoduchým regulačním ventilem zařazeným do obtoku před kotlem (mezi vratným a přívodním potrubím). Princip tohoto vytápění je zobrazen na obrázku 4.7.



Obrázek 4.7 – Princip funkce velkoplošného sálavého vytápění [1]

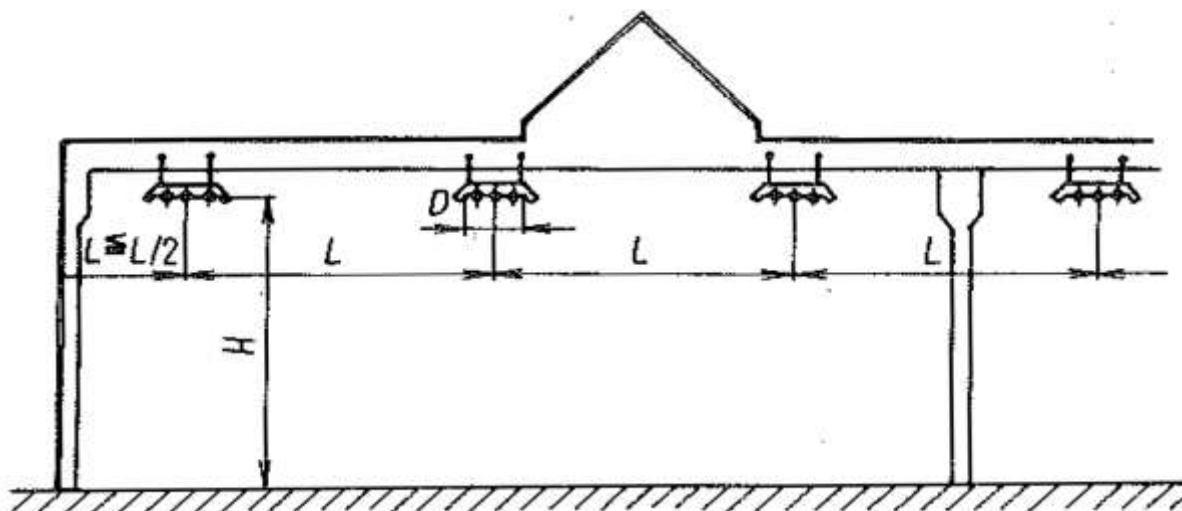


Obrázek 4.8 – Propojení velkoplošné sálavé soustavy s klasickou OS [1]

Sálavé otopné soustavy lze kombinovat s dalšími systémy vytápění (např. klasická teplovodní soustava s otopnými tělesy). Vzhledem k různým tepelným setrvačnostem obou systémů, a také kvůli možnosti jejich oddělené regulace, je vhodné umístit oba systémy paralelně vedle sebe (viz obrázek 4.8).

4.1.4 Vytápění zavěšenými sálavými panely

Tento druh vytápění se využívá u rozlehlých a vysokých místností, tedy především ve výrobních halách a jiných průmyslových podnicích. Otopnou plochu tvoří volně zavěšené kovové panely, které jsou zahřívány horkou vodou nebo parou proudící přes trubkové registry (znázorněno na obrázku 4.9).



Obrázek 4.9 – Vytápění v průmyslové hale se zavěšenými sálavými panely [1]

Panely sdílejí teplo pomocí sálání, které tvoří až 90% podíl vytápěcího účinku. Dosáhnout lze ještě většího výkonu, pokud zvýšíme povrchové teploty osálané podlahy a spodní části svislých stěn (např. pomocí podlahového vytápění). Teplota sálavých panelů může dosahovat vyšších teplot než obvykle, jelikož jsou panely umístěny vysoko nad podlahou (nejčastěji se umísťují 8 až 12 m, nejméně však 5 m). Teplonosná látka (otopná voda) může dosahovat teploty až 160 °C, pro otopnou páru se používá maximální tlak 600 kPa.

Výsledné teploty se při vytápění sálavými panely dosáhne zvýšením účinné teploty okolních ploch, proto může být teplota vzduchu v místnosti až od 8 K nižší, než je tomu u teplovzdušného vytápění. Výrazně tak dochází ke zmenšení tepelné ztráty větráním. Tepelná ztráta prostupem střechou je u tohoto druhu topení malá, jelikož konvekční teplo panelů je velmi nízké (10 až 20 % z celkového tepelného výkonu), čímž nedochází ke zvýšení teploty vzduchu v horní části prostoru místnosti. Celkem lze spotřebu tepla snížit o 20 až 30 % oproti teplovzdušnému vytápění právě za použití vytápění sálavými panely. [1], [2]

4.2 PRVKY VYTÁPĚCÍCH SOUSTAV

4.2.1 Potrubní sítě

Potrubí slouží u vytápěcích soustav k dopravě teplotnosné látky (otopné vody, páry) ze zdroje tepla (kotle) k cílovým otopným tělesům. Ve vytápěcí technice se setkáváme s dopravním tlakem 0,5 až 1,5 MPa, přičemž dopravovaná tekutina má teplotu většinou 110 až 130 °C. Větších hodnot tlaků a teplot se dosahuje už jen u dálkových rozvodů a primárních sítí. U potrubí počítáme jednak hydraulické ztráty třením, které vycházejí z Reynoldsova čísla (Re) a relativní drsnosti (ε/d) - obecně lze říci, že tyto dvě veličiny jsou funkcí součinitele tření (λ). Kromě hydraulických ztrát jsou důležité také ztráty vznikající místními odpory (na armaturách, ohybech, přechodech apod.). Místní odpory (ξ) jsou udávány u každého typu armatury. Uvedené hodnoty jsou většinou zpracovány tabelárně a graficky formou diagramů, díky kterým můžeme rychle a přesně navrhovat potrubní sítě.

4.2.2 Otopná tělesa

Otopná tělesa zajišťují dodávku tepla převodem tepla z teplotnosné látky do vytápěného prostoru, které je zajištěno konvekcí a sáláním. Tělesa se liší hlavně geometrickým uspořádáním přestupní plochy na straně vytápěného prostředí, rozlišují se také podle druhu přestupu tepla (sálání, konvekce) a hlavně podle konstrukčního směru (trubková, desková). Základní vlastnosti otopných těles jsou určeny pomocí:

a) geometrických charakteristik

- jmenovitá výška tělesa – vzdálenost os přípojek (h [m])
- celková výška tělesa – vzdálenost mezi vnějšími hranami tělesa (H , a [m])
- hloubka tělesa – rozměr ve vodorovném řezu (b [m])
- šířka tělesa (c [m])
- délka tělesa – vzdálenost krajních článků (l [m])
- přestupní plocha tělesa – vnější plocha tělesa, na níž dochází ke sdílení tepla (S_L)
- hmotnost otopného tělesa (M [kg]),
- vnitřní objemem otopného tělesa (V [m³])
- průtočným průřezem na straně vody (S_w), který je vyjádřen vnitřním světlým průřezem trubek, o jejichž počtu rozhoduje způsob průtoku teplotnosné látky

b) teplotních charakteristik

- celkový tepelný výkon (Q [W]) přiváděný do vytápěného prostoru
- součinitel prostupu tepla (definiční hodnota umožňující porovnání různých konstrukčních řešení z hlediska intenzity přenosu tepla)
- měrný tepelný výkon (q [W/m²])
- tepelný modul (tepelný výkon 1 m délky tělesa)

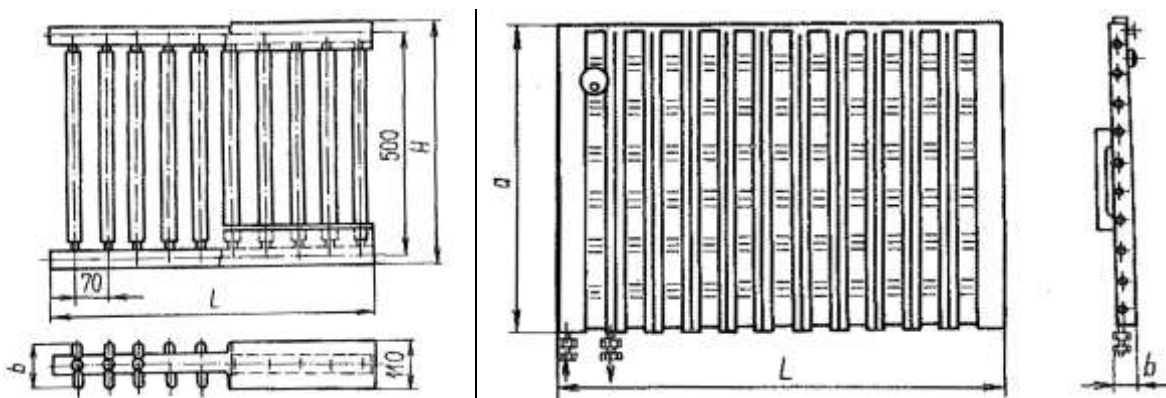
c) **provozních požadavků**

- hydraulická ztráta na straně teplotnosné látky (Δp [Pa])
- pracovní tlak v otopné soustavě (p [Pa])
- životnost otopného tělesa (určena především odolností materiálu vůči korozi)

Otopná tělesa lze rozdělit na čtyři hlavní skupiny:

a) **trubkové těleso** – hladká vodorovná nebo svislá trubka, průtok vody může být paralelní i sériový

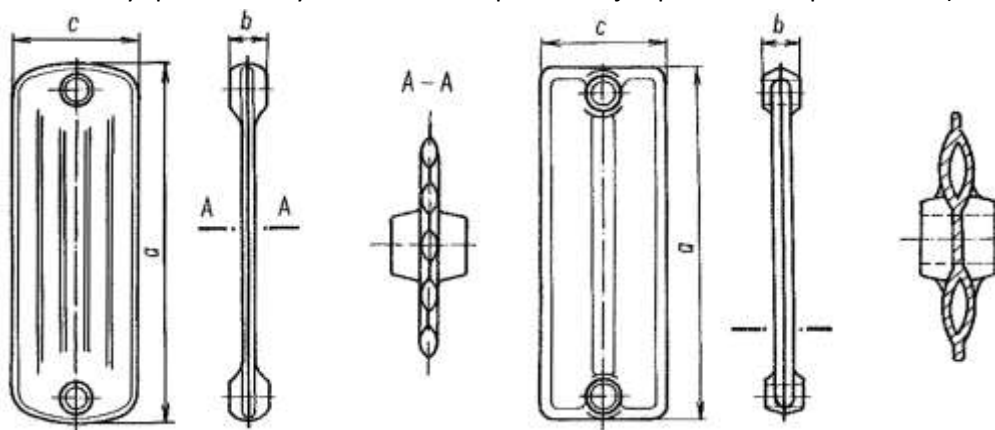
- **vysokotlaké trubkové těleso** je tvořeno ze svisle uspořádaných trubek svařených do sběrných komor, je velmi tlakově odolné (do 1600 kPa), využívají se hlavně u výškových budov a u soustav s vysokým statickým tlakem – viz obr. 4.10 vlevo
- **trubkový panel** s rozšířenou výhřevnou plochou je tvořen panelovým trubkovým tělesem o velkém měrném výkonu – na obr. 4.10 vpravo je zobrazen typ trubkového panelu se sériově uspořádanými trubkami



Obrázek 4.10 – Vysokotlaké trubkové těleso (vlevo) a trubkový panel (vpravo)[1]

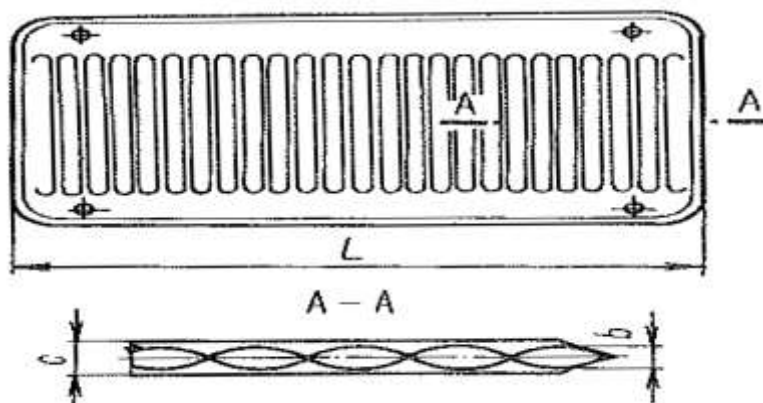
b) **článekové těleso (radiátor)** – tvarované i ploché desky menších rozměrů paralelně řazené, umístění kolmo k okenní ploše, průtok vody také paralelní, svou konstrukcí umožňují stavebnicově rozšiřovat výhřevnou plochu,

- vyrobené z litiny nebo oceli (litinové radiátory odolávají vyššímu tlaku a mohou být provozovány na nízkotlakou páru – mají lepší odolnost proti korozi)



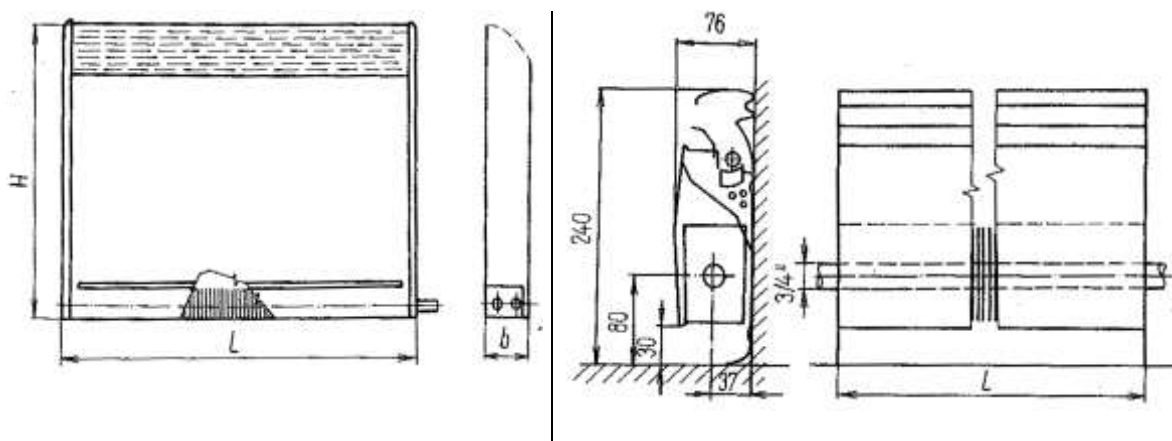
Obrázek 4.11 – Článekové těleso ocelové (vlevo) a litinové (vpravo)[1]

- c) **panel** – dva ploché deskové výlisky vhodně tvarované (po svaření vytvářejí prolisky kanálky pro průtok teplonosné látky), umístění je rovnoběžné s okenní plochou, paralelní průtok vody, mohou být jednotlivé nebo i zdvojené, většinou mají menší tlakovou odolnost (častěji se proto využívají u rodinných domků), snadno se čistí, díky malé členitosti výhřevné plochy dosahují malých tepelných výkonů



Obrázek 4.12 – Ocelové panelové těleso[1]

- d) **konvektor** – otopné články z lamelových trubek (rozšíření přestupní plochy kolmo k ose trubky), zabudování nejčastěji do plechových skříní a umísťují se jako celek na stěnu místnosti, průtok vody může být paralelní i sériový,
- fungují na principu komína, tedy chladný vzduch vstupuje do dolní části skříně, kde urychlován komínovým účinkem vystupuje z horní části skříně již ohřátý vzduch do vytápěného prostoru, výkon se reguluje vzduchovou klapkou, předávané teplo je z 90 % konvekční
 - klasický **ocelový dvoutrubkový konvektor** je zobrazen na obrázku 4.13 vlevo
 - zvláštní druh tvoří tzv. **jednotrubkový lamelový konvektor nízké konstrukce** (viz obrázek 4.13 vpravo), který se instaluje při podlaze podél obvodové stěny vytápěného prostoru a následkem širokého proudu teplého vzduchu v konvektoru podél chladných stěn vytváří v prostoru velmi rovnoměrné rozdělení teplot vzduchu ve vertikálním i horizontálním směru; má snadno regulovatelný výkon topení (30 až 100 %); snadná montáž a čištění



Obrázek 4.13 – Ocelový dvoutrubkový konvektor (vlevo) a lamelový jednotrubkový konvektor (vpravo)[1]

4.2.3 Zdroj tepla

Podle účelu a tepelného výkonu se rozlišují dva hlavní zdroje tepla:

- **místní zásobování teplem**
 - **kotelny** – objekty s alespoň jedním kotlem, který má výkon 50 kW [8]
 - **kotelny I. kategorie** – tepelný výkon nad 3,5 MW
 - **kotelny II. kategorie** - tepelný výkon 0,5 až 3,5 MW
 - **kotelny III. kategorie** - tepelný výkon do 0,5 MW
- **centrální zásobování teplem (CZT)** – zásobují větší množství objektů
 - **výtopny, teplárny, výměňkové stanice**

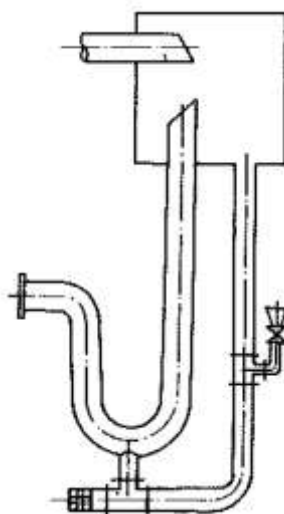
Kotelny I. kategorie se musí nacházet vždy v samostatném objektu, umístění kotelen II. a III. kategorie může být v suterénu vytápěné budovy, přičemž na dispoziční polohu kotelny má vliv i umístění komína, dovoz a uskladňování paliva apod.

Základní prvkem kotelen a výtopen tvoří kotle, které lze podle konstrukce a materiálu, ze kterého jsou vyrobeny, rozdělit na:

- **litinové kotle** – nejstarší typ kotlů, výkon až 3 MW, mezi výhody patří levná sériová výroba, malý prostorový objem, jednoduchá obsluha, velká životnost a odolnost proti korozi
- **ocelové kotle** – jsou odolnější proti místnímu přehřátí, mají vyšší tlakovou a teplotní odolnost, nevýhodou je nebezpečí koroze

4.2.4 Zabezpečovací zařízení

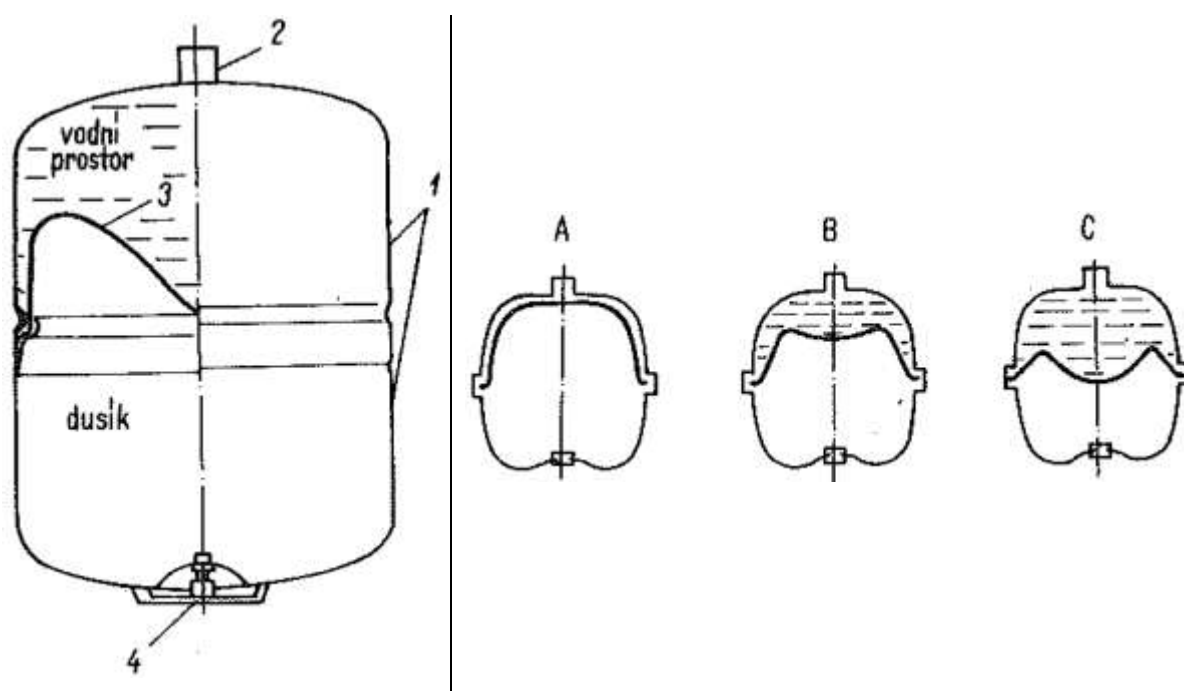
Pro nízkotlaké parní kotle se ve funkci zabezpečovacího zařízení využívá tzv. přetlakové zařízení (viz obr. 4.14), které je přímo spojeno s parním prostorem kotle. Toto zařízení zamezuje překročení maximálního provozního tlaku.



Obrázek 4.14 – Přetlakové zařízení pro nízkotlaké parní stroje [1]

Druhým využívaným zabezpečovacím zařízením otopných soustav je pojišťovací zařízení pro nízkotlaké teplovodní kotle, které je tvořeno expanzní nádobou. Účelem je jednak zajištění dostatečného statického tlaku v kotli (aby nedocházelo k uvolňování páry při vyšších teplotách nad 100 °C), a také zachycení zvětšení objemu vody při jejím ohřátí.

Pro vodní uzavřené soustavy do 115 °C se využívá pojišťovací zařízení ve dvojitým provedení. Jednak s **uzavřenou expanzní nádobou s cizím zdrojem tlaku bez membrány**, kde tlaková nádoba musí být pojištěna alespoň dvěma pojišťovacími ventily (jeden umístěný na straně vzduchového polštáře, který se otevře ještě před dosažením maximálního tlaku a druhý je umístěn na straně vodní, ten se otevře při dosažení maximálního tlaku). Pro vodní uzavřené soustavy lze využít i **pojišťovací zařízení s tlakovou expanzní nádobou s membránou**, kde je použití membrány omezeno výkonem a druhem zdroje tepla. Tento druh je vhodný pro menší vytápěcí soustavy s maximálním hydrostatickým tlakem soustavy do 250 kPa, přičemž provozní tlak může být až 350 kPa. Na obrázku 4.15 je zobrazena expanzní nádoba s membránou (vlevo) a funkce membrány (vpravo). [1], [2]

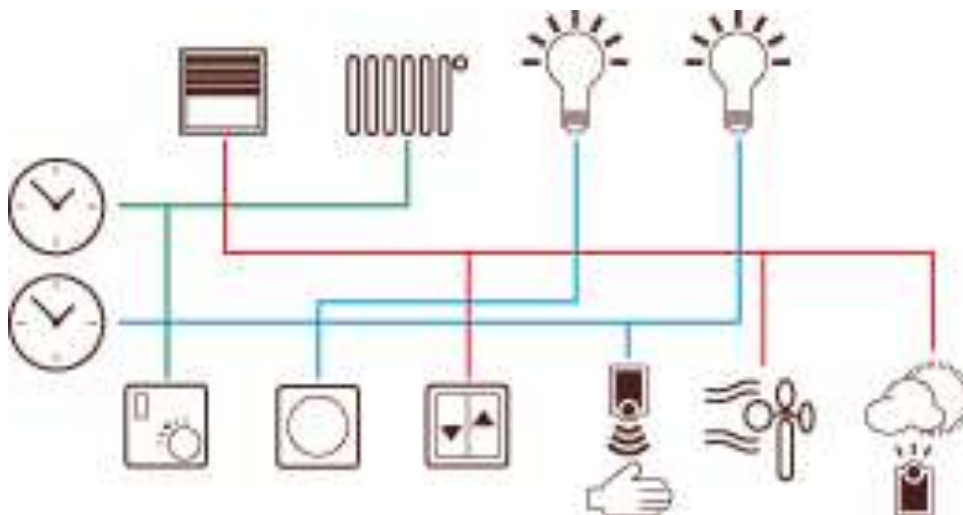


Obrázek 4.15 – Expanzní nádoba s membránou a její funkce (1-plášť, 2-připojení otopné soustavy, 3-membrána, 4-plnění plynem) [1]

5 AUTOMATIZACE BUDOV

V současné průmyslově rozvinuté společnosti zaštiťuje automatizace budov stále více technologií a procesů. Podíl automatizace narůstá nejen v bytových stavbách (inteligentní domy), ale i účelových (komerčních) stavbách (restaurace, nemocnice, hotely, nádraží, nákupní centra, školy, apod.), to vše díky rostoucím nárokům na pohodlí, bezpečnost a hospodárnost ve stavebnictví.

Konvenční (klasická) regulace v jednotlivých místnostech, prováděné klasickými silovými kabely, kdy se příkazy např. pro zapnutí osvětlení přenášely běžnou sítí 230V, se snaží v dnešní době nahradit inteligentní sběrníkové systémy. Na obrázku 5.1 je zobrazena klasická elektroinstalace, kde je každý prvek ovládán tlačítkovými spínači, popř. pomocí relé u složitějších elektroinstalací. Je zde vidět určitá nepřehlednost v zapojení prvků.



Obrázek 5.1 – Klasická (kovečční) elektroinstalace [13]

Konvenční technologie se vyznačují jednoduchostí co do instalace, provozu i výsledné ceny, ovšem jejich regulační a automatizační schopnosti jsou oproti inteligentním elektroinstalacím na bázi sběrníkových systémů mizivé, např. je skoro nemožné jediným povelom v místnosti zapínat a vypínat světla a zároveň stahovat žaluzie. Také nelze jednoduše nastavit různé světelné scény v různých místnostech, což je z hlediska dnešních stoupajících cen za energie velice žádaná funkce. Navíc v účelových stavbách, kterou je i restaurační zařízení, je vyvíjen tlak na co nejdůslednější dodržování energetického managementu, kdy je třeba zajistit např. zhasnutí světla při odchodu zákazníka z toalet, úprava světelného prostředí a teplotních podmínek ve dne v jídelně či na pracovišti (časově nastavitelné zastínění oken venkovními roletami (zamezení přímé sluneční radiace), uvedení do provozu (zapnutí) všech potřebných zařízení kuchyně před otevírací dobou

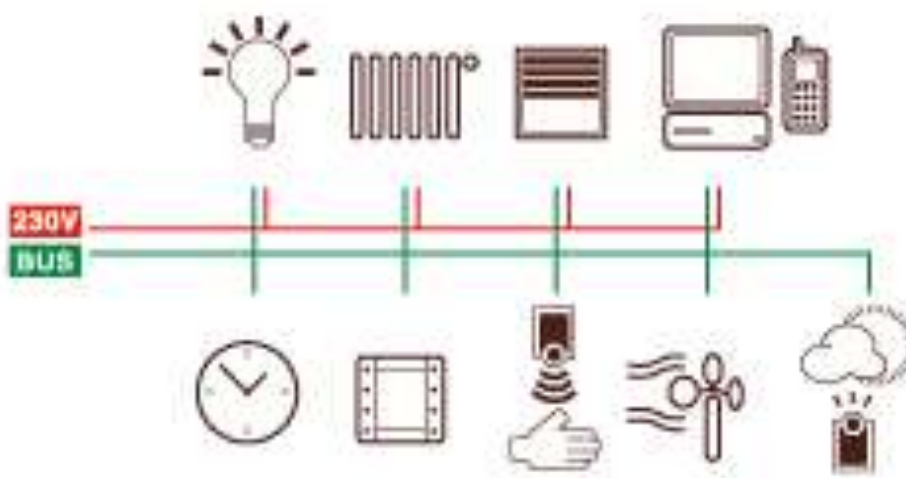
a naopak jejich vypnutí po dokončení pracovního dne, individuální nastavení teplot ovladačem, vypnutí vytápění při otevřených oknech.

Dodržování energetického managementu vede k personálním úsporám, neboť už není potřeba tolik pracovníků, kteří by se o chod objektu starali – vše lze řídit automaticky centrálně z jednoho pracoviště.

Mezi další výhody adaptivních systémů (inteligentních sběrníkových elektroinstalací) patří vyšší komfort a flexibilita, kdy je možné namísto změny kabelových rozvodů pro změnu funkce akčního členu (prvku na sběrnici, který chceme ovládat) pouze změnit příkaz v dodávaném ovládacím softwaru a volbu potvrdit. To vše během pár minut. Snadno tak např. změníme dobu svícení na chodbě, intenzitu vytápění v obýváku apod.

Navíc průzkumy výkonnosti zaměstnanců dokázaly, že nejvyšších pracovních výkonů se lidem dosahuje v příjemném pracovním prostředí, které je tvořeno i vnitřním mikroklimatem – tento důsledek vedl mnoho projektantů ke zřízení chladicích zařízení nejen v kancelářích nových, ale i stávajících objektů. Lze tak jednoduše nastavit, že při určité intenzitě slunečního záření se automaticky stáhnou žaluzie, zvýší se výkon klimatizace a celkově se tak promění pracoviště subjektivně příjemnějším, což vede zaměstnance i k větší pracovitosti.

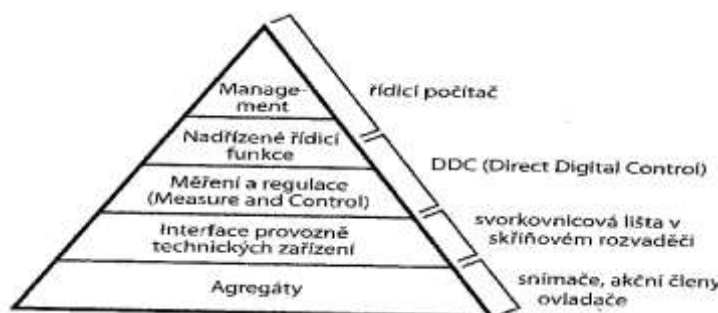
Jak je vidět na obrázku 5.2, princip inteligentních elektroinstalací spočívá v dělbě práce mezi snímači a tlačítkovými ovladači na jedné straně a akčními členy na straně druhé, kde se zajišťuje provádění daných instrukcí. [11], [12]



Obrázek 5.2 - Inteligentní elektroinstalace KNX [13]

5.1 AUTOMATIZAČNÍ SYSTÉMY

Na obrázku 5.3 je uvedena hierarchická struktura automatizačních systémů, kde na nejnižší pozici jsou umístěny snímače teploty, průtokoměry a snímače dalších stavů (např. hlídač námrazy). Ke snímačům se připojují akční členy, které zprostředkovávají vlastní řízení spotřebičů, které chceme ovládat - u VZT je to např. servopohon k nastavení klapky pro zvýšení podílu venkovního (čerstvého) vzduchu. Informace od všech připojených zařízení se posílají do centrálního řídicího PC, kde lze všechny funkce pohodlně zobrazit a ovládat (vizualizační SCADA systémy).



Obrázek 5.3 - Hierarchická struktura automatizačních systémů [12]

5.1.1 Centralizovaný, decentralizovaný a hybridní systém

V minulosti se hojně využívala **centralizovaná technika řízení**, kdy se potřebné signály z akčních členů a ze snímačů předávaly ve formě individuálních zpráv systémem dálkového přenosu rozvětvenou sítí do centralizovaného výpočetního a řídicího systému. Centrální jednotka musí komunikovat s každým prvkem v systému samostatně, což zvyšuje náklady na pořízení takového systému, neboť je potřeba mít rozvod kabelů od jednotky ke všem přístrojům v systému. Toto řešení je velice nevýhodné, jelikož všechny prvky jsou závislé na jedné řídicí jednotce, která pokud selže, dojde k výpadku a zastavení celého systému (na rozdíl od decentralizovaného systému, kde při selhání prvku se tento prvek odpojí, ale systém pracuje dále s ostatními spotřebiči). Co se týče možnosti ovládání tohoto systému, byly zde veliké nedostatky. Komunikace s provozními instalacemi byla založena hlavně na výměně hlášení stavů a příkazů, eventuálně na naměřených hodnotách.

Dalším vývojovým krokem bylo zavedení výkonnějších procesorů, které umožnily zpracování řídicích úloh v těsné blízkosti instalací. Ke svému provozu byly vybaveny digitálním procesorem, proto se vžilo označení DDC (Direct Digital Controller). Díky spojení DDC jednotek s komunikačním interfacem nahradily dosud velice využívané rozsáhlé neautonomní sítě. Tento způsob nazýváme **distribuovaným (decentralizovaným) systémem**.

Decentralizované jednotky jsou postaveny na principu, že veškerá inteligence se nachází v jednotlivých členech systému, není tedy použita žádná řídicí centrální jednotka. Mezi výhody decentralizovaného systému patří rozdělení podle úloh, snazší způsob nalézání případných chyb, vyšší výkonnost systému. Nevýhodou může být vyšší cena, nesnadné řízení větších celků a sběr dat, také dálkové ovládání a vizualizace.

Zatím posledním milníkem v oblasti vývoje automatizovaných systémů byla progresivní miniaturizace mikropočítačových technologií, s kterou rostl i jejich výkon. Toto zapříčinilo ještě výraznější decentralizaci, nyní mluvíme o **hybridních systémech řízení**. Jde o kombinaci centralizovaného a decentralizovaného systému řízení. Tyto systémy se prvně objevily koncem devadesátých let minulého století, kdy vznikl pojem automatizační řídicí systémy budov – snímače a akční členy bylo možné vybavit vnitřní jednotkou inteligence, přičemž sběrnice rozhraní umístěné na jedné desce zajišťovalo komunikaci s dalšími komponenty tohoto inteligentního systému. Tento integrovaný systém, který umožnil zpracovávat zadání techniky řízení a regulace, se na trhu prosadil z počátku pro nastavování pružné doby osvětlení a spínání žaluzií. Hybridní systémy byly základem pro nově vznikající normované systémy inteligentních elektroinstalací (KNX/EIB, LONWORKS, a další...). U obou případů - distribuovaný i hybridní systém – se jednalo již o otevřený sběrnice systém. Uplatnění spíše než v inteligentních domech nacházejí v účelových stavbách. Mezi přednosti patří spojení výhod obou systémů (centralizovaný a decentralizovaný), minimalizují se tak náklady na celý řídicí systém. Jejich komunikace probíhá na bázi decentralizovaného systému, využívají přitom topologie, kdy prvky spolu komunikují navzájem pomocí sběrnice, přičemž centrální jednotka sleduje provoz celého systému.

5.1.2 Otevřený a uzavřený systém

Otevřenost systému umožňuje připojení na sběrnici pomocí sběrnice spojek dalším a dalším přístrojům (senzory, akční členy). Taktéž programování funkcí z libovolného místa v systému je dobrou vlastností tohoto systému. Provozní náklady klesají, i pokud chceme v budoucnu rozšiřovat systém – pouze dokoupíme potřebné prvky, ani nemusejí být od původního dodavatele, stačí, pokud budou splňovat standardy normovaných sběrnic, které se pro otevřené systémy využívají (např. KNX, LONworks, BACnet, I-BUS apod.).

Otevřený systém je každý sběrnice systém, který může využít např. zabezpečovací systém, řídicí a monitorovací systém, vytápění a větrání atd. Vždy existuje jednotná

informační linie, která podporuje jakýkoli již nainstalovaný komunikační a řídicí subsystém. Naopak do uzavřeného systému již nelze importovat další prvky jiných výrobců, je zde nutné držet se produktů jedné modelové řady jediného (původního) dodavatele, což může vést k netransparentnosti trhu a menší konkurenci výrobců.

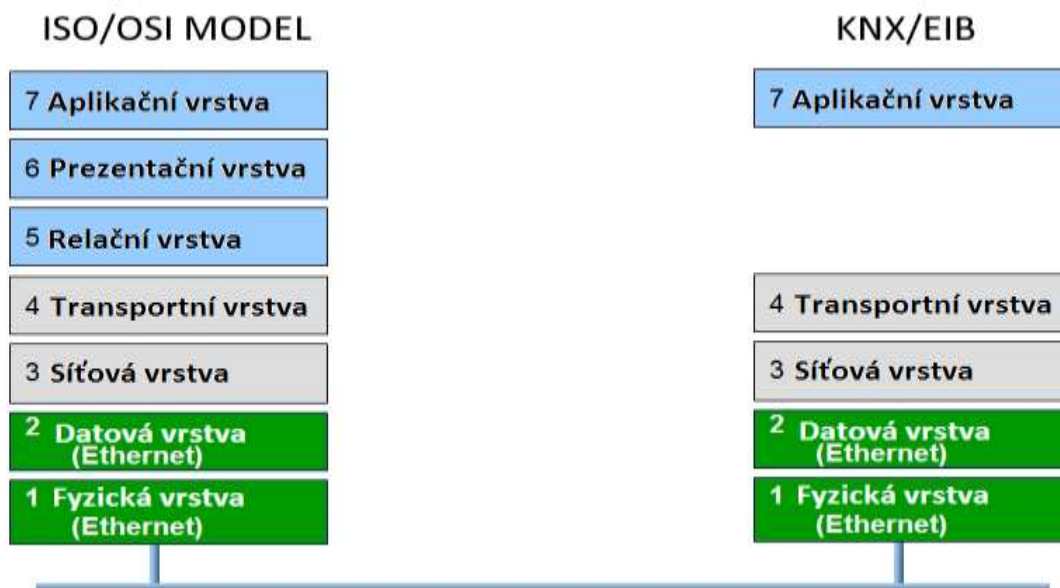
5.2 NORMOVANÉ SBĚRNICOVÉ SYSTÉMY

Automatizační prvky, jako snímače, regulátory, nebo akční členy fungují zpravidla decentralizovaně. Pokud chceme, aby tyto přístroje mohly provádět složité úkoly, musí být vybaveny komunikačním systémem pro vzájemně oboustrannou výměnu dat. Pro tento účel byly vyvinuty komunikační propojení, tzv. provozní sběrnice (sběrnice pole), které využívají (v různých podobách) všechny známé inteligentní automatizační elektroinstalace.

Tyto otevřené systémy a jednotné komunikační protokoly mohou zajišťovat komunikaci mezi dvěma různými sběrnici a systémy, lze tak například zajistit integritu mezi zabezpečovacím systémem a systémem vzduchotechniky. Mohou tak spolupracovat např. senzory povětrnostních podmínek a systém vzduchotechniky, detektory pohybu s osvětlovací a zabezpečovací technikou apod.

5.2.1 Referenční model ISO/OSI

Referenční model pro otevřené systémy ISO/OSI (Reference Model for Open Systems Standardization) popisuje způsob vytváření vrstvených protokolů a definuje popis úkolů, které se implementují v jednotlivých vrstvách protokolu. Tento model je kodifikován mezinárodním standardem ISO 7498. Tento referenční model slouží jako základ pro vypracování norem pro účely propojování systémů. Norma nespecifikuje realizaci systému, pouze uvádí všeobecné principy síťové architektury – popisuje vrstvy, jejich funkce a služby. Díky OSI modelu je možné snadněji programovat jednotlivé části a nezávisle je nahrazovat, např. vyměnit síťovou kartu, aplikaci, ovladač a zároveň ponechat ostatní součásti beze změn. K tomu, aby bylo možné toto provést, navíc bezchybně komunikovat s různými zařízeními, je zapotřebí soustavy závazných pravidel, podle nichž se bude probíhající komunikace řídit. Soubor takto definovaných pravidel, podle kterých se musí uskutečňovat a probíhat komunikace, se nazývá protokol. V každém protokolu musí být dodrženy podmínky, jako např. přidělení práv účastníkům k připojení do prostředí přenosového media, dále definice datových telegramů, které se mají dostat k správnému adresátovi a nakonec třeba určení stavu, pokud příjemce obdrží více dat, než může najednou zpracovat.



Obrázek 5.4 - Rozdíl mezi ISO/OSI modelem a KNX/EIB

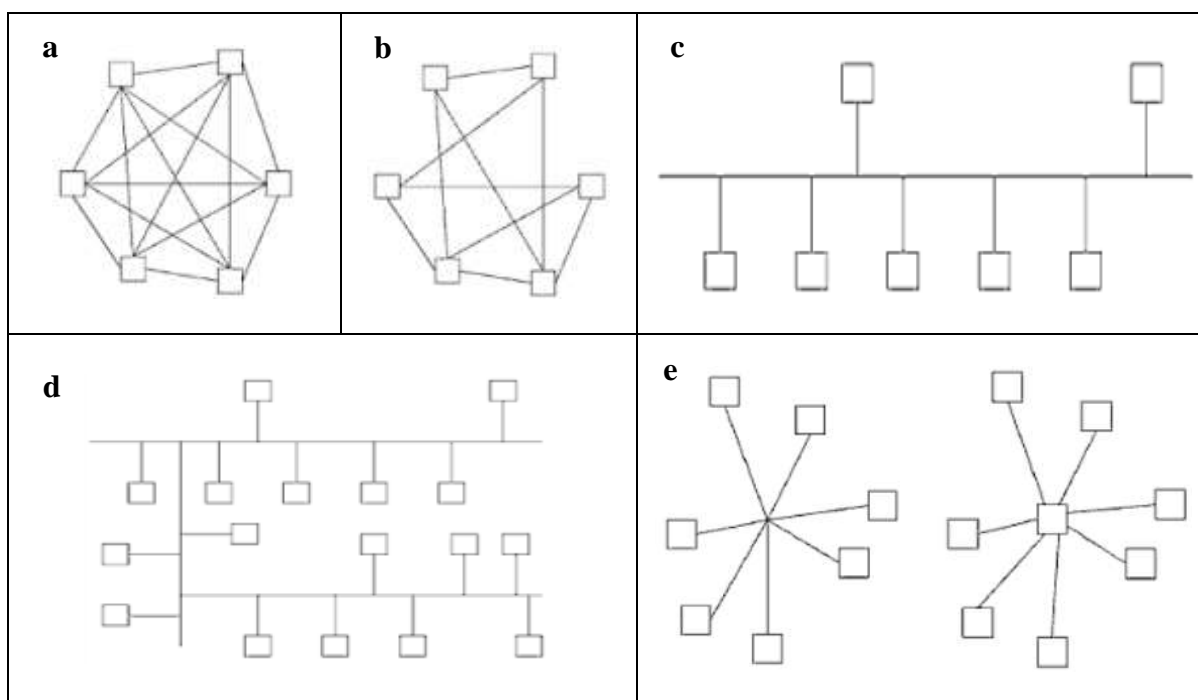
Na výše uvedeném obrázku lze vidět rozdíl mezi protokoly ISO/OSI a KNX/EIB. Není vždy nutné, aby se v každém komunikačním systému implementovalo všech sedm vrstev – u KNX je to jen vrstva 1,2,3,4,7 a u systému sběrnic jsou realizovány pouze vrstvy 1,2,7. Referenční model ISO/OSI definuje a popisuje následujících sedm vrstev: [30]

- 1.) **Fyzická vrstva** zahrnuje konektory, kabely a zařízení pro tvorbu digitálních signálů, dále slouží pro synchronizaci přijímaných a vysílaných relací
- 2.) **Linková (datová) vrstva** zabezpečuje formátování přenášených informací do rámců zahrnující adresu příjemce a odesílatele, vlastní přenášený údaj a případně údaje potvrzující přijetí zprávy příjemcem
- 3.) **Síťová vrstva** zabezpečuje směrování přes přepínače (routery) spojující komunikační linie
- 4.) **Transportní vrstva** konfiguruje přenášenou relaci (pakety)
- 5.) **Relační vrstva** vytváří relace - neboli časové intervaly pro komunikaci mezi aplikačními procesy a synchronizuje komunikaci
- 6.) **Prezenční vrstva** vytváří překlad přenášených bitových řetězců do tvaru dostupného pro uživatele
- 7.) **Aplikační vrstva** pak poskytuje podpůrné služby jako je možnost dálkového programování jednotlivých prvků, výstupy údajů a informace z procesů

Topologie sběrnic

Topologie popisuje strukturu systému s ohledem na komunikačně – technické vazby komponentů, které ji vytvářejí. Ke grafickému popisu slouží tzv. síťové grafy. Při dodržení určitých pravidel je pak možné, že účastníci spolu mohou komunikovat, aniž by se signály překrývaly a vznikaly tak chyby v komunikaci. V úvahu připadá pět nejznámějších topologií: [12]

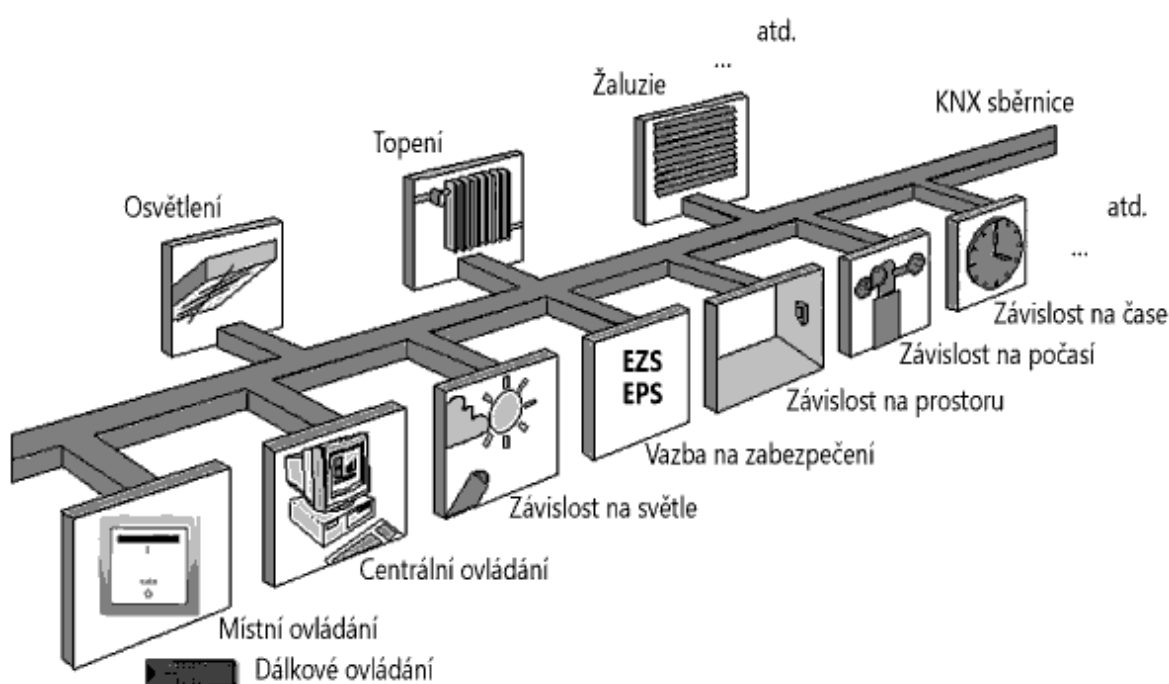
- úplná propojená polygonální síť** – každý účastník je spojen přímo se všemi ostatními účastníky, přenosové kanály mohou být také provozovány paralelně
- částečně propojená polygonální síť** – se všemi účastníky jsou spojeni jen vybraní účastníci, přenosové kanály mohou být také provozovány paralelně
- liniová (sběrnicová) síť** – jednotliví účastníci jsou připojeni krátkými odbočkami k základní sběrnici
- stromová síť** – rozvinutá (složitější) sběrnicová topologie, kdy na hlavní sběrnici jsou kromě účastníků napojeny i další sběrnice, což umožňuje zasítování větších objektů
- hvězdicová síť** – přenosové kanály všech účastníků se sbíhají do jednoho hlavního uzlu, nebo stanice, přičemž jako centrální stanice může být použit hub nebo switch



Obrázek 5.5 – Síťové grafy (zobrazení všech druhů topologií) [12]

5.2.2 KNX/EIB

Evropská instalační sběrnice KNX/EIB (European Installation Bus) byla vyvinuta dohodnutými výrobci (sdružení Asociace KNX) na základě požadavku ovládat a řídit osvětlení a celkovou elektroinstalaci pomocí jednotného kompatibilního systému. Jedná se o průmyslový komunikační systém na bázi OSI modelu (celosvětový standard pro systémovou techniku budov), který se používá pro síťové infromatické spojení zařízení (snímačů, akčních členů, regulátorů, řídicích zařízení, obslužných a měřicích zařízení) tak, jak je uvedeno na obrázku 5.6. Sběrnice KNX/EIB byla vyvinuta jako systém, který měl pokrýt všechny důležité instalace, které lze pro TZB použít.



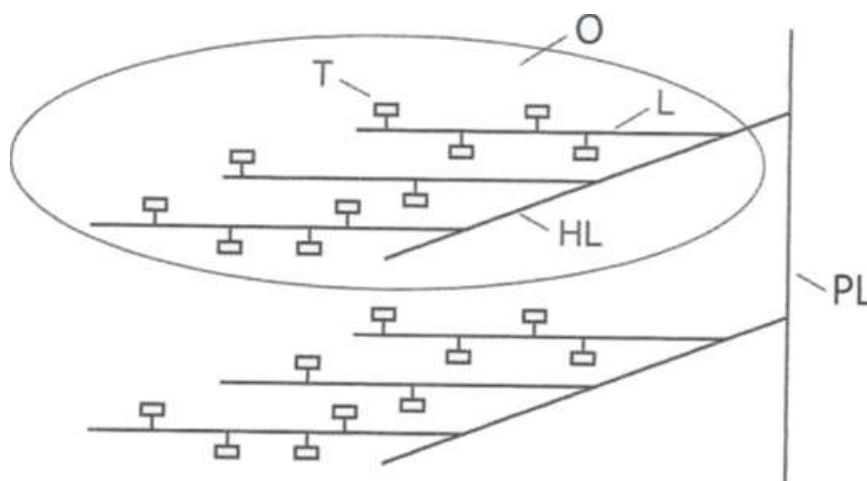
Obrázek 5.6 – Příklad využití sběrnice KNX/EIB [13]

Sběrnici je možno realizovat různými fyzikálně technickými způsoby, např. pomocí:

- **kroucený pár - Twisted Pair (KNX.TP)** – nákladově nejvýhodnější, nejčastější použití, hlavně u novostaveb
- **silové vedení – Power Line (KNX.PL)** – s výhodou se použije v případě, kdy se stávající silová rozvodná síť musí použít pro přenos dat, kde se žádné samostatně oddělené vedení sběrnice nemůže položit – datové signály se tak překrývají sinovým napětím napájecí sítě
- **radiové spojení (KNX.RF)** – není potřeba zakládat vedení, přenos je bezdrátový
- **Ethernetové spojení (KNXnet/IP)** – použití např. při komunikaci s obsluhou a dohledem, napojení na síť TCP/IP
- **spojení optickými vlákny** – použití u větších vzdáleností, nevzniká rušení přístrojů jako v případě metalických vedení

Ratifikace KNX/EIB proběhla technickou normalizační komisí CENELEC v roce 2003, přičemž byla začleněna do normy ČSN EN 50090. Tato norma udává, že přístroje různých výrobců zkonstruovaných podle požadavků KNX/EIB mohou mezi sebou bez problémů komunikovat, ovšem elektrické spojení všech zařízení na sběrnici musí být podle daných pravidel topologie. Topologie sítě KNX/EIB lze přirovnat k stromové topologii (viz obr. 5.7), kdy rozeznáváme tuto hierarchii: [12]

- **T** – účastník (jednotlivé účastnické stanice jsou spojeny vedením)
- **L** – linie (slouží na spojení jednotlivých účastníků)
- **HL** – hlavní linie (spojuje více linií)
- **O** – oblast (seskupené hlavní linie – např. jedno podlaží v RD)
- **PL** – páteřní linie (napojení oblastí na hlavní linii)



Obrázek 5.7 - Topologie sběrnice KNX/EIB [12]

Počet účastníků, linií a oblastí je závislý na prostorovém umístění sítě a počtu instalovaných přístrojů. Síť může mít až 64 účastníků, u komplikovanějších konfigurací se síť strukturuje do oblastí, které zahrnují jednu až několik linií. Jedna linie se čtyřmi liniovými segmenty může tak mít až 256 připojených účastníků. Větší počet linií může být výhodný i z hlediska snížení zátěže sběrnice na linii. Liniové segmenty, linie a oblasti jsou datově (technicky) vzájemně spojeny pomocí propojovacích jednotek (liniových zesilovačů, liniových spojek a oblastních spojek). Snímače, akční členy a spojky jsou v systému KNX/EIB reálnými účastnickými stanicemi, které se účastní datové komunikace, a proto je jim přidělena individuální adresa, na níž jsou umístěny. Účastnické stanice, které jsou zahrnuty do jedné skupiny a vyměňují si mezi sebou informace, mají vedle své individuální adresy také skupinovou adresu, na které jsou dosažitelné. Každá linie musí být vybavena vlastním zdrojem napájení.

Použití sběrnice KNX/EIB plyne z více pohodlí, větší hospodárnosti provozu, větší bezpečnosti a hlavně větší využitelnosti nemovitosti, kterou můžeme dosáhnout tímto systémem instalace. Jako příklad lze uvést v realizaci automatizace a řízení funkcí budovy např. zajištění funkčního vstupu a výstupu, řídicí funkce, obslužné funkce, zpracovávání dat. To vše se děje za přispění **snímačů** (např. snímače osvětlení, pohybové snímače, tlačítkové snímače, snímače rozbití skla), **akčních členů** (stmívacích, spínacích, pro řízení pohonu např. žaluzií, ovladače), **regulačních a řídicích přístrojů** (logické obvody), **obslužných, měřicích a sledovacích zařízení** (vizualizace pomocí kontrolních panelů).

Již není nutné mít k dispozici centrální dispečerské pracoviště (ústřednu), protože každé zařízení na sběrnici má svůj vlastní mikropočítač. Pomocí softwarových aplikací lze pružně modifikovat celou řadu funkcí příslušného přístroje, čímž se instalace na KNX/EIB stává velice pružnou. Jediná nevýhoda oproti konvenčním způsobům elektroinstalace spočívá v ceně přístrojů KNX/EIB, které jsou sice co do počátečních nákladů o něco vyšší, ale už po pár měsících provozu se může provoz díky šetrnějšímu energetickému managementu stát výhodnějším. Investice se v každém případě vyplatí u všech typů účelových budov, taktéž u záměrů, kdy chceme integrovat více TZB zařízení do jednoho celku, popřípadě pokud plánujeme v budoucnu rozšiřování funkcí systému / stavby.

Návrh systému KNX spočívá nejprve ve vhodném zvolení přenosového media (kroucený pár, radiový přenos, optické vedení, silové vedení, ethernet). Následně vybereme přístroje, které budou na sběrnici splňovat předpokládané úkoly a funkce. Důležité je zvolit topologii celé sítě, komunikační vztahy mezi jednotlivými prvky, snímači nebo akčními členy. Nakonec vše naprogramujeme pomocí dodávaného softwaru ETS, kde přiřadíme individuální adresy všem prvkům a nastavíme jejich parametry (funkce, které budou vykonávat).

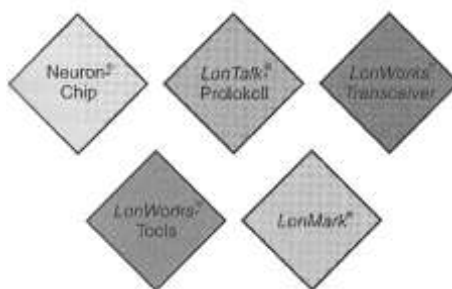
5.2.3 LONWORKS

S výhodou oproti sběrnici KNX tento systém využijeme například pro regulaci a řízení provozně technických zařízení HVAC, kde je nutné přenášet a zpracovávat velké množství naměřených a referenčních hodnot, popř. dalších parametrů. Vznikají zde totiž vyšší nároky na procesor i na samotné programování, což by z hlediska zátěže sběrnice KNX nevládala tak dobře. Technologie KNX/EIB je pro LONWORKS přímým konkurentem pouze v oblasti regulace a ovládání osvětlení, pro složitější aplikace v automatizaci budov lze s velkými výhodami využívat systém LONWORKS. Díky velké nabídce snímačů a akčních členů lze realizovat celou řadu funkcí TZB, jako jsou HVAC (vytápění, větrání, chlazení), řízení osvětlení, zastínění žaluziemi, bezpečnost (napojení na systémy PZTS), multimédia (vizualizace na kontrolních panelech).

Technologie LONWORKS (Local Operating Network) je sběrnice systém, standardizovaný podle normy EN 14908. Jedná se o univerzální automatizační systém, který byl vyvíjen od roku 1986 americkou firmou Echelon. Použité přístroje a zařízení jsou vybaveny vlastní distribuovanou inteligencí a jsou napojeny na lokální operační síť. Tato technologie se na evropském trhu prosadila zejména právě v oblasti automatizace budov. Uplatnění nachází díky své výkonnosti především v řídicích jednotkách automatizačních řídicích systémů, taktéž ale v decentralizovaných (distribuovaných) systémech techniky budov. Česká norma, zabývající problematikou LONWORKS sítí, nese označení ČSN EN 14908-x (kde x=2,3,4) - Otevřená datová komunikace v automatizaci a řízení budov.

Prvky technologie LONWORKS

Technologie LONWORKS se skládá celkem z pěti prvků (viz obr. 5.8). Patří sem neuronový čip, protokol LONTALK, transceiver, softwarový nástroj LONWORKS Tools a nakonec asociace LONMARK.



Obrázek 5.8 - Prvky technologie LONWORKS [12]

Základním prvkem technologie LONWORKS je vlastní, autonomně vyrobený mikropočítač – **neuronový čip (Neuron Chip)** - ten byl vyroben přímo firmou Echelon. Čip sestává z několika jednotlivých procesorů, každý z nich má určitou funkci. Společně s několika přídavnými prvky vytváří v síti LON účastnickou pracovní stanici. Pojem neuronový čip byl odvozen ze systémové topologie techniky LON, tzn., že se chová jako neuron a síť tak napodobuje nervový systém. Fyzikální neuronové čipy odpovídají funkčně uzlům sítě.

Jakým způsobem se neuronové čipy pro různé aplikace programují a jak vzájemně komunikují, popisuje protokol **LONTALK**. Tento komunikační protokol využívající jednotného programovacího jazyka je v neuronovém čipu pevně implementován jako jeho firmware.

Dalším prvkem technologie LONWORKS je **transceiver**, což je samostatný modul, který integruje funkci vysílače a přijímače. Transceiver zajišťuje propojení neuronových čipů do jedné fyzické sítě. Transceiverem je nejčastěji vedení pomocí kroucené dvojlinky, neméně časté je ovšem i radiové vysokofrekvenční spojení či přenos silovým vedením (pro 230 V).

Pro aplikační řízení technologie LONWORKS používáme softwarový nástroj **LONWORKS Tools**, který v sobě integruje programátorské a implementační funkce. Tento nástroj nám nabízí naprogramování vlastních aplikací v neuronových čipech.

Významným úkolem systému LONWORKS je výměna dat mezi několika komponenty od různých výrobců (tzv. interoperabilita). Asociace interoperability LONMARK (LONMAKR Interoperability Association) má na starost právě kontrolu podmínek, které jsou pro tuto funkci potřebné. Je důležité, aby zařízení splňovalo základní funkcionality a minimální požadavky a dosahovalo požadovaných měřitelných údajů. Po projití přístrojů zkouškami asociace LONMAKR mohou takto otestované přístroje komunikovat bez problémů s přístroji ostatních výrobců. Právě díky tomu, že je kladen veliký důraz na interoperabilitu prvků, je technologie LONWORKS na evropském trhu velice úspěšná. [11], [12]

5.2.4 BACnet

Pojem BACnet popisuje standardizovaný komunikační protokol pro automatizační a řídicí systémy budov, v němž mohou zařízení a systémy vzájemně komunikovat a vyměňovat si informace. Protokol BACnet vyvinula společnost ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air – Conditioning Engineers) v roce 1995. Rozšíření do celého světa proběhlo velice rychle, k nám se dostal do povědomí v roce 2004, kdy byla zároveň vytvořena norma zabývající se touto problematikou (ČSN EN ISO 16484-5).

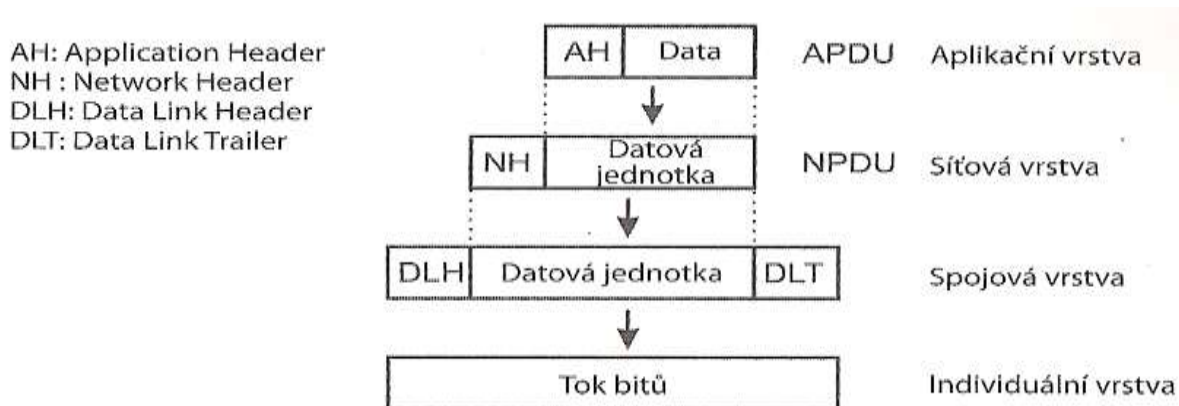
BACnet byl vyvinut pro potřeby interoperability přístrojů (komunikace prvků nezávazně na výrobci zboží), protože se automatizace budov v té době vyznačovala velikou rozdrobeností vlastních technologií od různých výrobců – nešlo tak např. vytápění od jednoho výrobce řídit softwarem od výrobce druhého. Vznikala tak obrovská nekompatibilita mezi instalovanými systémy budov (vzduchotechnika, topení, zabezpečovací technika, či osvětlení), což vedlo ke komplikacím při stavbách, kdy bylo nutné pracovat pouze s prvky jediného výrobce, aby byl systém schopen určitého jednotného řízení. BACnet tak poskytoval otevřený a pružný komunikační protokol, jež umožnil provozovat komponenty různých výrobců mezi sebou uvnitř jednoho systému, což vedlo k větší tržní transparentnosti a většímu konkurenčnímu prostředí, s čímž souvisely i cenové náklady na pořizování těchto otevřených systémů. Koncepce BACnet tak usnadňuje funkční provázanost systémů TZB, což s sebou přináší vyšší komfort, lepší optimalizaci spotřeby energie, více bezpečnosti a možnost snížení celkových nákladů.

Síť BACnet slouží k integraci a propojení řídicích počítačů, které řídí automatizované systémy v rozsáhlých budovách (např. nemocnice, univerzity, vládní budovy). BACnet se vyznačuje objektově orientovanou strukturou s velkým výkonovým rozsahem, proto lze aplikovat na všech rovinách automatizační struktury budov, kdy v automatizaci budov vytváří distribuovaný systém v podobě vícevrstvého modelu. Systém BACnet vykazuje velké přednosti na úrovni managementu, proto je s oblibou používána jako nadřazený systém u rozsáhlých instalací, které samy pracují na provozně procesní úrovni autonomně v rámci LONWORKD, nebo KNX/EIB. Z nákladových důvodů se však tato komunikační síť s v technice budov moc neujala.

Přenos a předávání zpráv se uskutečňuje nejčastěji za využití disponibilních lokálních sítí (LAN) pro komunikaci mezi kanceláři. Zprávy BACnet se nejčastěji přenáší sítěmi typu Ethernet. Pro větší vzdálenosti je výhodné využití spojení s vytáčením po telefonní síti.

Komunikační architektura BACnet

I BACnet je založen na referenčním modelu ISO/OSI, kdy funkce jeho prezentační, relační a transportní vrstvy jsou integrovány do aplikační vrstvy. Důvodem je redukce dodatečných informací, jejichž rozsah roste s počtem vrstev, neméně také nákladová položka na pořízení hardwaru a softwaru pro přenos dat. **Individuální vrstva** slouží podle definice pro elektrické spojení zařízení. Tato je v síti BACnet samozřejmě nezbytná. Co však lze redukovat, je **síťová vrstva**, jelikož uvnitř jednotlivých oddělených částí není potřeba. Z mnoha funkcí **transportní vrstvy** lze jmenovat např. kontrolu toku dat či rozložení dat do úseků. **Relační a prezentační vrstva** nemusí být taktéž samostatně, jelikož zprávy BACnetu jsou většinou krátké a nevyžadují si přerušení ani mechanismus opětovného navázání. Konverze formátů nebo komprese dat také nemají moc velký význam. Při tvorbě zprávy v BACnet projde zpráva následujícími vrstvami (viz obr 5.9):



Obrázek 5.9 – Zapouzdření dat (encapsulating) v BACnet [12]

Datová jednotka **aplikační vrstvy** (APDU – Application Protocol Data Unit) je tvořena záhlavím (AH – Application Header) aplikačních dat (pokyny k manipulaci s objekty). Tato jednotka se v síťové vrstvě dále přenáší a opatřuje ještě dalším průvodním záhlavím (NH – Network Header), které obsahuje globální síťové adresy. NPDU (Network Protocol Data Unit) dostává od spojové vrstvy ještě informace k adresám v lokální síti a poté se pomocí fyzické adresy posílá na přenosové medium. Postup tohoto postupného zapouzdřování probíhá na straně příjemce v obráceném pořadí a data se vyšlou až do tamní aplikační vrstvy.

5.2.5 Přenosová média pro využití v automatizaci budov

Při prvotní volbě technologií pro přenos informací musíme brát v úvahu tyto faktory:

- přenosovou rychlost
- relační dobu
- počet účastnických stanic
- maximální délku vedení
- požadované celkové náklady

K přenosu informací můžeme využít následující přenosová média: [12]

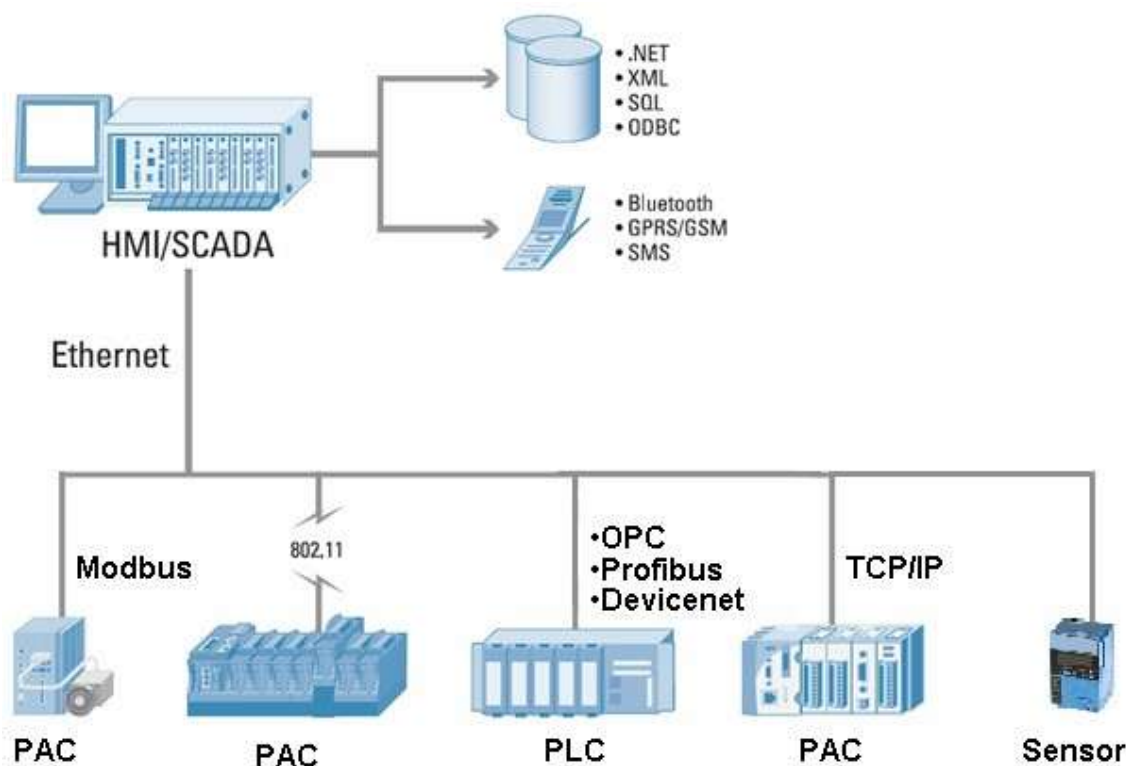
- **MS/TP (Master - Slave / Token - Passing)**
 - jednoduchá a ekonomicky vhodná technologie, menší přenosová rychlost
 - lze použít stíněné kroucené dvoulinky, délka až do 1200m
 - může vznikat rušení vedení v blízkosti elektrických vodičů
 - je třeba dbát na správné zakončení kabelů, kdy na každý konec musíme umístit odpor, který odpovídá vlnovému odporu vedení (eliminace odrazů na konci vedení)
- **PTP (Point to Point)**
 - technologie komutovaného (vytáčeného) spojení přes telefonní modem
- **Ethernet (TP - kroucená dvoulinka)**
 - nejčastějším médiem pro přenos informací je TP (Twisted Pair) kabel, tedy měděný kabel s více zkroucenými páry vodičů
 - jednoduchá instalace, nízké náklady, vyšší možnost rušení (můžeme redukovat stíněním nebo zkroucením párů vodičů)
 - vyšší přenosové rychlosti a vyšší frekvenci přenosu mají za následek útlum (snížení energie signálu na cestě od odesílatele k příjemci) a přeslechy mezi vodiči (nežádoucí přenos signálů od jednoho páru vodičů k druhému)
- **optická vlákna**
 - přenos se uskutečňuje světelnými impulsy, které jsou přenášeny optickým světlovodem (vlákno z křemičitého skla nebo plastu)
 - výrazně dražší než kabelové rozvody, náročnější montáž (dodržení minimálního poloměru ohybu, montování konektorů)
 - nižší útlum, vyšší přenosové rychlosti, zajištění proti odposlechu, odolnost proti zásahu blesku, bezpečný přenos dat ve výbušném prostředí, nedochází ke ztrátám, odolné vůči korozi, menší hmotnost i průměr kabelu
- **strukturované kabelové rozvody**
 - kombinace všech možných přenosových technologií dává možnosti využití širokého spektra aplikací (kombinace výhod všech medií)
- **WLAN (radiový bezdrátový přenos)**
 - pracuje nejčastěji v pásmu 2,4 GHz nebo 5 GHz
 - použití v památkově chráněných historických budovách, nebo tam, kde máme budovy od sebe příliš daleko
 - není garantovaná ochrana proti rušení (v tomto pásmu), nižší ochrana proti odposlechu a celková nižší spolehlivost bezdrátových systémů
 - složité projektování (je potřeba provést měření dosahu signálu pro zjištění pokrytí)

5.3 VIZUALIZAČNÍ SYSTÉM SCADA/HMI

Často se v této souvislosti setkáváme se zkratkou SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), která je ještě doplňována dodatkem HMI (Human-Machine Interface), který jen upřesňuje (z dnešního pohledu již zbytečně), že se jedná o řešení operátorského rozhraní. Termín SCADA lze přeložit jako dispečerské řízení a sběr dat.

V devadesátých letech minulého století byl často ještě do počítačů instalován operační systém DOS a jeho variace, a tak byly systémy SCADA, někdy typické velmi jednoduchou grafikou, složenou z dostupných symbolů ASCII, a v lepším případě disponovaly vlastním grafickým prostředím vzdáleně připomínajícím dnešní systémy MS Windows. Tento software byl také ze současného pohledu velmi „neohebný“ a některé funkce prostě nebylo možné realizovat. Proto se často stávalo, že si aplikační firma napsala vlastní, mnohdy jednoúčelový systém SCADA, aby vyhověla konkrétnímu přání zákazníka. V té době bylo také typické, že systémy SCADA velkých výrobců automatizace spolupracovaly téměř výhradně s PLC a řídicími systémy těchto výrobců a integrace byla nutná na úrovni řídicího systému. Od těch dob naštěstí technické řešení systémů výrazně pokročilo. [15]

Vizualizační systémy se staly součástí automatizace. Nejedná se už jen o výsadu velínů a dispečerských pracovišť velkých průmyslových a energetických provozů – hutí, válcoven, elektráren, chemiček, distribučních sítí nebo dopravních systémů, setkáváme se s nimi už i v nevelkých provozech, např. v pivovaru, pekárně, v pracovně podnikového energetika, technologa, správce budovy nebo recepčního v penzionu, ale třeba i na pracovišti učitele nebo u učební pomůcky ve školní laboratoři. Technika vestavných panelových počítačů (embedded PC) už neodsouvá vizualizační systémy do oddělených prostorů velínů a dispečerských pracovišť, zpřístupňuje je i pro použití přímo na pracovištích, např. pro obsluhu jednotlivých strojů a linek nebo technologických objektů (např. kotelen, předávacích stanic, strojů klimatické, transformátorových stanic). Je možné se s nimi setkat i v kabině řidiče vlaku nebo metra.



Obrázek 5.10 - Architektura systému SCADA [15]

Využití SCADA najdeme především v procesech kontrolující HVAC (vytápění, větrání a klimatizaci), dostupnost a spotřebu elektrické energie v účelových objektech (letiště, parlamentní budovy, obchodní domy apod.), dále v průmyslových procesech. Setkat se s touto technologií můžeme i v průmyslových řídicích systémech, kde se z centrálního pracoviště monitorují / řídí průmyslová zařízení a procesy, přičemž pomocí SCADA je možné jejich řízení a ovládání (např. na obrázku 5.10 je zobrazena ukázková architektura systému). SCADA tedy není plnohodnotným řídicím systémem, ale zaměřuje se spíše na úroveň supervizora (např. dispečera). Zpravidla je to software (grafické operátorské rozhraní) fungující nad skutečným řídicím systémem založeným např. na PLC (programovatelný logický automat) nebo jiných HW zařízeních. SCADA umožňuje zviditelnění stavů řízených objektů, jejich obsluhu, dlouhodobé sledování a monitorování a dokumentování vývoje procesů, prokazování jejich kvality a náročnosti, řešení technické diagnostiky. Mnohdy slouží jako rozhraní mezi vyššími úrovněmi podnikových informačních systémů a mezi vlastním provozem.

Ze známých softwarových nástrojů, které se zabývají vizualizací a podporou pro SCADA systémy, lze uvést např. ControlWeb od Zlínské společnosti Moravské přístroje a.s., dále Promotic, Reliance, InTouch, WIZCON nebo Web Studio.

Základní principy a způsob práce mají všechny vizualizační systémy obdobné, lišit se mohou v nabízeném komfortu, který významně ovlivňuje psychickou zátěž a produktivitu práce programátora, ale i spokojenost koncového uživatele. Důležité jsou rozsah a kvalita knihoven grafických komponent pro univerzální použití i se zaměřením na důležité technologické obory. Významné jsou i univerzálnost a přívětivost popisného jazyka (skriptů) pro definování vztahů a souvislostí mezi proměnnými a dalšími programovými objekty. Nelze pominout ani zdánlivě banální věci, jakými jsou logické uspořádání jednotlivých oken a provedení dialogu, řešení kontextové nápovědy, ale i jazyková mutace programu a jeho dokumentace. Důležitá je i funkce post-mort. Uplatní se zejména v krizových situacích, při haváriích a různých výpadech technologického procesu. Umožňuje zpětně zobrazit vývoj, který mimořádné události předcházely, a dovoluje rekonstruovat a stanovit její příčiny nebo zavinění. Nestačí pouhý sled výstražných hlášení, ale dlouhodobý časový záznam zvolených proměnných procesů, zobrazený s co největší názorností. [14]

Jedním z důležitých požadavků je zabezpečení. V podstatě všechny výhody systémů SCADA, včetně jejich snadného použití, vyplývají z toho, že při jejich vývoji byly převzaty technické postupy známé z obecných „kancelářských“ informačních systémů. To s sebou ale nese také jejich větší zranitelnost. Jde o aspekt, který odborníky v blízké budoucnosti trochu potrápí, protože snadnost použití systémů SCADA je vystavuje bezpečnostním hrozbám, jako jsou narušení komunikací, cílené infiltrace apod. Systémy SCADA, a tedy i jejich vývojáře, čeká v tomto směru ještě hodně práce.

Z pohledu aplikačního inženýra je úplně nejdůležitějším hlediskem při výběru systému SCADA poměr produktivity práce při jeho použití k jeho ceně. Podle toho je často systém hodnocen, jestliže ho vybírá aplikační firma a nikoliv konečný zákazník, který může mít jiná kritéria. Je tak zřejmé, že jedním ze směrů nových systémů SCADA je implementace prvků zajišťujících snadnější zprovoznění systému u zákazníka, použití atraktivních grafických interpretací a lepší integrace dat do nadstavbových a jiných systémů. V oblasti síťových funkcí je jednoznačným trendem vylepšování webových klientů, ať již jsou jakéhokoliv typu. Je docela možné, že brzy nastane doba, kdy klienti systémů SCADA budou mít výhradně tuto formu. Systém SCADA není tvořen jen softwarem samotným a jeho technickými vlastnostmi, ale také podporou výrobce, kterou mnozí aplikační inženýři velmi ocení, řeší-li něco nepředpokládaného přímo u zákazníka pod velkým tlakem okolností, termínů apod.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CHARAKTERISTIKA ŘEŠENÉHO OBJEKTU - RESTAURACE

Při zřizování nebo rekonstrukci kuchyní společného stravování je důležité stanovit správnou koncepci provozu a poté vypracovat projekt, při jehož návrhu hraje roli celá řada faktorů. Těmi zásadními jsou předpokládaný počet porcí, který se zde bude připravovat, zda se jedná o kuchyni v nemocnici, restauraci, veřejnou či školní jídelnu. Rozdílný přístup musíme zaujmout také podle toho, jestli se zde budou připravovat pouze obědy nebo celodenní stravování. Omezujícím faktorem je například prostor a použité technologie, i když základní vybavení kuchyní bývá podobné. Kromě těchto bodů je důležité myslet také na zázemí kuchyně, tzn. přípravný masa a ostatních produktů, umývárny nádobí, sklady, ale například i sociální zařízení pro zaměstnance, šatny a denní místnost. Z toho vyplývá, že není důležité vyhovět pouze požadavkům a přáním technologa a vedoucí jídelny, ale zejména hygienickým předpisům.

Návrh projektu kuchyní pro společné stravování je velice náročná záležitost. Je to společné dílo projektantů několika profesí - od architekta, stavebního projektanta a technologa až po projektanty dalších profesí - zdravotníky, vzduchotechniky, plynoinstalace, elektrická instalace, vytápění, kteří musí respektovat požadavky dané hygienickými a jinými předpisy. Jako podklad pro návrh kuchyně společného stravování slouží jednak typologické požadavky pozemního stavitelství, které vycházejí z dlouhodobých zkušeností s provozem kuchyní veškerých občanských staveb, jako jsou školní kuchyně, kuchyně pro nemocnice, hotely, internáty, administrativní budovy a dále různé hygienické předpisy a vyhlášky Ministerstva zdravotnictví (konkrétně vyhláška č. 107/2001 Sb.). Zpřísněné jsou v dané vyhlášce kromě požadavků na samotný provoz a vybavení kuchyní i požadavky na jejich mikroklima. Dříve se navrhovalo vzduchotechnické zařízení na určitou x -násobnou výměnu vzduchu danou výškou kuchyňských prostorů a druhem pracovního úseku. Nyní je třeba brát v úvahu konkrétní vývin tepla a páry od jednotlivých spotřebičů. Pro kvalitní návrh vzduchotechniky je nutné, aby investor projektanta dokonale seznámil s veškerým zařízením, které bude instalováno v kuchyňském provozu.

Mezi nejnovější trendy patří v oblasti vzduchotechniky speciální klimatizační stropy z nerezového plechu. Odsávací zařízení je tak umístěno přímo nad spotřebiči. Stropy bývají složeny z odnímatelných a především omyvatelných kazet, které umožňují snadnou demontáž a čištění podhledů. Jejich součástí bývají i krytá svítidla, čímž je zajištěno, že v případě jejich rozbití nedojde ke kontaminaci provozovny, čímž se vyhovuje dalším požadavkům výše zmíněné vyhlášky.

Veškeré úpravy a modernizace s sebou nesou nemalé náklady. Je však třeba zvážit pozitiva, které moderní technologie mají. Například popisovaná konstrukce stropního podhledu představuje vyšší investiční náklady než klasická vzduchotechnika, má ale další výhody, které vynaložené náklady brzo vrátí. Není totiž například nutné provádět drahé kryty svítidel a elektroinstalace, není potřeba časté malování stropů, provoz v kuchyni je čistší a hygieničtější. Na adresu úspor je vhodné uvést i příklad dalších moderních technologií, které snižují náklady kuchyňského provozu (např. využívání úsporných spotřebičů). [31]

6.1 Dislokace objektu

Provozovna rychlého občerstvení (restaurace) s kuchyní a jídelnou se nachází v centru Zlína v nově (r. 2008) postaveném obchodním domě (viz mapka na obrázku 6.1). Prostory restaurace jsou umístěny v rohové části budovy (na obrázku zvýrazněny barvou oproti ostatním prostorům). Restaurace má v prostoru obchodního centra značnou rozlohu – rozloha restaurace činí 278 m², přičemž prostory pro návštěvníky (jídelna a toalety) zabírají plochu 162 m² a zázemí restaurace má plochu 116 m². Obestavěný objem prostoru je 1042,5 m³. Počet míst v restauraci je omezen počtem stolů na 76 míst. Nad i pod restaurací se nachází klasické prodejní prostory (nábytek nahoře a pod restaurací je prodejna oblečení). Na obrázku 6.2 je zobrazena stavební situace objektu.



Obrázek 6.1 – Dislokace restaurace [převzato z: www.mapy.cz]



Obrázek 6.2 – Půdorys objektu (Restaurace KFC)

6.2 Stavební řešení prostoru restaurace

Restaurace KFC je umístěna uvnitř komplexu obchodního centra, přičemž její vodorovné konstrukce tvoří železobetonový skelet a příčky (svislé konstrukce) jsou tvořeny ve značné části prostoru SDK (sádrokartonovými) deskami. V požadavcích kladených na prostor pracoviště je zřejmé, že jsou dané normy (světla výška minimálně 2,6 m při ploše do 50 m²) splněny. Všechny konstrukční materiály byly propočítány v programu Stavební fyzika 2011 s vyhovujícím výsledkem z hlediska normy [25] na požadavek o součiniteli prostupu tepla (viz kapitola 8.1). [32]

6.2.1 Podlaha

Na železobetonovém základu tloušťky 0,3 m je pomocí vyrovnané cementové vrstvy a dvojité (tepelné a vodní) izolaci položen neglazovaný dlaždicový obklad z pevného kamene (60 x 60 x 1,1 cm u jídelny, v zázemí restaurace se používají rozměry 20 x 20 x 0,9 cm), které mají protisklizovou úpravu. Zvláště v restauračním provozu je třeba dbát na neprůsakovost podlah a ochranu proti tlakové i stojaté vodě, které je konkrétně řešeno vodotěsnými lemováním (bandáží) dlaždic spojovací maltou - epoxidovou pryskyřicí.

6.2.2 Stropy

Stropy v prostoru jídelny jsou řešeny bez podhledů se světlou výškou 3,5 m. Pod stropem z monolitických betonových panelů jsou vedeny vzduchovody, elektrické a vodní rozvody. Ve výšce 2,8 m jsou umístěny světelné trubice, které osvětlují prostor jídelny umělým osvětlením. Díky osvětlení a správnému nátěru všech zařízení vedoucích nad světly působí toto řešení pro návštěvníky velice čistě, nikdo si na první pohled nevšimne technického vybavení pod stropem. V zázemí restaurace je strop proveden pomocí kazetových sádrových desek (podhledů) se světlou výškou 2,8 m. Sádrové desky jsou bílé barvy a musejí mít certifikaci na kuchyňské provozy (např. výrobce RIGIPS). Instalační provozy jsou vedeny skrytě nad podhledy.

6.2.3 Svislé stěny

Restaurace se nachází v rohu budovy, proto svislé části (stěny) tvoří jednak obvodové zdivo tloušťky 0,4 m (tvárnice YTONG) se zateplením kontaktní minerální vlnou tloušťky 0,1 m. Vnitřní prostory restaurace jsou rozčleněny pomocí SDK (sádrokartonových) příček na kuchyň, přípravny, sklady, zázemí personálu a sociální zařízení. Na 12,5 mm širokých SDK deskách zn. KNAUF (případně RIGIPS) jsou přilepeny obkládací dlaždice (11 mm) o

rozměrech 15 x 15 cm. Stěny v prostorách zázemí restaurace musejí být vybaveny nátěrem s hydroizolací. Všechny vnější rohy zdí jsou opatřeny ochrannými plechy z vysoce jakostní oceli se zahnutými rohy. Výška rohových plechů je 2 m, rozměry jsou 4 x 4 x 0,2 cm.

6.2.4 Okna, dveře

Okenní plochy jsou neotevíratelné, vyrobené jsou z tepelně izolovaných dvojskel. Samotná okna jsou vyrobena ze zabarveného skla s propustností světla 64%, selektivitou 2.13, indexem barevné reprodukce 96 % a propustností slunečního záření 30%.

Vstupní dveře do prostoru restaurace určeného pro zákazníky tvoří pojízdný závěsný systém skleněných tabulí, které mají zesílené profily rohů a jsou potaženy jako okna bezpečnostní fólií (u oken je navíc přidána protisluneční fólie proti oslunění naproti výdejním pultům a proti nadměrným slunečním ziskům v prostoru rohové skleněné stěny). Vnitřní dveře do zázemí restaurace či zákaznické toalety jsou dvoumetrová dřevotřísková křídla s ocelovými zárubněmi. Spodky dveří jsou oplechovány plechem z nerezavějící oceli proti poškození kopáním

6.3 Technické řešení prostoru restaurace

6.3.1 Vodovod

Pro zásobování restaurace pitnou studenou vodou (SV) je v prostoru zázemí zaměstnanců vysazena odbočka DN25 ze centrálního rozvodu pitné vody. Kvůli potřebě měření je na odbočce rozvodu osazena vodoměrná sestava. Veškeré rozvody vody jsou z plastového potrubí. Požární vodovodní rozvody se stabilními hasicími zařízeními (sprinklery) jsou řešeny centrálně z rozvodů obchodního centra pomocí ocelového potrubí umístěného pod stropem (u podhledových částí je přívod na sprinkler řešen flexibilní přípojnou hadicí).

6.3.2 Kanalizace

Kanalizační systém je tvořen dvěma typy odpadního potrubí s plastovými trubkami. V zázemí restaurace jsou kvůli masné odpadní vodě použity trubky z HDPE (vysokohustotního polyetyleny) na tzv. tukovou kanalizaci (TK) DN100, přičemž nezbytný je zde odlučovač mastnot. Odtokové plochy k podlahovým vpustem mají mírný sklon (cca 50 x 50 cm). Odpadní vody z WC jsou řešeny pomocí druhého typu kanalizace - splaškové kanalizace (SK) DN125. Na TK jsou připojeny veškeré odpadní vody z restaurace (vyjma WC), včetně odvodů kondenzátů od VZT jednotek (FCU). Do stupačky SK je zaústěno odkanalizování pojistného ventilu od zásobníku teplé vody.

6.3.3 Elektroinstalace

Připojení na distribuční síť NN (nízkého napětí) je k dispozici od pronajímatele přiveden do rozvodné skříně (RS) umístěné v technické chodbě zázemí restaurace. Použitý hlavní jistič je 3 x 315 A. Napěťová soustava je 3 PEN 230V / 400V stř. 50 Hz, síť TN-C-S.

Ochrana před nebezpečným dotykem bude základní – samočinným odpojením od zdroje. Kompenzace účinníku není zapotřebí, jelikož induktivní zátěž je proti odporové zanedbatelná (zářivková tělesa obsahují kompenzaci). Pro funkci jištění proti přepětí je využito zálohované vedení z jednotky UPS o výkonu 3,5 kVA (tento okruh je určen pouze pro IT systémy, pokladny a bezpečnostní prvky EZS a EPS včetně nouzového osvětlení). Elektroinstalační sběrnice rozvody jsou vedeny skrytě v podhledovém prostoru v lištách upevněných na zdech.

Elektrické zásuvky jsou vybaveny klapkami pro zajištění ochrany proti stříkající vodě a jiným nečistotám (krytí IP54). Zásuvky jsou umístěny minimálně 30 cm nad podlahou. Všechny kovové spotřebiče jsou kvůli vyrovnání potenciálu zajištěny uzemněním. Rozvodná elektroinstalační skříň je umístěna v technické chodbě. [13]

6.3.4 Osvětlení

Svítilna jsou připojena dohromady pomocí sběrnice vedení KNX. Pomocí dodaného softwaru ETS se naprogramují světelné okruhy, které bude možné regulovat. Ovládání světel je v malé rozvodné skříně v technické chodbě. Světla z malých místností v zázemí (zaměstnanecké šatny, WC, kancelář, suchý sklad a technická chodba) je možné regulovat (vypínat) pomocí standardních vypínačů u vstupu do místnosti, které jsou ve výšce 120 cm nad podlahou. [13]

Intenzitu osvětlení místnosti udává norma ČSN EN 12 464-1. Jídelny mají doporučenou hodnotu 200 lx, u pultového výdeje potravin (u pokladen je možné zvýšit hodnotu až na 500 lx). K nasvícení pokladního pultu slouží bodové halogenové zářivky (70 W), pro osvětlení prostoru jídelny jsou použita závěsná zářivková trubice tělesa, přičemž jeden lustr je složen ze 4 zářivek (4 x 100 W). Krajiní stoly jsou nasvíceny bodovými světly s 70W žárovkami. V zázemí restaurace jsou použita kazetová tělesa umístěná do čtvercového tvaru upevněná v podhledech, zdrojem světla jsou zde elektroluminiscenční trubice (4 x 58 W). Intenzita osvětlení pracovního prostoru restaurace je 500 lux. Na osvětlení WC a šaten je žádáno 200 lx. [23]

6.4 Organizační členění prostoru restaurace

Restaurace KFC má k dispozici celkovou plochu 278 m², z toho 168 m² tvoří prostory pro zákazníky (jídlna, WC) a 110 m² je určeno pro zázemí restaurace včetně kuchyně, toalet, skladů a chladících komor. V následujících podkapitolách jsou popsány jednotlivé místnosti v restauraci, instalované přístroje a osvětlení s uvedením výkonu.

6.4.1 Jídlna

Jídlna je prostor vyhrazen pro návštěvníky restaurace, kteří si u pultu (pokladen) kupují občerstvení a poté si jej odnesou konzumovat ke stolkům (počet míst k sezení je 76). Celková rozloha jídelny čítá 165,57 m². Podlaha v jídelně je složena z kamenných dlaždic 60 x 60 x 1,1 cm. Strop je volný bez podhledů, veškerá instalace TZB je vedena viditelně zavěšená pod stropem. Nátěr stropu a všech rozvodů je tmavě černý, proto i díky správně umístěným svítidlům není na první pohled technické vedení vidět. Pod stropem prochází vedení vzduchotechniky pro odsávání (u okna) a vedení pro přívod čerstvého vzduchu (u stěny). Světlá výška prostoru je 3,75 m, zářivková do kříže stavěná svítidla jsou zavěšena ve výšce 3 m nad podlahou.

V jídelně je kromě uprostřed umístěných 7 do kříže sestavených zářivkových svítidel (každý kříž sestaven ze 4 zářivek) také celkem 6 samotných zářivek v lištách (dohromady 34 zářivek po 100 W), dále nad barovým stolem naproti pokladnám (u prosklené stěny) jsou umístěny 4 bodová halogenová závěsná svítidla (4 x 100 W) a také u sedacích boxů (tzv. VIP boxy) je zavěšeno 10 reflektorových svítidel (10 x 70 W).

6.4.2 Prodejna (výdej pokrmů, pokladny)

Pokladní pult osvětluje celkem 6 halogenových zářivek (6 x 70 W) a 3 kazetové zářivkové svítidlo umístěné do podhledu (3 x 232 W). Tento prodejní prostor má plochu 11,26 m² a tvoří rozhraní mezi jídelnou a přípravnou jídel (servisem). Přívod vzduchu na pracoviště je řešen pomocí vířivého anemostatu. Světlá výška je 2,8 m. Přístrojové vybavení tvoří výrobek ledu (1 kW), kávovar (3 kW), post mix – přístroj na stáčení sirupových nápojů (2 kW), přístroj na výrobu zmrzliny (5,3 kW) a mléčných koktejlů (4 kW). Nejdůležitějšími přístroji jsou zde pokladní automaty (kasy) – kompaktní desktoopy s dotykovými obrazovkami (6 x 0,1 kW).

6.4.3 Zákaznické toalety

Toalety pro zákazníky se nacházejí na konci jídelny (vzadu), jsou rozdělené na pánské a dámské společně s invalidy. Světlá výška prostoru je 2,2 m. Toalety jsou osvětleny bodovými zářiči s úspornými žárovkami, které jsou zakomponovány v podhledech (na každou toaletu 3 x 22 W). Toalety jsou odsávány pomocí ventilů umístěných v podhledech. Kabinky jsou odděleny stěnami z laminované překližky, hlavní stěny tvoří SDK desky s kamennými obklady 30 x 60 x 1,1 cm

6.4.4 Kuchyň

Kuchyň je v restauraci KFC rozdělena do dvou stavebně oddělených prostorů, především z důvodu křížové kontaminace potravin. Jednak to je kuchyň na zpracování syrového masa a pak přípravná produktů (servis). Světlá výška prostoru je 2,8 m. Osvětlení je v každé části kuchyně po 6 kusech kazetových zářivkových svítidel umístěných v rastru podhledu (2 x 6 x 232 W). Všechny stěny jsou ze SDK desek, na kterých jsou přilepeny keramické obklady 20 x 20 x 0,9 cm.

Příprava syrového masa (kuchyň)

V této části kuchyně se zpracovává syrové kuřecí maso. Surové naporcované maso se obalí v moučné směsi a smaží ve velké elektrické otevřené fritéze (21 kW) a malé tlakové (13,5 kW) fritéze, případně griluje za pomoci konvektomatu (10 kW). K uchování teploty masa slouží ohřívací kabinet (2 kW). Tepelně zpracované maso se dále zpracovává na servise (v přípravně jídel). Odsávání škodlivin nad fritézami a konvektomatem zajišťuje digestoř, vzduch přivádí vířivý anemostat a digestoř, chlazení prostoru je řešeno kazetovou fancoil jednotkou. V kuchyni se také nachází stojanová lednice (2 kW).

Kompletace pokrmů – přípravná jídel (servis)

Na tomto prostoru o rozloze 14,33 m² se nachází malá fritéza na smažení hranolků (17 kW), elektrický kontaktní gril (3,5 kW), vertikální kontaktní toaster (3,6 kW). Tyto přístroje jsou umístěny pod odsávací digestoři. Další vybavení tvoří ohříváč vody (3 kW), plotýnkový dvouvařič (zapíná se pouze 3 x za den – 5 kW), vyhřívané zásuvky a vitríny na suroviny (8,5 kW), malá lednička (1 kW), malý mrazák (0,5 kW), mikrovlnná trouba (3 kW) a lapač hmyzu (0,3 kW). Přívod čerstvého vzduchu je veden přes 2 vířivé anemostaty, klimatizaci prostoru zajišťují 2 kazetové fancoil jednotky.

6.4.5 Zázemí restaurace (šatny, WC)

Zaměstnanecké šatny jsou rozděleny na pánské a dámské, oboje s totožnou plochou 3,98 m². V šatnách jsou také sociální zařízení (toalety, sprchy), opět stejné u pánské i dámské verze (2,85 m²). Světlá výška je 2,8 m. Obě šatny osvětluje kazetové zářivkové svítidlo v podhledu (2 x 2 x 232 W), na WC a u sprchy jsou použita zakomponována bodová svítidla s úspornou žárovkou v SDK podhledech (2 x 3 x 22 W). Na pánské šatně se nacházejí elektrické akumulární zásobníky na teplou vodu (2 x 4 kW).

6.4.6 Kancelář vedoucího

Na ploše 3,19 m² se v kanceláři vedoucího nachází hlavní řídicí jednotka VZT, ústředna EZS a EPS, dohledový monitor pro CCTV kamery (0,2 kW) a záznamovým DVR zařízením (0,3 kW), pracovní desktop (0,5 kW) s monitorem (0,5 kW) a multifunkční kopírkou (0,4 kW). Osvětlení je pomocí 2 kazetových zářivkových svítidel v podhledu (2 x 232 W). Větrání zajišťuje anemostat s přívodním čerstvým vzduchem. Světlá výška je 2,8 m.

6.4.7 Suchý sklad potravin

Sklad potravin je větrán podtlakově pomocí talířového ventilu, osvětlení místnosti zajišťují 2 kazetová zářivková svítidla v podhledu (2 x 232 W). Ve skladu se nachází pouze rack skříň s IT strukturou, která je odvětrávána pomocí vlastního ventilátoru, tepelná zátěž je zde malá, kromě toho ani není potřeba tuto místnost chladit, jelikož jsou zde uskladněny potraviny a obalové materiály, kterým nevadí vyšší teploty. Světlá výška skladu je 3,5 m, plocha je 6,25 m².

6.4.8 Chodba

Vstupní chodba slouží jako hlavní cesta zaměstnanců do zázemí restaurace, zabírá 16,03 m², světlá výška je 2,8 m. Tato chodba spojuje jídelnu s ostatními prostory restaurace, nacházejí se zde vstupy do chladicí a mrazicí komory, sociálních zařízení pro zaměstnance a šaten, kanceláře vedoucího, suchého skladu potravin a konečně kuchyně, přes kterou je možné projít na prodejnu (pokladny).

Na chodbě se nachází kromě zmiňovaných chladících a mrazících komor (3 x 2,54 kW), dále pračka (2,6 kW) a sušička prádla (5,3 kW), marinovací stroj na maso (0,5 kW) a lapač hmyzu (0,3 kW). Ke svícení je použito celkem 6 kazetových zářivkových svítidel zabudovaných v podhledu (6 x 232 W).

7 NÁVRH MIKROKLIMATU PROSTŘEDÍ RESTAURACE

7.1 Hygienické nároky na mikroklima

V Nařízení vlády č. 523/2002 [32] jsou dané přípustné hodnoty a hodnocení mikroklimatických podmínek z hlediska ochrany veřejného zdraví. Tyto podmínky jsou stanoveny v závislosti na tepelné produkci organismu, která je dána charakterem a intenzitou vykonávané práce. Při hodnocení mikroklimatických podmínek se vychází ze zásady, že tepelná produkce organismu je rovna energetickému výdeji, který se stanovuje z tabelárních hodnot (viz tabulka 7.1), pakliže neznáme přesnější hodnoty. Energetický výdej (M) se vyjadřuje v brutto hodnotách, tzn. v hodnotách zahrnující bazální metabolismus (BM). Jednotkou energetického výdeje jsou W , popřípadě W/m^2 . V uvedené tabulce jsou činnosti rozříděny do tříd práce podle průměrného energetického výdeje vynaloženého na efektivní dobu práce. Zvýrazněny jsou meze, které jsou pro daný restaurační provoz příznačné – **navrhují uvažovat průměrnou hodnotu $120 W/m^2$.**

| Třída práce | Příklady činností | $M [W/m^2]$ |
|-------------|--|-------------------|
| I | Práce vsedě s minimálním pohybem (kancelářské administrativní práce) Práce v sedě spojená s lehkou manuální prací rukou a paží (práce s PC, šití) | 80 |
| IIa | Práce vstoje občasně spojená s pomalou chůzí po rovné podlaze s přenášením lehkých břemen nebo překonáváním malých odporů (vaření, prodej) | 81 až 105 |
| IIb | Práce vsedě s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou (dělnice v potravinářství, mechanici, práce na lisu, řidiči velkých vozů) Práce vstoje s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou spojená s přenášením břemen do 10 kg | 106 až 130 |
| IIIa | Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin občas v předklonu nebo vkleče, chůze (řezníci na jatkách, pekaři, malíři pokojů, čištění oken, úklid velkých ploch) | 131 až 160 |
| IIIb | Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin, trupu, chůze (foukání skla, zahradnické práce, práce v zemědělství apod.) | 161 až 200 |
| IVa | Práce spojená s rozsáhlou činností svalstva trupu, horních i dolních končetin (práce s lopatou, práce ve slévárnách, přenášení břemen do 25 kg) | 201 až 250 |
| IVb | Práce spojená s rozsáhlou a intenzivní činností svalstva trupu, horních i dolních končetin (práce se sbíječkou, ruční sekání kosou, apod.) | 251 až 300 |
| V | Práce spojená s rozsáhlou a velmi intenzivní činností svalstva trupu, horních i dolních končetin (transport těžkých břemen, důlní práce, výkopové práce, těžba dříví v lese apod.) | 301 a více |

Tabulka 7.1 – Třídy práce podle celkového průměrného energetického výdeje [32]

Na uzavřených pracovištích (případ restaurace) je nutné zajistit mikroklimatické podmínky uvedené v tabulce 7.2. K dodržení optimálního pracovního výkonu je nutné dodržet optimální mikroklimatické podmínky. Na pracovištích třídy I a II musíme dodržet tyto požadavky:

- rozdíl teplot vzduchu mezi úrovní hlavy a kotníků nesmí být více než 3 °C
- asymetrické radiační teploty od oken nebo jiných chladných svislých povrchů nesmí být větší než 10 °C, u vodorovných povrchů (stropy, podlaha) nesmí být vyšší než 5 °C
- intenzita osálení hlav nesmí být větší než 200 W/m²

| třída práce | M [W/m ²] | OPERATIVNÍ TEPLOTA t_o [°C] | | | v_a [m/s] | Rh [%] | SR t_o max ^{***} (g.h ⁻¹)/g.sm ⁻¹) |
|-------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|--------|---|
| | | $\Theta_{o \text{ min}}$ | $\Theta_{o \text{ opt}}$ | $\Theta_{o \text{ max}}$ | | | |
| I | 80 | 20 | 22 ± 2 | 28 | 0,1 ÷ 0,2 | 30-70 | 107/856 |
| IIa | 81 ÷ 105 | 18 | 20 ± 2 | 27 | 0,1 ÷ 0,2 | | 136/1091 |
| IIb | 106 ÷ 130 | 14 | 16 ± 2 | 26 | 0,2 ÷ 0,3 | | 171/1368 |
| IIIa | 131 ÷ 160 | 10* | 12 ± 2* | 26* | 0,2 ÷ 0,3 | | 256/2045 |
| IIIb | 161 ÷ 200 | 10** | 12 ± 2** | 26** | 0,2 ÷ 0,3 | | 359/2639 |

Tabulka 7.2 – Přípustné hodnoty mikroklimatických podmínek pro celý rok [32]

Vysvětlivky:

$\Theta_{o \text{ min}}$ teplota platná pro tepelný odpor oděvu 1 clo

$\Theta_{o \text{ opt}}$ teplota platná pro tepelný odpor oděvu 0,75 clo

$\Theta_{o \text{ max}}$ teplota platná pro tepelný odpor oděvu 0,5 clo

v_a rychlost proudění vzduchu v místnosti

Rh relativní vlhkost v místnosti (Θ_o je stanovena pro 60% relativní vlhkost vzduchu)

SR t_o max intenzita pocení

* z hlediska energetického výdeje není celosměnově únosná pro ženy

** z hlediska energetického výdeje není celosměnově únosná pro muže

*** platí pro osobu o ploše povrchu těla 1,8 m²

Přípustná operativní teplota (Θ_o [°C]) je taková teplota, která je dána průměrem teplot vyskytující se v osmihodinové směně na pracovišti. Výpočet a definice operativní teploty jsou uvedeny v teoretické části mé práce. V restauračních prostorách (jídelně) je důležité udržovat **operativní teplotu (Θ_o) mezi 20 °C (oblečení 1 clo) a 26 °C (oblečení 0,5 clo)**. Pro výpočet optimální teploty na pracovišti je důležitá definice mimořádně chladného dne, kdy teplota venku klesne pod -15 °C a naopak mimořádně teplého dne, kdy venkovní teploty převyšují +30 °C. Na tyto dny je potřeba myslet při dimenzování HVAC. [31]

7.2 Vnitřní a venkovní výpočtová teplota

Základní prvek návrhu mikroklimatu je určení **výpočtové venkovní teploty** θ_e a průměrné roční venkovní teploty $\theta_{m,e}$ podle zeměpisné polohy objektu. V následující tabulce 7.3 jsou navíc uvedeny počty topných dnů d otopného období podle padesátiletého průměru, vždy pro 3 otopná období definovaná teplotou zahájení a ukončení vytápění – tzv. průměrnou denní venkovní teplotou $\theta_{hp,e}$ – tuto teplotu předepisuje česká legislativa (otopné období začíná 1. září a končí 31. května). Restaurace KFC se nachází v městě **Zlín**, pro který jsou dány následující klimatické údaje: [33]

| Zlín (Napajedla) | Nadm. výška h [m] | Výpočtová venkovní teplota θ_e [°C] | Otopné období pro průměrnou roční venkovní teplotu | | | | | |
|------------------|------------------------|---|--|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| | | | $\theta_{hp,e} = 12$ °C | | $\theta_{hp,e} = 13$ °C | | $\theta_{hp,e} = 15$ °C | |
| | | | $\theta_{m,e}$ [°C] | počet dnů | $\theta_{m,e}$ [°C] | počet dnů | $\theta_{m,e}$ [°C] | počet dnů |
| | 234 | -12 | 3,6 | 216 | 5,1 | 257 | 4 | 226 |

Tabulka 7.3 – Výpočtová venkovní teplota a roční průměrná venkovní teplota [33]

Důležitá je taktéž výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$, která se liší s použitím prostoru:

| Druh budovy / prostoru | $\theta_{int,i}$ [°C] | φ [%] |
|--|-----------------------|---------------|
| hotelové a restaurační jídelny, šatny, prodejny, kanceláře | 20 | 50 |
| kuchyně | 24 | 80 |
| toalety | 18 | 50 |
| ostatní místnosti v obchodním domě (haly, chodby) | 15 | 50 |

Tabulka 7.4 – Výpočtová vnitřní teplota [26, 33]

8 STANOVENÍ PODKLADŮ PRO NÁVRH A DIMENZOVÁNÍ HVAC

8.1 Požadavky na konstrukce stavebních materiálů a jejich návrh

Všechny dotčené konstrukce (měl jsem k dispozici stavebně - technickou zprávu restaurace) jsem ověřoval zadáním do programu STAVEBNÍ FYZIKA 2011 (Svoboda software) – část TEPLŮ 2011. Tento program umožňuje posouzení skladby stavebních konstrukcí s maximálně 10 vrstvami.

Všechny zdi, ať již SDK nebo zděné, stropy a podlahy jsem se snažil volit z materiálů, které byly opravdu použity pro stavbu. Z tabulky 8.1 je zřejmé, že vše splňuje normované podmínky uvedené v normě ČSN 73 0540 – 2 [25]. V tabulce jsou taktéž uvedeny pro větší přehlednost normované požadavky.

| Popis konstrukce | Součinitel prostupu tepla U [$W/(m^2K)$] | | |
|--|--|---------------------------------|--------------------------------------|
| | požadované hodnoty $U_{N,20}$ | doporučené hodnoty $U_{rec,20}$ | navržené hodnoty umístění v objektu |
| stěna vnější | 0,30 | těžká: 0,25 | 0,25 |
| | | lehká: 0,20 | <i>obvodová nosná</i> |
| vnitřní stěna a strop z vytápěného do temperovaného prostoru | 0,75 | 0,50 | 0,70 <i>SDK příčky</i> |
| strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně | 1,05 | 0,70 | 0,95 <i>kuchyně, WC</i> |
| stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně | 1,30 | 0,90 | 0,95 <i>VIP, WC, šatny</i> |
| otvorová výplň ve vnější stěně (z vytápěného prostředí ven) | 1,50 | 1,20 | 1,2 <i>skleněné plochy</i> |

Tabulka 8.1 – Požadované a navržené hodnoty součinitele prostupu tepla U [25]

8.2 Výpočet tepelných ztrát objektu

Pro návrh systémů TZB (technického zařízení budov) je nutná znalost tepelných ztrát v objektu, které jsou základem pro dosažení dostatečného tepelného výkonu pro vytápění místností na žádanou teplotu. Výpočet jsem prováděl programem STAVEBNÍ FYZIKA 2011 – část ZTRÁTY 2011. Tento program je určen pro výpočet tepelných ztrát a celkové tepelné charakteristiky budov. Program se řídí platnou normou ČSN EN 12831 [33]. Při zadávání dotčených konstrukcí jsem uvažoval konstrukce, které jsem sestavil předem v programu TEPLLO.

8.2.1 Analýza situace dotčeného objektu

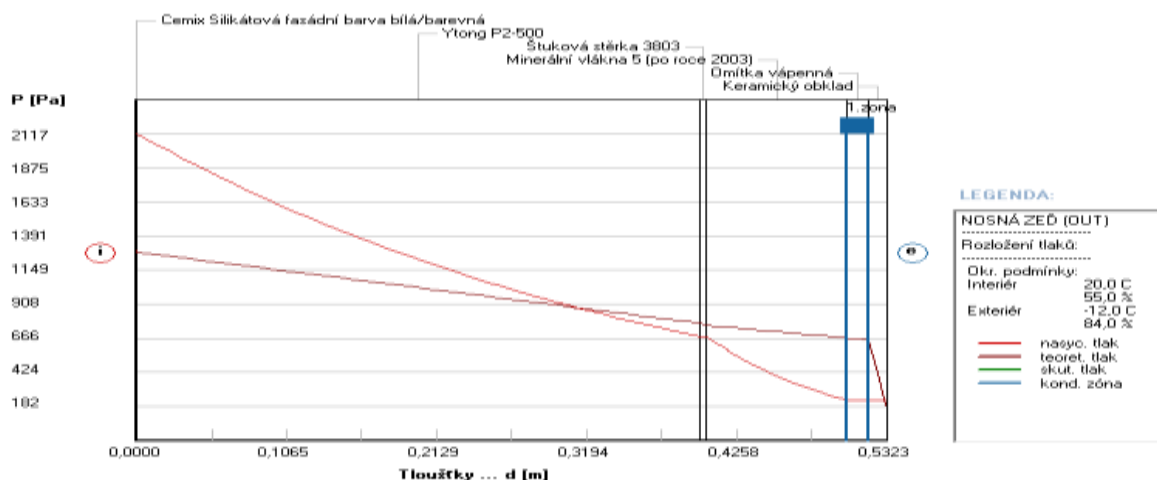
Díky podobným situacím byly místnosti 1+5 (jídelna s prodejnou), 10+11 (zaměstnanecké šatny) a místnosti 12+13 (zaměstnanecké šatny a sociální zařízení) sloučeny a řešeny z hlediska ztrát jako jedna místnost. Odpovídající rozměry jednotlivých místností jsou uvedeny v tabulce 8.2. Výpočtové vnitřní teploty byly voleny podle normy [33] a pohybují se od 15 °C do 24 °C podle účelu místnosti. Pro výpočet bylo nutné znát venkovní výpočtovou teplotu (pro Zlín je tato teplota -12 °C) – viz tabulka 8.2.

| OZN | MÍSTNOST | PLOCHA [m ²] | VÝŠKA [m] | OBJEM [m ³] | OBVOD [m] | VÝPOČTOVÁ VNITŘNÍ TEPLOTA [°C] |
|-----|---------------------------|--------------------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------------------------|
| 1 | jídelna | 165,57 | 3,75 | 620,888 | 77,21 | 20 |
| 2 | prodejna | 11,26 | | 31,528 | | |
| 3 | WC hosté – Ž/IN | 6,58 | 2,2 | 14,476 | 13,07 | 18 |
| 4 | WC hosté - M | 4,25 | | 9,345 | | |
| 5 | servis | 17,33 | 2,8 | 48,524 | 16,9 | 24 |
| 6 | kuchyň | 18,23 | | 51,044 | 17,55 | |
| 7 | chodba | 16,03 | | 44,884 | 24,01 | |
| 8 | chladicí a mrazicí komory | 6,3 | 2,1 | 13,23 | - | -18 až 5 |
| 9 | kancelář | 3,19 | 2,8 | 8,932 | 7,6 | 20 |
| 11 | šatny - M | 4,136 | | 11,581 | 16,475 | 20 |
| 12 | šatny - Ž | 4,136 | | 11,581 | 10,768 | 18 |
| 13 | WC personál - M | 2,941 | | 11,581 | 10,768 | 18 |
| 14 | WC personál - Ž | 2,941 | | | | |
| 10 | suchý sklad | 6,52 | | 18,256 | 11,265 | 20 |

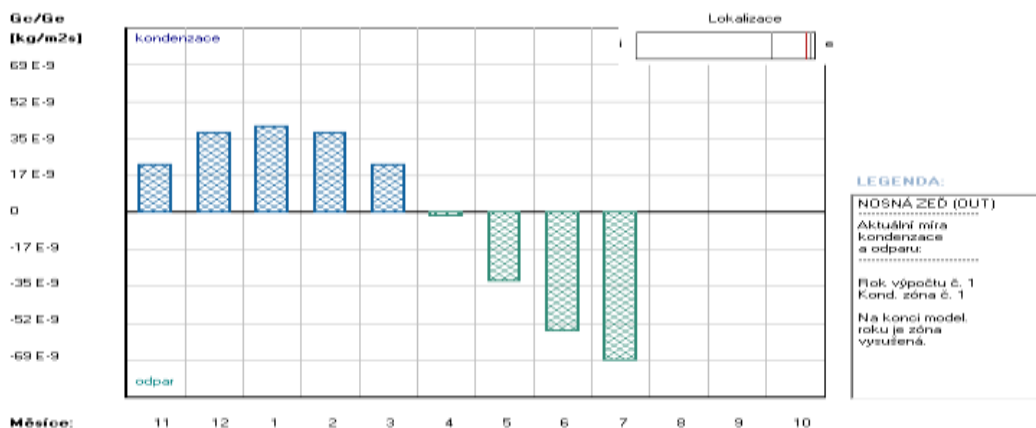
Tabulka 8.2 – Rozměry místností a jejich výpočtové vnitřní teploty

8.2.2 Analýza kondenzace vodních par na obvodovém plášti budovy

Pro zjištění míry kondenzace vodních par na obvodovém plášti budovy se využívá norma ČSN 73 0540-2 [25]. Výpočet a simulaci jsem provedl v programu STAVEBNÍ FYZIKA 2011 – modul TEPLA 2011. Při této analýze zjišťujeme, zda množství zkondenzované vodní páry za rok uvnitř konstrukce je menší, než roční vypařené teplo vody z konstrukce. Pokud by toto nebylo splněno, docházelo by ke kondenzaci vodní páry v konstrukci, což v konečném důsledku vede ke vzniku plísní. Na obrázku 8.1 je uveden grafický výstup programu, kde lze vidět, že na obvodovém venkovním zdivu nedochází k pronikání vody do interiéru. Kondenzační oblast je na grafu vyznačena modře. Na obrázku 8.2 je zobrazena kondenzace vodní páry v průběhu roku na obvodové konstrukci. Je patrné, že od listopadu do března zde dochází ke kondenzaci, následně však je zkondenzovaná voda odpařována a od srpna je zdivo kompletně vysušené. Problém by byl, pokud by množství zkondenzované vody bylo větší než množství odpařené vody. V konstrukci budovy tak nedochází k dlouhodobé kondenzaci.



Obrázek 8.1 – Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce podle [25]



Obrázek 8.2 – Aktuální míra kondenzace a odparu vodní páry za 1 rok podle [25]

8.2.3 Návrhové ztráty pro vytápěný prostor

Výpočet tepelných ztrát v objektu se provádí podle normy ČSN EN 12831 [33]. Tato norma nahrazuje původní normu ČSN 06 0210. **Celkovou návrhovou tepelnou ztrátu** objektu spočteme součtem návrhové tepelné ztráty prostupem tepla vytápěného prostoru a návrhové tepelné ztráty větráním. Zjištěné ztráty jídelny a zázemí jsou uvedeny v tab. 8.7.

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

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

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

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla – Základní vztah

Návrhová tepelná ztráta prostupem se počítá pro všechny místnosti, u nichž dochází k prostupu tepla do okolního prostředí nebo do odlišně vytápěných místností. Základní vzorec pro stanovení tepelné ztráty prostupem tepla je tento:

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

$\mathbf{H}_{T,ie}$ [W/K] součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy

$\mathbf{H}_{T,iue}$ [W/K] součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u)

$\mathbf{H}_{T,ig}$ [W/K] součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu

$\mathbf{H}_{T,ij}$ [W/K] součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápění na výrazně jinou teplotu, např. sousedící místnost uvnitř budovy nebo vytápěný prostor funkční části budovy

$\Theta_{int,i}$ [°C] výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i)

Θ_e [°C] výpočtová venkovní (e) teplota

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

$$\mathbf{H}_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k \quad [\text{W/K}]$$

Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí včetně tepelných mostů

$$\mathbf{H}_{T,ie} = (\sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k) + (\sum \Psi_i \cdot l_i \cdot e_i) \quad [\text{W/K}]$$

| | | |
|----------|----------------------|--|
| A_k | [m ²] | plocha stavební části (k) |
| l_i | [m] | délka lineárních tepelných mostů (l) mezi vnitřním a venkovním prostředím |
| 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 již pro návrhu U, základní hodnota korekčního činitele je 1,0 |
| U_{kc} | [W/m ² K] | součinitel prostupu tepla stavební částí (k) |
| Ψ_i | [W/m.K] | součinitel lineárního prostupu tepla lineárního teleného mostu (l), stanovuje se z tabulek (EN ISO 14683) nebo výpočtem (EN ISO 10211-2) |

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla – Zjednodušený vztah

$$\Phi_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_K \cdot U_K \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \quad [W]$$

| | | |
|------------------|----------------------|--|
| $\Theta_{int,i}$ | [°C] | výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) |
| Θ_e | [°C] | výpočtová venkovní (e) teplota |
| f_k | [-] | teplotní korekční činitel pro stavební část (k) při uvažování rozdílu teploty uvažovaného případu a výpočtově venkovní teploty |
| A_K | [m ²] | plocha stavební části (k) |
| U_K | [W/m ² K] | součinitel prostupu tepla stavební částí (k) |

Návrhová tepelná ztráta větráním

Návrhová tepelná ztráta větráním tvoří druhou a poslední složku celkové tepelné ztráty. Tuto ztrátu ovlivňuje intenzita výměny vzduchu n_{min} [h⁻¹], kterou udává norma ČSN EN 12831 [33]. Návrhovou tepelnou ztrátu větráním vypočteme pomocí vzorce:

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot V_{min,t} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e) [W]$$

| | | |
|------------------|---------------------|--|
| $V_{min,t}$ | [m ³ /h] | hygienicky nejmenší požadované množství vzduchu pro vytápěný prostor (i) |
| $\Theta_{int,i}$ | [°C] | výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) |
| Θ_e | [°C] | výpočtová venkovní teplota (e) |

Nejmenší hygienicky požadované množství vzduchu pro vytápěný prostor (i):

$$V_{min,t} = n_{min} \cdot V_i \quad [m^3/h]$$

| | | |
|-----------|--------------------|---|
| n_{min} | [h ⁻¹] | minimální intenzita výměny venkovního vzduchu |
| V_i | [m ³] | objem vytápěné místnosti (i) vypočítaná z vnitřních rozměrů místnosti |

| OZN | MÍSTNOST | OBJEM [m ³] | n _{min} [h ⁻¹] | V _{min,i} [m ³ /h] |
|-----|-----------------|----------------------------|--|---|
| 1 | jídlna | 620,888 | 0,5 | 310,444 |
| 2 | prodejna | 31,528 | 0,5 | 15,764 |
| 3 | WC hosté – Ž/IN | 14,476 | 1,5 | 21,714 |
| 4 | WC hosté - M | 9,345 | 1,5 | 14,0175 |
| 5 | servis | 48,524 | 0,5 | 24,262 |
| 6 | kuchyň | 51,044 | 0,5 | 25,522 |
| 7 | chodba | 44,884 | 0,5 | 22,442 |
| 9 | kancelář | 8,932 | - | - |
| 10 | suchý sklad | 18,256 | 0,5 | 4,466 |
| 11 | šatny - M | 11,581 | 0,5 | 9,128 |
| 12 | šatny - Ž | | 0,5 | 5,7905 |
| 13 | WC personál - M | 11,581 | 1,5 | 17,3715 |
| 14 | WC personál - Ž | | 1,5 | 17,3715 |

Tabulka 8.3 – Minimální hygienické množství přiváděného vzduchu [33]

8.2.4 Návrhový tepelný výkon pro vytápěný prostor (jídlnu)

Celkový návrhový tepelný výkon je důležitý pro stanovení tepelného výkonu potřebného pro návrh vytápěcí soustavy. Je dán součtem všech návrhových tepelných ztrát – ztráty prostupem tepla do vytápěného prostoru ($\Phi_{T,i}$), ztráty větráním ($\Phi_{V,i}$) a zátopového výkonu ($\Phi_{RH,i}$) a počítá se pomocí vztahu:

$$\Phi_{HL} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 4303 + 3520 + 9934,208 = 17,757 \text{ kW}$$

$$\Phi_{T,i} = 4303 \text{ W} \quad (\text{vypočteno pro jídelnu v SW Stavební fyzika – ZTRÁTY 2011})$$

$$\Phi_{V,i} = 3520 \text{ W} \quad (\text{vypočteno pro jídelnu v SW Stavební fyzika – ZTRÁTY 2011})$$

$$\Phi_{RH,i} = A \cdot f_{RH} = 620,888 \cdot 16 = 9934,208 \text{ W}$$

A [m²] minimální intenzita výměny venkovního vzduchu

f_{RH} [-] zátopový součinitel pro nebytové prostory s vysokou hmotností budovy a dobou zátopy 4 h (z normy ČSN EN 12 831 [33] stanoven na hodnotu 16)

8.3 Výpočet tepelných zisků (tepelné zátěže) objektu

Stanovení tepelných zisků prostoru je důležitý pro správný návrh chladicích výkonů. Tepelné zisky Tepelné zisky lze z principu rozdělit na vnitřní zisky a vnější zisky. Všechny výpočty jsou uvedeny podle platné normy ČSN 73 0548 [34].

8.3.1 Výpočet tepelných zisků z vnitřního prostředí

Produkce tepla od lidí

Zde se zahrnuje pouze citelné teplo, které závisí na tělesné práci, teplotě vzduchu a složení skupiny lidí. Jako základ uvažujeme produkci citelného tepla muže 62 W při mírně aktivní práci u stolu a při teplotě vzduchu 26 °C.

$$Q_l = 6,2 \cdot (36 - t_i) \cdot i_l \quad [\text{W}]$$

t_i [°C] teplota vnitřního prostoru

i_l [-] počet lidí $i_l = 0,85 \cdot i_z + 0,75 \cdot i_d + i_m$

$i_{z,d,m}$ [-] počet žen, dětí, mužů

Produkce tepla od svítidel

Pro výpočty se využívají navržené intenzity osvětlení. U osvětlení zářivkami lze počítat se zátěží 5 až 7 W/m², u obyčejných žárovek je to 21 až 25 W/m². Počítal jsem s odhadní zátěží 6 W/m².

$$Q_{sv} = P \cdot c_1 \cdot c_2 \quad [\text{W}]$$

P [-] celkový příkon svítidel v místnosti

c_1 [-] součinitel současnosti používání svítidel

c_2 [-] zbytkový součinitel

Tepelné zisky od technologického vybavení

Pro kuchyňské technologie je výpočet tepelného zatížení specifický, popsán je v kapitole návrhu vzduchotechniky. V tabulce 8.7 jsou uvedeny (oranžově) vypočítané tepelné zátěže pro spotřebiče v kuchyni a na servise. Tyto tepelné zisky se počítají pouze pro spotřebiče s příkonem nad 100 W. Navíc je započítána produkce 5Wh tepla pro jedno jídlo u stolu. V restauracích se počítá s 1 jídlem za hodinu, v závodních jídelnách jsou to 3 jídla / h.

8.3.2 Výpočet tepelných zisků z vnějšího prostředí

*Tepelná zátěž okny*Prostup tepla okny konvekcí

$$Q_{OK} = k_O \cdot S_O \cdot (\Theta_e - \Theta_i) \quad [\text{W}]$$

| | | |
|-----------------------|----------------------|-------------------------------------|
| k_O | [W/m ² K] | součinitel prostupu tepla oknem |
| S_O | [m ²] | plocha okna včetně rámu |
| $\Theta_e - \Theta_i$ | [K] | rozdíl teplot na obou stranách okna |

Prostup tepla okny sluneční radiací

Celková propustnost difúzní sluneční radiace (T_D) standardního skla je závislá na poloze slunce, $T_D = 0,85$. Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace (T_D) standardním jednoduchým sklem závisí na úhlu dopadu slunečních paprsků:

$$T_D = 0,87 \cdot 1,47 \left(\frac{\Theta}{100}\right)^5 \quad [-]$$

| | | |
|----------|------|--|
| Θ | [°C] | úhel mezi normálou k oknu a slunečními paprsky |
|----------|------|--|

Tepelné zisky sluneční radiací oknem se počítají podle vzorce:

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

| | | |
|-------------|---------------------|--|
| s | [-] | stínící součinitel (viz [34]) |
| c_o | [-] | korekce na čistotu atmosféry (viz [34]) |
| $I_{o dif}$ | [W/m ²] | intenzita difúzního sluneční radiace procházející standardním oknem |
| S_{os} | [m ²] | osluněný povrch okna $S_{os} = (l_A - e_1 - f) \cdot (l_B - e_2 - g)$ |
| l_A, l_B | [m] | šířka a výška zasklené části okna |
| f, g | [m] | odstup svislé a vodorovné části okna od slunolamů |
| d | [m] | hloubka okna |
| c | [m] | hloubka okna vzhledem k horné stínící desce |
| e_1, e_2 | [m] | délka stínů od kraje slunolamů $e_1 = d \cdot \tan(a - \gamma)$, $e_2 = \frac{c \cdot \tan(h)}{\cos(a - \gamma)}$ |
| a, γ | [°] | sluneční azimut, azimut stěny |
| h | [m] | výška slunce nad obzorem |
| d, c | [m] | hloubka okna, hloubka okna vzhledem k horní stínící desce |

Tepelná zátěž stěnami

U prosklených fasád má prostup tepla stěnami, podlahou a stropem jen velmi malý význam. Význam je zapotřebí věnovat u horizontálně rozlehlých staveb, u přízemních prostor a bezokenních staveb. Pro výpočet prostupu tepla se dosazují teploty vzduchu po obou stranách stěny. Pokud je stěna osluněná, dosazuje se **rovnocenná sluneční teplota**:

$$\Theta_r = t_e + \frac{\varepsilon \cdot I}{\alpha_e} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

I [W] intenzita přímé a difúzní sluneční radiace dopadající na stěnu

ε [-] součinitel poměrné pohltivosti pro sluneční radiaci (uveden v tab. 12 v [34])

Lehké stěny - tloušťka $\delta < 0,08$ m

$$Q_s = k \cdot S \cdot (\Theta_r - \Theta_i) \quad [\text{W}]$$

Θ_i [°C] teplota vnitřního prostředí

Θ_r [°C] rovnocenná sluneční teplota

Středně těžké stěny - tloušťka $(0,08 < \delta < 0,45)$ m

$$Q_s = k \cdot S \cdot [(\Theta_{rm} - \Theta_i) + m(\Theta_{r\psi} - \Theta_{rm})] \quad [\text{W}]$$

Θ_{rm} [°C] intenzita přímé a difúzní sluneční radiace dopadající na stěnu

$\Theta_{r\psi}$ [°C] rovnocenná sluneční teplota v době o ψ dřívější

$$(\psi = 36 \cdot \delta - 0,5)$$

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

$$(m = \frac{1+7,6 \cdot \delta}{2500^\delta})$$

Těžké stěny – tloušťka $\delta > 0,45$ m.

Mají takovou tepelnou kapacitu, že kolísání teplot na vnitřním povrchu lze zanedbat. Platí pro tloušťky stěn

$$Q_s = k \cdot S \cdot (\Theta_{rm} - \Theta_i) \quad [\text{W}]$$

Tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu

Uvažujeme ji pouze u podtlakových klimatizačních systémů, kdy se počítá s vnikáním venkovního vzduchu o objemu, který je dán rozdílem průtoků odsávaného a přiváděného vzduchu. Pro dimenzování klimatizačních zařízení zahrnujeme i tepelné zisky vnikající z přívodu čerstvého vzduchu do klimatizovaného prostoru

$$Q_L = V_L \cdot \rho_L \cdot c_L (\Theta_e - \Theta_i) \quad [\text{W}]$$

| | | |
|-----------------------|----------------------|-------------------------------------|
| V_L | [W/m ² K] | součinitel prostupu tepla oknem |
| ρ_L | [kg/m ³] | hustota vzduchu |
| c_L | [J/kgK] | měrná tepelná kapacita vzduchu |
| $\Theta_e - \Theta_i$ | [K] | rozdíl teplot na obou stranách okna |

8.3.3 Návrhové hodnoty tepelných a chladících výkonů

Před detailním výpočtem je možné předběžně stanovit nároky na VZT pomocí rámcových odhadů. V tabulce 8.4 jsou návrhové hodnoty tepelných a chladících výkonů a roční spotřeby tepla, které jsou vztaženy na objem a plochu vytápěných a větraných prostor. Následně je potřeba připočítat produkci tepla z osvětlení, vychází se z hodnoty 6 – 10 W/m² u zářivek na intenzitu osvětlení 100 lx. V letním období je potřeba počítat s tepelnými zisky slunečním zářením, v tabulce 8.5 jsou uvedeny orientační hodnoty tepelné zátěže vzhledem k orientaci plochy. [3] Výsledné hodnoty jsou v tab. 8.6 a 8.7.

| | |
|--|----------------------------------|
| Instalovaný topný výkon | |
| na 1 m ³ /h přiváděného vzduchu | 6 až 12 W/(m ³ /h) |
| na 1 m ³ klimatizovaného prostoru | 55 až 100 W/m ³ |
| na 1 m ² podlahové plochy | 200 až 300 W/m ² |
| Instalovaný chladící výkon | |
| na 1 m ³ /h přiváděného vzduchu | 2,8 až 5,6 W/(m ³ /h) |
| na 1 m ³ klimatizovaného prostoru | 60 až 130 W/m ³ |
| na 1 m ² podlahové plochy | 110 až 170 W/m ² |

Tabulka 8.4 – Návrhové hodnoty tepelných a chladících výkonů [3]

| typ konstrukce, umístění | tepelná zátěž [W/m ²] | celková plocha konstrukce [m ²] | navržená tepelná zátěž [W] |
|--|-----------------------------------|---|----------------------------|
| okno s orientací na sever | 80 | 33,75 | 2700 |
| okno s orientací na severozápad | 200 | 48,065 | 9613 |
| venkovní masivní stěny | 5 | 48,352 | 241,760 |
| navržený chladící výkon pro jídelnu (bez zisků z osvětlení a od lidí) | | | 12 554,76 W |

Tabulka 8.5 – Návrhové hodnoty pro odhad tepelné zátěže budovy [3]

| OZN | MÍSTNOST | OBJEM [m ³] | PLOCHA [m ²] | instalovaný topný výkon | | | instalovaný chladicí výkon | | | žádaná intenzita osvětlení [lx] | tepelné zatížení svítidlem [kW] |
|--|-----------------|----------------------------|-----------------------------|--|---|-----------------|--|---|-----------------|--|--|
| | | | | na 1 m ³ klimatizovaného prostoru | na 1m ² podlahové plochy | průměr [kW] | na 1 m ³ klimatizovaného prostoru | na 1m ² podlahové plochy | průměr [kW] | | |
| 1 | jídelna | 620,888 | 165,57 | 4967,104 | 12914,5 | 8,941 | 3476,9728 | 21524,1 | 12,501 | 300 | 2,9803 |
| 2 | prodejna | 31,528 | 11,26 | 252,224 | 878,28 | 0,566 | 176,5568 | 1463,8 | 0,821 | 500 | 0,2027 |
| 3 | WC hosté – Ž/IN | 14,476 | 6,58 | | | | 81,0656 | 855,4 | 0,469 | 200 | 0,1185 |
| 4 | WC hosté - M | 9,345 | 4,25 | | | | 52,332 | 552,5 | 0,303 | 200 | 0,0765 |
| 5 | servis | 48,524 | 17,33 | | | | 271,7344 | 2252,9 | 1,263 | 500 | 0,312 |
| 6 | kuchyň | 51,044 | 18,23 | | | | 285,8464 | 2369,9 | 1,328 | 500 | 0,3282 |
| 7 | chodba | 44,884 | 16,03 | | | | 251,3504 | 2083,9 | 1,168 | 100 | 0,2886 |
| 9 | kancelář | 8,932 | 3,19 | 71,456 | 248,82 | 0,161 | 50,0192 | 414,7 | 0,233 | 500 | 0,0575 |
| 10 | suchý sklad | 18,256 | 6,52 | | | | 102,2336 | 847,6 | 0,475 | 100 | 0,1174 |
| 11 | šatny - M | 11,581 | 4,136 | 92,648 | 322,608 | 0,208 | 64,8536 | 537,68 | 0,302 | 200 | 0,0745 |
| 12 | šatny - Ž | 11,581 | 4,136 | 92,648 | 322,608 | 0,208 | 64,8536 | 537,68 | 0,302 | 200 | 0,0745 |
| 13 | WC personál - M | 11,581 | 2,941 | | | | 64,8536 | 382,33 | 0,224 | 200 | 0,053 |
| 14 | WC personál - Ž | 11,581 | 2,941 | | | | 64,8536 | 382,33 | 0,224 | 200 | 0,053 |
| průměrné návrhové hodnoty dle [3] | | | | 8 W/m³ | 78 W/m² | Ø 10,084 | 4,2 W/m³ | 95 W/m² | Ø 14,384 | 8 W/m² | Ø 4,7367 |

Tabulka 8.6 – Navržené hodnoty instalovaného topného a chladicího výkonu [3]

Na následující tabulce 8.7 je pokračování této tabulky. Návrhové hodnoty pro výpočet instalovaného topného a chladicího výkonu jsem použil průměrné hodnoty z tabulky 8.4. V tabulce 8.7 je u topného výkonu uvažováno, že se nebude přitápět ve výrobních prostorách (servis a kuchyň), neboť zde vzniká dost odpadního tepla samo o sobě. Klimatizace (chlazení) už probíhá ve všech místnostech. K chladicím výkonům jsou dále uvažovány tepelné zisky od svítidel a také od spotřebičů na kuchyni a servise. Vzhledem k dispozicím místností je pro vytápění a chlazení uvažována místnost 1 (jídelna) a místnost 2 (prodejna) jako jeden celek.

| návrhové hodnoty dle [3], průměrné hodnoty | instalovaný topný výkon | | | instalovaný chladicí výkon | | | tepelné zatížení svítidlem kW |
|---|-------------------------|------------------------|---|----------------------------|------------------------|---|----------------------------------|
| | 8 W/m ³ | 78 W/m ² | topení celkem kW 10,084 | 4,2 W/m ³ | 95 W/m ² | chlazení celkem kW 14,384 | |
| rozdělení výkonů na jídelnu a zázemí | jídelna | | 9,507 | jídelna | | 10,336 | jídelna 3,183 |
| | kuchyně | | 0,577 | kuchyně | | 4,613 | kuchyně 1,5537 |

zázemí je rozděleno:

| | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|--------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------|
| [kW] | celkový výkon pro vytápění jídelny | 9,507 | celkový výkon pro chlazení jídelny | 20,42828 | kuchyně | 2,4468 |
| | celkový výkon pro vytápění zázemí | 0,577 | výkon pro chlazení zázemí | 6,1667 | servis | 1,238 |
| tepelná produkce od lidí (lobby) | $i_z = \text{ženy}$ | 34 | kuchyně | 5,16 kW | kuchyně | 7,6068 |
| $Q_{lid}=6,2*(36-ti)*i_{lid} =$ | $i_d = \text{děti}$ | 5 | servis | 9,775 kW | servis | 11,013 |
| $i_{lid}=0,85i_z+0,75i_d+i_m$ | $i_m = \text{muži}$ | 37 | citelné teplo od spotřebičů | | celkové chlazení pro zázemí | |
| obsazenost restaurace (max. 76 míst) | | 76 | | | | |

Tabulka 8.7 – Vypočtené hodnoty vytápěcího a chladicího výkonu

Jak lze vidět na tabulce 8.6 a 8.7, je vypočtený **výkon potřebný pro vytápění restaurace 9,507 kW** a pro vytápění zázemí je to zanedbatelných 0,577 kW (v tabulce červeně). Pro chlazení jsem vypočetl celkový potřebný **chladicí výkon pro jídelnu 20,42828 kW při plné obsazenosti restaurace (76 osob)** – v tabulce světle modře. Co se týče druhého způsobu návrhu uvedeného v tabulce 8.5, kde uvažujeme tepelné zisky osluněním obvodových zdí, tak vyšel celkový chladicí výkon 12,554,76 kW. Pokud k této hodnotě připočteme zisk od lidí a svítidel z tabulky 8.7, dostaneme celkový potřebný **chladicí výkon pro jídelnu 24,4 kW při plné obsazenosti** – toto je však jen návrhová hodnota.

Zázemí jsem rozdělil na chladicí výkony pro kuchyň a servis, kde vznikají největší teplotní zisky (oranžově). K celkovým chladicím výkonům pro kuchyň a servis (tmavě modrá tab. s červeným textem) jsem přičetl citelné teplo od spotřebičů (oranžová tab.). Ve všech místnostech bylo uvažováno se ziskem od svítidel (zelené zvýraznění nahoře v tab.). Celkové chladicí a vytápěcí výkony jsou v tabulce silně orámovány. Pro **kuchyň je potřeba chladicí výkon 7,6068 kW** a pro **servis 11,013 kW** (tmavě modrá tab. s tučným orámováním). V ostatním zázemí (šatny, chodba, sklady) je tepelná zátěž 2,482 kW (o tuto hodnotu je potřeba dimenzovat chlazení kuchyně, od které teplo do zázemí může pronikat).

8.3.4 Příklad výpočtu tepelných zisků pro jídelnu

Pro výpočet tepelných zisků jsem si zvolil program od společnosti QPRO, která poskytuje celou řadu softwaru pro různé výpočty techniky prostředí prostřednictvím svých webových stránek (www.qpro.cz). Tento výpočetní program urychluje výpočty, jelikož manuální počítání je zdoluhavé a složité, přitom samozřejmě pracuje s aktuální normou ČSN 73 0548 [34]. Zadány byly tyto okrajové podmínky pro výpočet:

| | | |
|--|------|--------------------|
| Vnější výpočtová teplota - maximální | 32±7 | °C |
| Vnitřní výpočtová teplota vzduchu | 20±2 | °C |
| Součinitel přestupu tepla na vnitřních stěnách | 8 | W/m ² K |
| Součinitel přestupu tepla na vnějších stěnách | 15 | W/m ² K |
| Součinitel prostupu tepla vnějších konstrukcí | 0,6 | W/m ² K |
| Součinitel prostupu tepla vnitřních konstrukcí | 1 | W/m ² K |
| Součinitel prostupu tepla oken | 1,6 | W/m ² K |
| Součinitel korekce na čistotu atmosféry c | 1 | - |
| Stínící součinitel oken | 0,9 | - |
| Součinitel poměrné tepelné pohltivosti vnějších konstrukcí | 0,7 | - |
| Průměrná měrná hmotnost stavebních konstrukcí | 1800 | kg/m ³ |
| Nadmožská výška objektu | 200 | m.n.m. |
| Průměrná výška místností | 3,75 | m |
| Průměrná hodnota citelné tepelné zátěže muže (při 26°C) | 62 | W |
| Měrná tepelná zátěž od osvětlení | 10 | W/m ² |

Tabulka 8.8 – Okrajové podmínky pro návrh tepelných zisků v programu QPRO

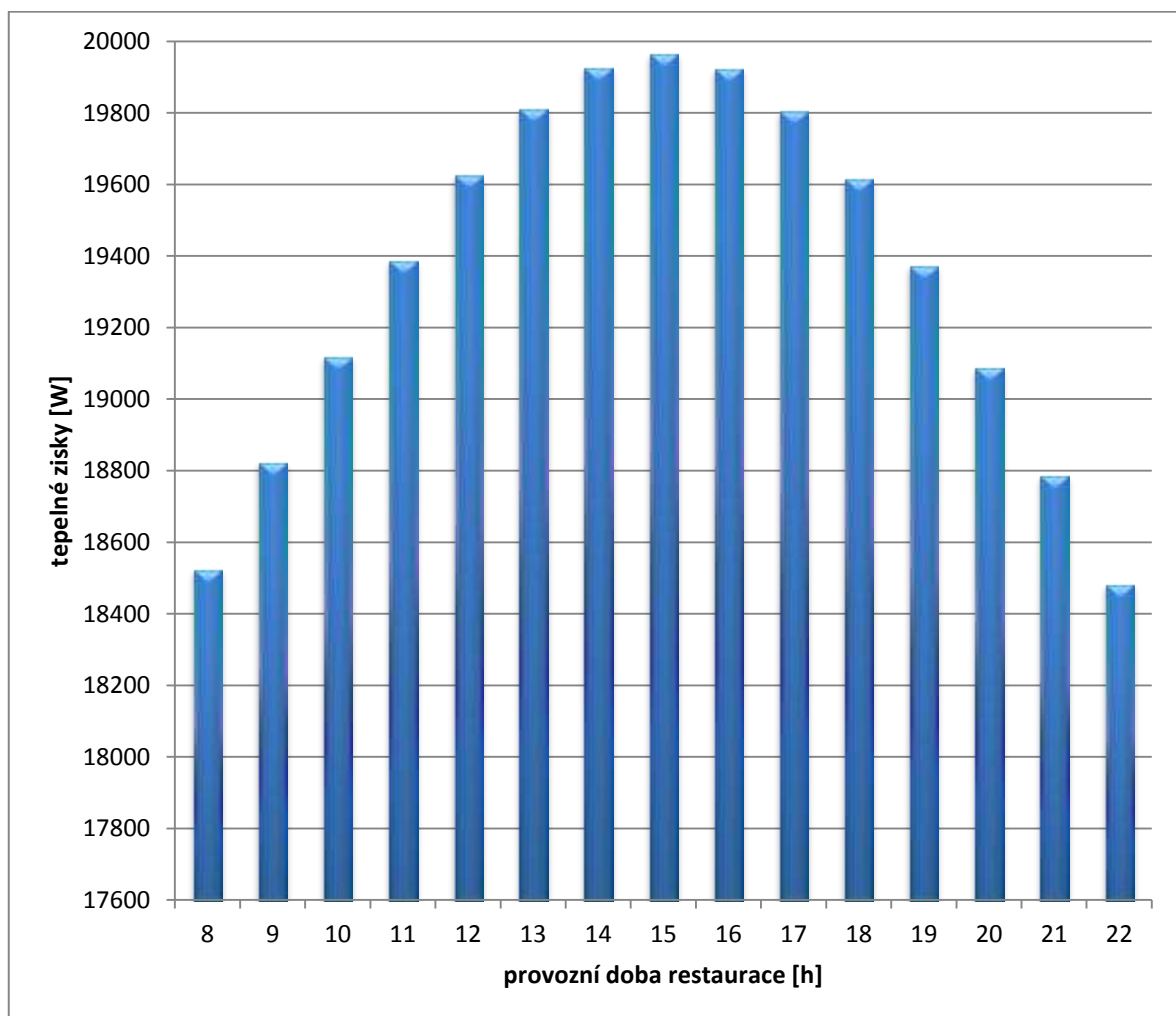
Výpočet tepelných zisků jsem provedl pro prostory jídelny s těmito parametry:

| Obecné parametry prostoru - JÍDELNA | | | | | |
|--|--------|-------------------|---------------------|-------|----------------|
| Plocha: | 167,83 | m ² | Objem: | 625,4 | m ³ |
| Teplota v místnosti: | 20 | °C | Překročení teploty: | 2 | °C |
| Počet osob: | 76 | - | | | |
| Začátek provozu: | 8 | h | Konec provozu: | 22 | h |
| Množství vzduchu: | | m ³ /h | Intenzita větrání: | 0,8 | -/h |
| Osvětlení měrné: | 53 | W/m ² | Osvětlení celkem: | 8700 | W |

| Konstrukce | Součinitel prostu tepla k | Plocha konstrukce | Azimut | Sklon | Součinitel poměrné pohltivosti | Tloušťka konstrukce | Výška okna | Šířka okna | Součinitel stínění |
|------------------|---------------------------------|----------------------|--------|-------|--------------------------------------|------------------------|------------|------------|-----------------------|
| - | W/m ² K | m ² | deg | deg | - | m | m | m | - |
| Okenní stěna (Z) | 1,25 | 43,95 | 270 | 90 | | | 3,75 | 11,72 | 0,6 |
| Okno1 | 1,25 | 1,615 | 270 | 90 | | | 0,85 | 1,9 | 0,6 |
| Okno2 | 1,25 | 0,625 | 270 | 90 | | | 1,25 | 0,5 | 0,6 |
| Okno3 | 1,25 | 0,625 | 270 | 90 | | | 0,5 | 1,25 | 0,6 |
| Okno4 | 1,25 | 0,625 | 270 | 90 | | | 0,5 | 1,25 | 0,6 |
| Okno5 | 1,25 | 0,625 | 270 | 90 | | | 1,25 | 0,5 | 0,6 |
| Stěna E | 0,25 | 44,24 | 270 | 90 | 0,7 | 0,5 | | | |
| Okenní stěna (S) | 1,25 | 33,75 | 0 | 90 | | | 3,75 | 9 | 0,6 |

Tabulka 8.9 – Parametry dotčeného objektu

Na následujícím grafu je vidět průběh tepelných zisků v nejteplejším měsíci (srpnu) v pracovní době 8 až 22 hodin, kdy je jídelna v provozu. Nejvyšší hodnota je 19,962 kW.



Obrázek 8.3 – Zobrazení tepelných zisků v průběhu dne v jídelně (pro srpen)

8.4 Souhrn výsledků výpočtů (tepelné ztráty a zisky)

Všechny výpočty jsem provedl dle platné normy ČSN EN 12 831[33]. Výpočty jsem ověřoval také v programech STAVEBNÍ FYZIKA 2011 a QPRO.

Okrajové podmínky pro výpočet tepelných ztrát, vypočtené hodnoty

| | | |
|--|----------------|-----------------------------|
| Návrhová (výpočtová) venkovní teplota | Θ_e | -12.0 °C |
| Průměrná roční teplota venkovního vzduchu | $\Theta_{e,m}$ | 8.4 C |
| Činitel ročního kolísání venkovní teploty | f_{gl} | 1.45 |
| Průměrná vnitřní teplota v objektu | $\Theta_{i,m}$ | 20.4 °C |
| Půdorysná plocha podlahy objektu | A | 278.0 m² |
| Exponovaný obvod objektu | P | 74.1 m |
| Obestavěný prostor vytápěných částí budovy | V | 1042.5 m³ |

| | | |
|---|------------------|---------|
| Součet tepelných ztrát (tepelný výkon) $F_{i,HL}$ | 10.015 kW | 100.0 % |
| Součet tepelných ztrát prostupem $F_{i,T}$ | 4.788 kW | 47.8 % |
| Součet tepelných ztrát větráním $F_{i,V}$ | 5.227 kW | 52.2 % |

PRŮMĚRNÝ SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA BUDOVY:

| | |
|---|------------------------------|
| Celkový součinitel tepelné ztráty (ustálený měrný tepelný tok) prostupem H,T: | 147.7 W/K |
| Plocha obalových konstrukcí budovy A: | 126.1 m ² |
| Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} | 1.17 W/m²K |

Vyhodnocení výsledků tepelných zisků a ztrát

Jak je vidět na obrázku 8.3 (graf tepelných zisků na předchozí straně) a průběhu výpočtu v navrhovacím SW od firmy QPRO (tabulka 8.8 a 8.9), hodnoty určené na základě odhadu pomocí [3] popsané v tabulce 8.7 a hodnoty spočítané podle normy [34] se liší pouze ve stovkách W, což je pro návrh VZT zanedbatelné z hlediska proměnlivé zátěže od stojů, svítidel a lidí. Tepelná zátěž pro jídelnu je tedy cca 20 kW. Na tuto hodnotu je potřeba dimenzovat chladicí zařízení. Výkon pro vytápění vyšel cca 10 kW, což se shoduje s tepelnými ztrátami prostoru. Vypočítané hodnoty chladících a vytápěcích výkonů se shodují (u jídelny) s technickým návrhem projektu restaurace.

U kuchyně byla problematika výpočtu chlazení složitější, je třeba kromě zisků od svítidel zahrnout také zisky od provozních spotřebičů (v následující kapitole řešení vzduchotechniky). Hodnota cca 9,5 kW je pouze odhadnutá na základě plochy místnosti a intenzity osvětlení v daném prostoru.

9 ŘEŠENÍ VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE V RESTAURACI

Nutnost větrání a klimatizace kuchyňských prostor vychází jednak z nadměrné produkce tepla, vodních par, pachů a potřeby celkového odvodu spalin, ale také z nařízení vlády č. 523/2002, které požadují minimální množství přiváděného vzduchu na pracoviště podle typu práce. Česká republika v současnosti zatím nedisponuje vlastní legislativou pro návrh a provozování vzduchotechnického zařízení v kuchyňských provozech, proto se v ČR řídíme německou normou VDI 2052 [35].

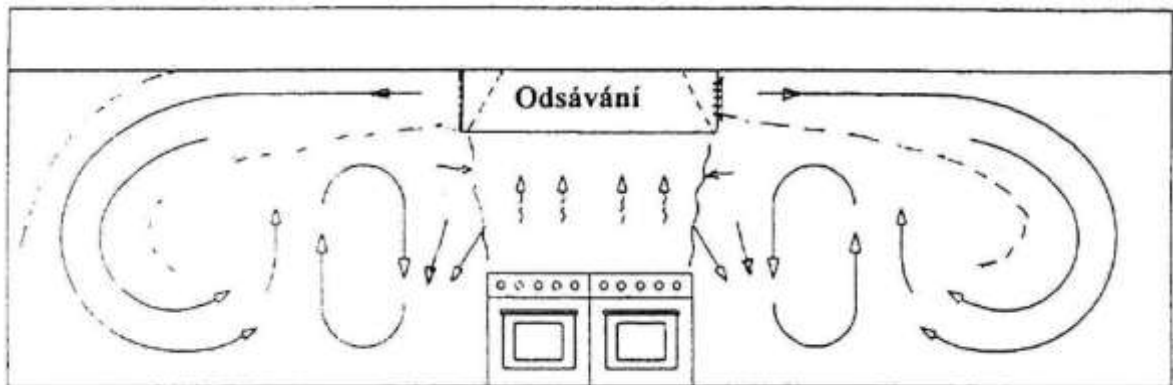
9.1 Specifika větrání a klimatizace v restauračním zařízení

V restauracích umístěných v obchodních centrech je situace výměny vzduchu poněkud složitější, než u klasických restaurací s kuchyní a jídelnou. Provozovny rychlého občerstvení mívají na malém prostoru mnoho výrobních technologií, proto je návrh větrání obtížnější. Je zde určitě nutné volit značný podtlak v kuchyni vůči jídelně a v té zase mírný podtlak vůči okolí, a to navzdory hygienickým požadavkům vyrovnaných tlakových poměrů mezi výrobními a konzumačními prostory, které se uplatňují u klasického stravování (tímto zamezíme nežádoucímu pronikání pachů z restaurací do celého objektu obchodního centra). V klasických restauracích je volen tlak rovnoměrně mezi kuchyní a jídelnou, aby byly vyvážené obě tlakové hladiny. [8]

Restaurace lze rozdělit podle velikosti [36] na kuchyně:

- **malé** – příprava jídel pro cca 10 osob, přirozené větrání okny nebo šachtami
- **střední** – příprava max. 100 porcí za den, nucený odtah v místě výskytu škodlivin
- **velké** – příprava max. 250 jídel za den, nucený odtah i přívod vzduchu, větrání pouze čerstvým vzduchem (nelze použít oběhový vzduch) – sem patří i dotčená restaurace

Přívod vzduchu do kuchyní probíhá buď tzv. směšováním, nebo zaplavováním. V prvním případě jde o míchání vnitřního vzduchu s proudy přiváděného vzduchu. Znečištěný vzduch v pracovní oblasti se ředí buď přímým proudem přiváděného vzduchu, nebo zpětnými proudy. Směšovací způsob větrání je nejčastějším způsobem distribuce vzduchu, o čemž svědčí i množství vyráběných distribučních elementů. Mezi hlavní typy distribučních elementů této kategorie patří obdélníkové vyústky, (vířivé) anemostaty, štěrby a dýzy. Existují dva druhy směšování, buď pomocí horizontálního přívodu vzduchu směšováním digestoří (obrázek 9.1), nebo vertikální přívod vzduchu směšováním vířivými vyústkami (obrázek 9.2).

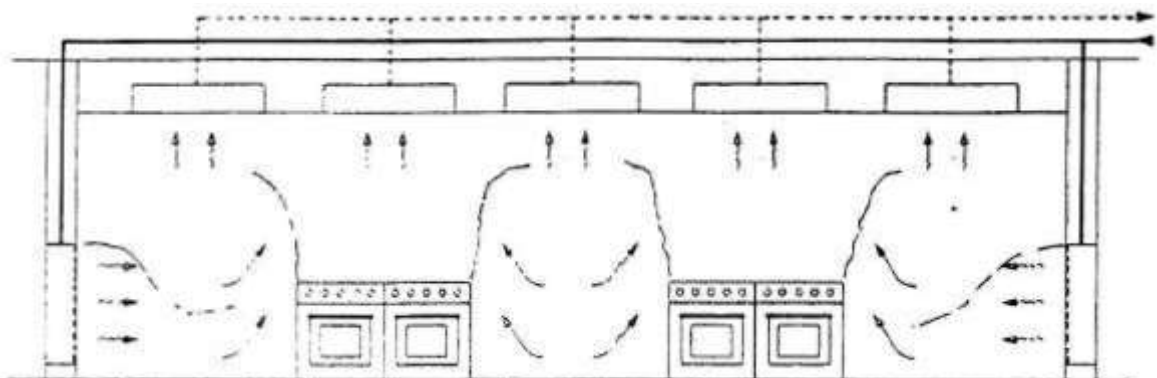


Obrázek 9.1 - Horizontální přívod vzduchu směřováním např. pomocí digestoře [36]



Obrázek 9.2 - Vertikální přívod vzduchu směřováním vířivými vyústkami [36]

U druhého způsobu přívodu vzduchu do kuchyně, tzv. zaplavování (viz obrázek 9.3) se vzduchu přivádí do pracovní oblasti malou rychlostí (do 0,5 m/s) zpravidla velkoplošnou výstří umístěnou u podlahy. Při tomto způsobu větrání téměř nevzniká cirkulace vzduchu v místnosti. Vzduch se v prostoru pohybuje vlivem tepelné konvekce vznikající podél zdrojů tepla (osoby, elektronické vybavení, technologie). Ohřátý vzduch stoupá vzhůru ke stropu, kde se většinou i odsává.



Obrázek 9.3 – Přívod vzduchu zaplavovacími vyústkami u podlahy [36]

9.1.1 Kuchyně

Při návrhu větrání vycházíme z maximální vnitřní teploty 25 °C a měrné vlhkosti 16,5 g/kg (při relativní vlhkosti 70 %). Díky sálavému účinku kuchyňských zařízení stoupá v jejich blízkosti teplota oděvu zaměstnanců i o 10 a více stupňů Celsia nad teplotu vzduchu, proto je přípustné navrhovat i vyšší rychlosti proudění přiváděného vzduchu (do 1 m/s). Pracovní rozdíl teplot pro kuchyně se volí 8 K. Běžná výměna vzduchu v kuchyních tohoto provozu (stavebně oddělená restaurace rychlého občerstvení v obchodním domě) se pohybuje v rozmezí 15 až 20 h⁻¹. Je důležité myslet i na akustickou stránku větrání, tedy útlum hluku musí být proveden tak, aby nepřekročila hladina hluku 50 až 60 dB(A). Druh řešené kuchyně je z hlediska rozlohy střední až velký, proto je třeba zajistit nucené větrání s přívodem čerstvého vzduchu i odváděním vzduchu. Větrání je nutné provádět vždy pouze s čerstvým vzduchem. Vzhledem k počtu a tepelnému výkonu spotřebičů a zákonným požadavkům na maximální teplotu na pracovišti je nutné vybavit větrací zařízením systémem chlazení vzduchu (klimatizační jednotkou). Pro správný výpočet a dimenzování větracích zařízení je důležité znát příkony všech používaných kuchyňských spotřebičů, jejich umístění, tzv. faktor současnosti využití přístrojů, počet připravovaných jídel, režim přípravy jídla a distribuce. Vždy dimenzování provádíme pro průměrný režim provozu, proto mohou v extrémním vytížení kuchyně plánované teploty a vlhkosti krátkodobě stoupnout.

Odsávání vzduchu musí být zajištěno co nejbližší zdroji škodlivin (pára, teplo, pachy), především tedy nad fritézami a konvektomaty. K odsávání je možné využít odsávací zákryty (digestoře), nebo se volí celoplošné systémy větracích a osvětlovacích stropů (mohou zajišťovat přívod i odvod vzduchu). Odsávací potrubí musí být těsné, nepropustné pro tuk a vodu a spádované. Je důležité jednou za čas potrubí vyčistit, jelikož usazovaný tuk je hořlavý. V odsávacím potrubí je nebezpečí kondenzace, proto by mělo být tepelně izolované. Odváděný vzduch z kuchyní by měl být vyfukován co nejvýše nad budovu. Přívod čerstvého vzduchu musí kompenzovat předpokládanou tepelnou zátěž, je potřeba dbát na správné rozmístování výdechů s ohledem na obrazy proudění jednotlivých výustek. Je vhodné zajistit stavebně oddělené umístění kuchyně tak, aby nepronikal do kuchyně vzduch ze sousedních místností a také díky odlišné produkci par a tepla v různých místnostech. K oddělení lze použít i lamelové plastové závěsné pásy. [8]

Digestoře volíme tak, aby měly přesah alespoň 0,1 m mimo zdroj znečištění, spodní okraj by neměl být výše než 2,1 m od stroje. Pořizovací cena větracích stropů se zásadně neliší

od systémů s digestořemi a přitom poskytuje daleko vyšší komfort z hlediska celoplošného odsávání a osvětlení. Celá plocha větracího stropu je vzduchotěsná a dokonale chrání stropní konstrukci proti působení tepla a vlhkosti, navíc poskytuje rovnoměrné osvětlení.

Před nasávacími vyústkami digestoří i odsávacích stropů je potřeba v kuchyních instalovat lapače (odlučovače) tuku, které obsahují filtrační vložky pro zachycení tuků v nasávaném vzduchu. Vyrábějí se většinou z nerezové oceli, případně hliníku. Kvůli případnému okapávání tuků musejí být instalovány se sklonem minimálně 45 °, nejlépe ve svislé poloze. Ve spodní části digestoře je umístěn odchyťový žlábek, který slouží na uchycení filtrů a zachytávání stékajícího tuku a zkondenzované vody. Lapače tuků musejí být pravidelně udržovány (čištěny), proto je důležitá jejich přístupnost. [3]



Obrázek 9.4 – Odsávací zákryt – digestoř (vlevo) a větrací strop (vpravo) [8]

9.1.2 Jídelna

V jídelnách vycházíme z výpočtové teploty 20 až 26 °C a vlhkosti 40 až 55 %. Další vlhčení není zapotřebí, jelikož produkce vlhkosti od lidí a jídel je dostačující. Přívod vzduchu v jídelnách stanovujeme podle letní tepelné bilance. Hlavní zdroj tepla zde tvoří lidé, osvětlení, sluneční zisky z prosklených ploch a samotné jídlo. Počítáme s tím, že podané jídlo produkuje zhruba 36 kJ tepla, přičemž v restauracích tohoto provozu počítáme 3 jídla za hodinu na jedno místo u stolu. V navrhované restauraci je zakázáno kouření, platí tedy minimální přívod vzduchu na jedno místo u stolu 30 m³/h (při povoleném kouření je to dvojnásobek). Přívod vzduchu však může být i čtyřnásobný, záleží na kvalitě restaurace.

Přívod vzduchu do jídelny se provádí vyústkami přívodního VZT potrubí, případně stropními anemostaty. Přívodní potrubí větrání jídelny musí být oddělené od větrání kuchyní a toalet. Přívodní vzduchovod by měl být umístěn tak, aby přiváděný vzduch ofukoval okna především v zimním období.

Odvod vzduchu je realizován nasáváním vyústkami v odděleném potrubí, které musí být umístěno vždy pod stropem, kde se drží nejvíce znečištěný (teplý a vlhký) vzduch. Při vybavení restaurace klimatizací je vhodné navrhovat zařízení tak, aby pracovala s oběhovým vzduchem, případně je možné využít odpadního vzduchu pro získávání tepla (to se vyplatí v provozech s delší pracovní dobou než 8 hodin). Klimatizační zařízení by mělo umět pracovat alespoň ve třech výkonových stupních (z důvodu rozdílné návštěvnosti během dne). [3], [8]

9.1.3 Sklady potravin

Specifické požadavky kladou i sklady potravin v restauraci, především sklad mouky. Dodržovat by se měla teplota skladu 20 až 25 °C s relativní vlhkostí vzduchu maximálně 60 %. U chladicích skladů potravin je důležité dodržovat teplotu 1-5 °C s vlhkostí do 70 %.

9.1.4 Toalety

Zákaznické i zaměstnanecké toalety se větrají nuceně pomocí podtlakového větrání. K nasávání vzduchu jsou využity talířové ventily, přívod vzduchu je řešen podříznutím dveří (škvírou mezi dveřmi a podlahou), nebo častěji dvevní mřížkou. Odvod vzduchu není z hygienických důvodů možné dále upravovat, je tedy odváděn samostatným potrubím nad střechu objektu.

9.2 Návrh klimatizace a větrání kuchyně

Návrh větrání kuchyně a servisu jsem provedl pomocí návrhového programu pro výpočet a návrh větrání kuchyní od společnosti Atrea s.r.o. Výpočet větrání je proveden v souladu se směrnicí VDI 2052 (SRN), podle produkce tepla a vlhkosti instalovaných spotřebičů.

Návrh probíhá v několika krocích, nejprve je to určení rozměrů místnosti, volba a druh kuchyně – podle druhu je stanoven faktor současnosti (v mém případě se jedná o hodnotu 0,7). Poté následuje samotný import všech spotřebičů z rozsáhlé databáze programu, které se v prostoru kuchyně nacházejí. U každého spotřebiče se zvolí způsob odsávání (zda se nachází pod digestoří či nikoli), jeho umístění vzhledem ke zdi (tento údaj slouží ke stanovení redukčního polohového faktoru). Následuje automatické určení standardizovaného typu digestoře na základě předchozích zadaných údajů a požadované odsávané plochy. Nakonec program vypočítá podle výše zmíněné směrnice VDI 2052 potřebný průtok odsávaného vzduchu a jeho rychlost. [35]

9.2.1 Okrajové podmínky pro návrh klimatizace v kuchyni a na servise

Podle směrnice VDI 2045 lze specifikovat druh zařízení jako RESTAURACE, BUFET, HOTELOVÁ KUCHYNĚ s počtem připravovaných jídel maximálně 250 za den. Faktor současnosti tohoto provozu je podle výše zmíněné směrnice 0,7.

| | rozměry místnosti [m] | výška místnosti [m] | plocha [m ²] | objem [m ³] | počet spotřebičů (pod / mimo digestoř) |
|---------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|--|
| KUCHYŇ | 5,375 x 3,4 | 2,8 | 18,27 | 51,17 | 4 (1/3) |
| SERVIS | 4,95 x 3,5 | | 17,32 | 48,51 | 8 (2/6) |

Tabulka 9.1 – Okrajové podmínky pro návrh větrání

9.2.2 Tepelné zisky od přístrojového vybavení kuchyně

Kuchyň (jak již jsem zmiňoval dříve) se skládá ze servisu (příprava a balení sendvičů) a samotné kuchyně (tepelná příprava kuřecího masa). Na tepelné zisky v kuchyni má přístrojové vybavení velký vliv, v tabulce 9.2 jsou uvedeny jejich technické detaily:

| místnost | název zařízení | Výkon [kW] | Produkce citelného tepla Q_s | | Vlhkost [g/h] | Konvekční tepelná zátěž $Q_{s,k}$ [kW] |
|----------|----------------------|---------------|-----------------------------------|--------|------------------|--|
| | | | [kW] | [W/kW] | | |
| KUCHYŇ | fritéza - elektrická | 20.00 | 1,8 | 90 | 20600 | 630 |
| | fritéza - tlaková | 14.00 | 1,26 | 50 | 14420 | 245 |
| | konvektomat | 10.00 | 0,7 | 70 | 2200 | 245 |
| | lednice na maso | 2.00 | 1,4 | 700 | 0 | 490 |
| SERVIS | fritéza - elektrická | 10.00 | 0,9 | 90 | 10300 | 315 |
| | elektrický gril | 4.00 | 2,8 | 700 | 1028 | 980 |
| | mikrovltnka | 3.00 | 0,15 | 50 | 45 | 52,5 |
| | příruční lednice | 1.00 | 0,7 | 700 | 0 | 245 |
| | příruční mrazák | 0.50 | 0,35 | 700 | 0 | 122,5 |
| | elektrický sporák | 5.00 | 1,0 | 200 | 590 | 350 |
| | toaster vertikální | 3.60 | 0,9 | 330 | 1217 | 415,8 |
| | nahřívací boxy | 8.50 | 2,975 | 350 | 0 | 1041,25 |

Tabulka 9.2 – Přístrojové vybavení v kuchyni a na servise [35]

Poznámky k tabulce 9.2 a 9.3:

- **produkce citelného tepla a vlhkosti** – stanoveno na základě typových příkladů spotřebičů stejného druhu (podle hodnot celkového příkonu a produkce vlhkosti)
- **konvekční tepelná zátěž** – vypočteno pro každý spotřebič na základě vzorce:

$$Q_{S,K} = P \cdot Q_s \cdot b \cdot \varphi$$

| | | |
|-----------|--------|--|
| P | [kW] | instalovaný příkon spotřebiče |
| Q_s | [W/kW] | měrná produkce citelného tepla |
| b | [-] | konvekční složka předaného tepla - dle [35]: $b = 0,5$ |
| φ | [-] | součinitel současnosti pro gastronomické provozy - dle [35]: $\varphi = 0,7$ |

- **termický proud vzduchu od jednotlivých spotřebičů** – je to proud teplého vzduchu indukovaný nad místem vaření, stanoví se následujícím vztahem:

$$V_{th} = k \cdot Q_{s,k}^{\frac{1}{3}} (z + 1,7 \cdot d_{hydr})^{5/3} \cdot r$$

| | | |
|------------|---------------------------|--|
| k | $[m^{4/3}W^{-1/3}h^{-1}]$ | empiricky stanovený koeficient, $k=18$ |
| $Q_{s,k}$ | [W] | celkové konvekční tepelné zatížení |
| z | [-] | účinná odsávací výška pro jednotlivé spotřebiče, $z = h - H_0$ |
| h | [m] | výška odsávání |
| H_0 | [m] | výška zdroje tepla nad podlahou |
| d_{hydr} | [m] | hydraulický průměr jednotlivých spotřebičů $d_{hydr} = 2 \cdot a \cdot b / (a + b)$ |
| a, b | [m] | půdorysný rozměr zdroje tepla |
| r | [-] | redukční polohový faktor: <ul style="list-style-type: none"> - volné postavení: $r=1$ - jednostranné uzavření: $r=0,63$ - dvoustranné uzavření: $r=0,4$ |

9.2.3 Výpočet množství potřebného vzduchu pro kuchyňské prostory

Výpočet množství odsávaného vzduchu digestořemi

$$V_{ods,dig} = \sum V_{th} \cdot a \quad [m^3/h]$$

| | | |
|----------|-----------|--|
| V_{th} | $[m^3/h]$ | termický proud vzduchu pro spotřebiče |
| a | [-] | přirážkový faktor poruch termického proudu pro směšovací proudění - dle [34]: $a=1,20$ (směšovací proudění) |

| | |
|-----------------------------|---|
| digestoř na kuchyni: | $V_{ods,dig-ku} = V_{th} \cdot a = 1478,99 \cdot 1,2 = \mathbf{1744,78} [m^3/h]$ |
| digestoř na servise: | $V_{ods,dig-se} = V_{th} \cdot a = 2256,28 \cdot 1,2 = \mathbf{2707,536} [m^3/h]$ |

| místnost | název zařízení | L_0 | B_0 | H_0 | d_{hdr} | z | r | Termický proud | z_{th} | odsávání mimo dig. |
|----------|----------------------|-------|-------|-------|-----------|-----|------|------------------------------|----------|---------------------------------|
| | | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [-] | V_{th} [m ³ /h] | [m] | $V_{th,ne}$ [m ³ /h] |
| KUCHYŇ | fritéza - elektrická | 1,8 | 0,9 | 0,9 | 1,2 | 1,2 | 0,63 | 689,65 | | |
| | fritéza - tlaková | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,642 | 1,2 | 0,63 | 282,89 | | |
| | konvektomat | 0,75 | 0,9 | 0,9 | 0,818 | 1,2 | 0,4 | 220,19 | | |
| | lednice na maso | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,847 | 1,2 | 0,4 | 286,24 | 1,6 | 362,12 |
| SERVIS | fritéza - elektrická | 1 | 0,9 | 0,9 | 0,947 | 0,9 | 0,63 | 357,81 | | |
| | elektrický gril | 0,2 | 0,3 | 0,9 | 0,24 | 0,9 | 0,63 | 176,21 | 1,6 | 359,99 |
| | mikrovlňka | 0,4 | 0,3 | 0,9 | 0,342 | 0,9 | 0,63 | 81,87 | 1,6 | 155,97 |
| | příruční lednice | 1,2 | 0,9 | 0,9 | 1,028 | 0,9 | 0,63 | 359,76 | 1,6 | 531,82 |
| | příruční mrazák | 1,1 | 0,9 | 0,9 | 0,99 | 0,9 | 1 | 434,70 | | |
| | elektrický sporák | 0,1 | 0,3 | 0,9 | 0,15 | 0,9 | 0,4 | 64,51 | 1,6 | 142,10 |
| | toaster vertikální | 0,1 | 0,2 | 0,9 | 0,133 | 0,9 | 0,63 | 103,25 | 1,6 | 231,03 |
| | nahřívací boxy | 1,7 | 0,9 | 0,9 | 1,176 | 0,9 | 0,63 | 678,14 | 1,6 | 972,27 |

Tabulka 9.3 – Výpočet termického proudu vzduchu nad spotřebiči [35]

Výpočet množství odsávaného vzduchu

$$V_{ods} = V_{ods,dig} + V_{th,ex} \cdot a + V_A$$

$V_{th,ex}$ [m³/h] termický proud vzduchu pro spotřebiče, které nejsou umístěny pod digestoří

V_A [m³/h] vyrovnávací proud vzduchu pod stropem místnosti

Pokud je $V_{th,ex}$ menší než 10% vzduchu odváděného digestoří, uvažuje se s vyrovnávacím proudem vzduchu V_A pod stropem místnosti.

$$V_{th,ex} + V_A \geq 0,1 \cdot V_{ods,dig}$$

Výpočet pro ověření nutnosti doplnění vyrovnávacím proudem:

$$V_{ods} = V_{ods,dig} + (V_{th,ne} \cdot a) \quad 1865,849276 \text{ kuchyň}$$

$$[m^3/h] \quad 2707,537195 \text{ servis}$$

Ověření podmínky vyrovnávacího proudu (bude potřeba vyvažovat pomocí V_a):

| | | $V_{th,ne}$ musí být \geq než 10% $V_{ods,dig}$ | splněno | V_a |
|---------------|-----------------|---|-----------------|-----------------------|
| $V_{th,ne} =$ | 362,1211 kuchyň | \geq | 1574,434 | NE -> 1212,313 |
| $[m^3/h]$ | 2393,198 servis | \geq | 2632,518 | NE -> 239,3198 |

Celkové množství odsávaného vzduchu:

$$V_{ods} = V_{ods,dig} + (V_{th,ne} \cdot a) + V_a \quad 3512,70785 \text{ kuchyň}$$

$$V_{ods} = V_{ods,dig} + (V_{th,ne} \cdot a) + V_a \quad 5818,694321 \text{ servis}$$

Výpočet množství přiváděného vzduchu

Při stanovení množství čerstvého přiváděného vzduchu do klimatizovaného prostoru je důležité vycházet z nařízení vlády 137/2004 [31], kde je požadavek na přívod čerstvého vzduchu o množství 70 m³/h pro lidi pracující ve stoje a v chůzi (toto se týká kuchyně) a minimálně 30 m³/h pro nepracující (sedící) osoby bez možnosti kouření – tato hodnota se týká jednoho místa k sezení v jídelně a je určena pro základní restaurace, u restaurací vyšších tříd a kvalit je požadováno vyšší množství přiváděného vzduchu na osobu. Přitom musíme zajistit podtlakové větrání kuchyně, aby nešly škodliviny do prostoru jídelny, kterou musíme naopak větrat přetlakově, abychom zajistili dostatečný přívod vzduchu v prostoru. Počet míst v jídelně je 76 a 5 pracovníků, na kuchyni je jeden pracující člověk a na servise 4 pracující osoby. Celkové minimální požadované množství přiváděného vzduchu je tedy uvedeno v tabulce 9.4

| | celkové množství přiváděného vzduchu (navrženo programem) V_e [m ³ /h] | celkové množství odváděného vzduchu (spočítáno) V_{ods} [m ³ /h] |
|---------------|---|--|
| KUCHYŇ | 2980 | 3513 |
| SERVIS | 4011 | 5819 |

| | | |
|----------------|--|---------------------------------------|
| JÍDELNA | minimálně 2430 zvoleno: 3800 | méně než 2430 zvoleno: 2400 |
|----------------|--|---------------------------------------|

Tabulka 9.4 – Navržené hodnoty větrání (přiváděného a odváděného vzduchu)

9.3 Návrh vzduchotechniky

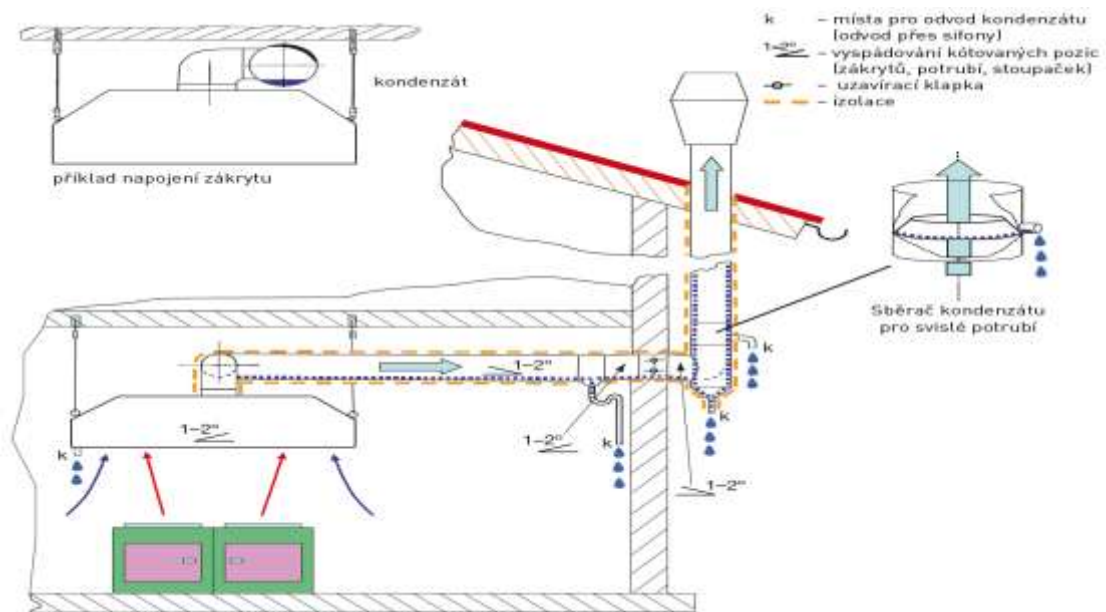
Klimatizační jednotka je v celém objektu obchodního domu řešena centrálně, kdy je ze strojovny vzduchotechniky vedeno ke každé prodejní části dle potřeby nasávací a výfukové potrubí. Nasávaný vzduch je vypouštěn nad střechu obchodního centra a klimatizační jednotkou je vpouštěn do samotných provozoven čerstvý upravený vzduch. Klimatizační zařízení je řízeno ovládací jednotkou, přes kterou lze řídit napájení jednotek, druh provozu, otevírání klapek v potrubí pro přívod čerstvého vzduchu nebo využití pouze oběhového vzduchu. Přes ovládací jednotku lze i sledovat stav systému, předně jeho aktuální výkon či např. zanesení filtrů.

Samotné napojení na vzduchotechnický systém je řešeno v jídelně prostupem instalační šachtou, odkud jsou svedeny vzduchotechnické rozvody. Na tyto přívody se lze napojit a rozvést tak v restauraci vzduchovody dle potřeby. V restauraci je dále rozděleno vzduchotechnické potrubí na samostatnou větev pro přívod vzduchu do jídelny a do zázemí, to samé je i u odvodního vzduchovodu, který je taktéž zdvojen na větev pro odsávání z jídelny, kde se využívá rekuperace, a dále na větev pro odsávání z kuchyně a zázemí, tento použitý vzduch však nevyužíváme. V restauraci bude navíc vedeno potrubí pro odsávání toalet, tento vzduch bude vyveden přímo nad střechu obchodního domu. Z hygienického hlediska není vhodné ho dále zpracovávat.

Důležitým prvkem v kuchyňských vzduchotechnických systémech je správné směřování vzduchu a jeho regulace. Výměna vzduchu v různých částech prostoru bývá nerovnoměrná a způsobuje víření vzduchu, který narušuje předpokládané vhodné proudění, jehož cílem je zajistit optimální podmínky na pracovišti. Pro regulaci digestoří se velmi často využívají regulační klapky, která se umísťují mezi hrdlo digestoře a pokračující potrubí. Regulační klapky mohou být čtyřhranné nebo kruhové. Tyto regulační plní funkci ve vyvažování systému v případě, že je v kuchyni použito více digestoří. Pokud umístění digestoře neumožňuje instalaci regulačních klapek přímo na hrdlo digestoře, instalují se regulační klapky přímo do odtahu VZT potrubí ještě před vstupem do společného odtahu.

9.3.1 Vzduchovody – obecné požadavky návrhu

Výfuk znehodnoceného (odpadního) vnitřního vzduchu se může odvádět přes rekuperační jednotku nad střechu, kde je potřeba zajistit návrh kondenzátu. Do přívodního i odtahového potrubí je nutné instalovat těsné uzavírací klapky. Na příkladu uvedeném v obrázku 9.5, kde je zakreslena kuchyňská instalace vzduchotechniky, je použit speciální kuchyňský izolovaný ventilátory s radiálním oběžným kolem a s vanou pro odvod kondenzátu. Pro instalaci na kuchyních lze využít rekuperátory s instalovanými tukovými filtry, ovšem pro provoz rychlého občerstvení není tento způsob vhodný (viz předchozí kapitola).



Obrázek 9.5 – Detail vzduchovodu v kuchyni [převzato z: www.univent.cz]

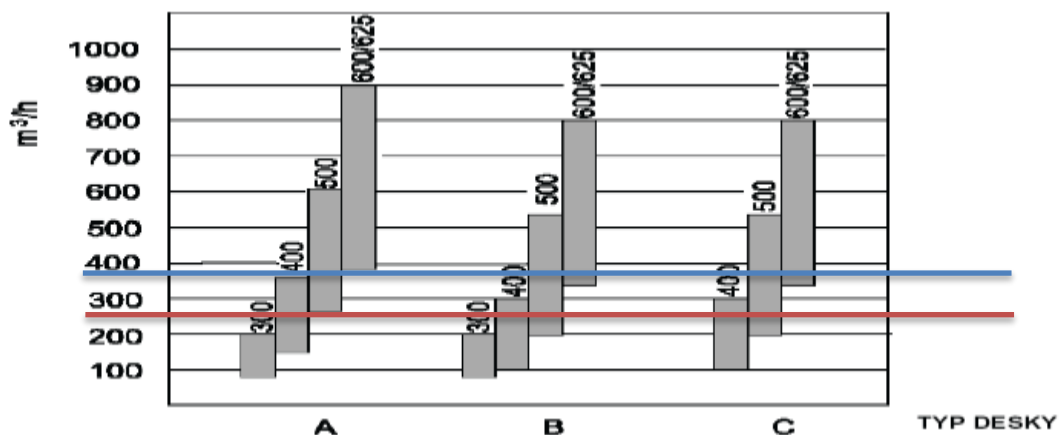
Vzduchotechnické potrubí musí být hladké, (tmelem) utěsněné a vyspárované do míst, odkud se vypouští kondenzát. V praxi se velmi často využívá čtyřhranné i kruhové potrubí SPIRO. V prostorách s vyšší koncentrací osob (šatny, kuchyň, jídelna, apod.) lze použít izolační materiál Mirelon s Al izolací, v ostatních prostorách (např. chodby) se může využít izolace z minerální vaty. Pokud by izolace chyběla např. v kuchyňských provozech, tak by docházelo ke zvýšené kondenzaci vodních par na chladném povrchu potrubí a v extrémním případě by mohlo dojít ke vzniku tzv. přívalové vlny, která přeletí vyústění sběrače kondenzátu a z digestoří by pak mohlo vytrysknout několik litrů vody.

9.3.2 Distribuce vzduchu – obecné požadavky návrhu

Nejpoužívanější způsob distribuce vzduchu je seshora dolů s využitím prvků s radiálním prouděním. Aby nedocházelo ke zkratu mezi přiváděným a odváděným vzduchem, je nutné místnost rozdělit na oblasti, kde bude vzduch přiváděn a kde odváděn. U jídelního prostoru je veden přívodní vzduchovod u obvodové zdi a okenní stěny restaurace, odvodní potrubí VZT naopak navrhuji vést naproti oknům a této zdi. Vzdálenost mezi obvodovou zdí a vnitřní stěnou je průměrně 5 m (jídelna má lichoběžníkový půdorys). Odvodní potrubí je vedeno přímo u vnitřní stěny (je použito kruhové potrubí zavěšené pod stropem). Přívodní potrubí je umístěné minimálně 3 m od přívodního potrubí (kvůli požadavku na míchání vzduchu) tak, aby pokrylo cca 2/3 prostoru jídelny, tzn. je zavěšeno pod stropem (také kruhové potrubí). Vzdálenost mezi jednotlivými distribučními prvky by měla být 3 až 5 m, z čehož plynou i požadavky na počet. [37]

Ukázkový výpočet návrhu vzduchovodu pro jídelnu

Objem jídelny je 650 m^3 , obvod jídelny je $41,5 \text{ m}^2$, výška místnosti $3,75 \text{ m}$, pokud uvažujeme průměrnou výšku pracovní zóny $1,8 \text{ m}$, tak je vzduchotechnické potrubí umístěno ve výšce $H = 3,75 - 1,8 = 2,05 \text{ m}$. Přiváděné množství vzduchovodem je zvoleno $3800 \text{ m}^3/\text{h}$. Z požadavků plyne počet cca 10 vyústek na celou délku restaurace. Přiváděné množství vzduchu z jedné vyústky je $(3800/10) 380 \text{ m}^3/\text{h}$. Zvolený odvod vzduchu z jídelny je $2400 \text{ m}^3/\text{h}$, proto odvod na jednu odsávací vyústku bude $(2400/10) 240 \text{ m}^3/\text{h}$. Výměna vzduchu v jídelně je počítána jako podíl přiváděného vzduchu a objemu, tedy $n = 3800/650 = 5,8 \text{ h}^{-1}$.



Obrázek 9.6 – Diagram návrhu plochy vyústky podle množství vzduchu [37]

Z diagramu na obr. 9.6 jsem si určil předběžnou velikost vyústek na základě průtoku vzduchu. Diagram poskytuje doporučený rozměr jedné hrany vyústek na základě voleného množství vzduchu vyústkou. Pro odsávání vzduchu je tedy rozměr hrany vyústky 40 cm a pro přívodní vyústky je to 50 cm. Vyústky jsem zvolil od výrobce IMOS – ASEK, konkrétně pro přívodní vyústky jsou to vyústky NOVA-C s rozměry 500 x 100 mm (podle podrobnějšího diagramu na obrázku 9.7, kde je i navržená tlaková ztráta vyústky 4 Pa. U odsávacího potrubí jsou vyústky stejné typové řady, ovšem velikost je jiná, je použito (oproti minulému návrhu na délku hrany 400 mm) rozměru 300 x 100 mm. Dosah proudu při rychlosti 0,2 m/s je 7 m, tlaková ztráta vyústky je 5 Pa.

| Rozměry L x H (mm) | Volná plocha A _v (m ²) | Průtok vzduchu (m ³ /h, l/s) s dosah proudu L _{0,2} (m) při rychlosti 0,2 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|--|--|
| | | 7 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | | | | | |
| 200 x 100 | 0,009 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 200 x 150 | 0,016 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 300 x 100 | 0,015 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 300 x 150 | 0,024 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 300 x 200 | 0,033 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 400 x 100 | 0,02 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 400 x 150 | 0,033 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 400 x 200 | 0,045 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 500 x 100 | 0,025 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 500 x 150 | 0,042 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 500 x 200 | 0,057 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 500 x 300 | 0,088 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 600 x 100 | 0,03 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 600 x 150 | 0,05 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 600 x 200 | 0,068 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 600 x 300 | 0,107 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 600 x 400 | 0,145 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 800 x 100 | 0,041 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 800 x 150 | 0,068 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 800 x 200 | 0,092 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1000 x 100 | 0,051 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1000 x 150 | 0,085 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1000 x 200 | 0,116 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Průtok vzduchu | | m ³ /h | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | | | |
| | | l/s | 42 | 56 | 83 | 111 | 129 | 167 | 194 | 222 | 250 | 278 | 333 | 389 | 444 | | | |

| Rozměry L x H (mm) | Tlakové ztráty Pt (Pa) | | |
|-----------------------|---------------------------|-------|-------|
| | 8 | 13 | 20 |
| 200 x 100 | | | |
| 200 x 150 | | | |
| 300 x 100 | | | |
| 300 x 150 | | | |
| 300 x 200 | | | |
| 400 x 100 | | | |
| 400 x 150 | | | |
| 400 x 200 | | | |
| 500 x 100 | | | |
| 500 x 150 | | | |
| 500 x 200 | | | |
| 500 x 300 | | | |
| 600 x 100 | | | |
| 600 x 150 | | | |
| 600 x 200 | | | |
| 600 x 300 | | | |
| 600 x 400 | | | |
| 800 x 100 | | | |
| 800 x 150 | | | |
| 800 x 200 | | | |
| 1000 x 100 | | | |
| 1000 x 150 | | | |
| 1000 x 200 | | | |
| | 20-25 | 26-34 | 35-40 |
| | dB(A) | | |

Obrázek 9.7 – Výběr rozměrů vyústek na kruhové potrubí od výrobce IMOS-ASEK

Pro návrh distribučních prvků lze také použít freeware návrhového softwaru AirCAD od české firmy MANDÍK, a.s. Po zadání hodnot objemového průtoku vzduchu v místnosti, určení typu prostředí a rozměrů místnosti a umístění vyústek v prostoru program navrhne všechny parametry vyústek. Na následující straně jsou obrazovky programu s navrženými typy vyústek a zadanými okrajovými hodnotami. Návrh pomocí programu je téměř stejný s odhadnutými parametry výpočtem podle [37].

Vstupní parametry | Výsledné údaje | Hledat vhodné vyústky


Rozměry místnosti:
 Šířka místnosti [m]: 33,00
 Délka místnosti [m]: 5,01
 Výška místnosti [m]: 3,75
 Objem místnosti [m³]: 619,99

Objemový průtok vzduchu:
 Počet vyústek v místnosti: 10
 Výměna vzduchu v místnosti [1/h]: 5,8
 Objemový průtok vzduchu v místnosti Vc [m³/h]: 3598
 Objemový průtok vzduchu pro jednu vyúst [m³/h]: 360

Teplota vzduchu:
 Teplota přiváděného vzduchu [°C]: 20,0
 Teplota vzduchu v místnosti [°C]: 18,0
 Rozdíl mezi teplotou přiváděného vzduchu a teplotou vzduchu v místnosti (delta tp) [K]: 2,0

Délka a rychlost proudu (pouze pro VNM a SVM):
 Délka proudu L [m]:
 Rychlost proudu vzduchu wL ve vzdálenosti L [m/s]: 0,00

Rychlost vzduchu a průměr potrubí (pouze pro VNMK):
 Rychlost vzduchu v potrubí [m/s]: 6,00
 Průměr potrubí [mm]: libovolný



Vstupní parametry | Výsledné údaje | Hledat vhodné vyústky

Typ vyústky:
 Typ vyústky: VNMK 2
 Otevření regulace [%]: 100 %

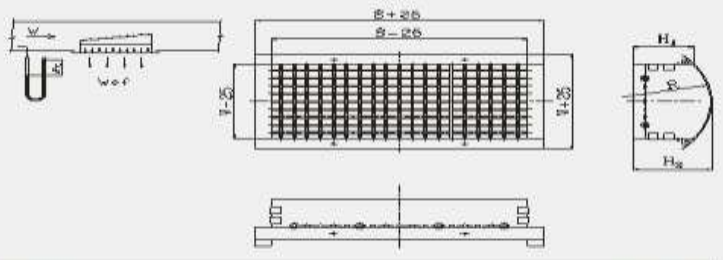
Rozeř vyústky (š x v):
 Šířka [mm]: 525
 Výška [mm]: 125

Uvažovat vliv stropu:
 Ano, vzdálenost od stropu < 0,8m
 Ne, vzdálenost od stropu > 0,8m

Výsledné hodnoty: VNMK 2 - 525 x 125

Objemový průtok vzduchu pro jeden element V [m³/h]: **V = 360**
 Efektivní plocha vyústky S_{ef} [m²]: **S_{ef} = 0,0298**
 Efektivní rychlost w_{ef} [m/s]: **w_{ef} = 3,36**
 Celková tlaková ztráta při hustotě 1,2kg/m³ [Pa]: **Δp_c = 40,20**
 Hladina akustického výkonu [dB(A)]: **L_{wa} = 44,18**

Rychlost vzduchu v potrubí [m/s]: **w = 6,00**
 Zvolený průměr potrubí [mm]: **D = libovolný**
 Průměr potrubí min / max [mm]: **D_{m/m} = 300 / 900**
 Hloubka boční lišty rámečku H1 [mm]: **H1 = 50,00**
 Celková hloubka vyústky (bez regulace) H2 [mm]: **H2 = ∞**



Obrázek 9.8 – Navržené parametry vyústek se shodují s počítanými hodnotami

Celková vypočtená tlaková ztráta přívodního a odvodního vzduchovodu (rychlost 6 m/s je standard pro kuchyně) byla spočtena na základě výpočtové tabulky na tzb-info.cz takto:

$$\Delta p_{ZM} = \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad [\text{Pa}]$$

- ξ [-] součinitel místního odporu potrubí
- w [m/s] rychlost proudění (pro restaurační provoz: 6 m/s)
- ρ [kg/m³] hustota proudící kapaliny (vzduch má hodnotu 1,2)

přívodní vzduchovod: ξ = 16 Δp_{ZM} = 346 Pa

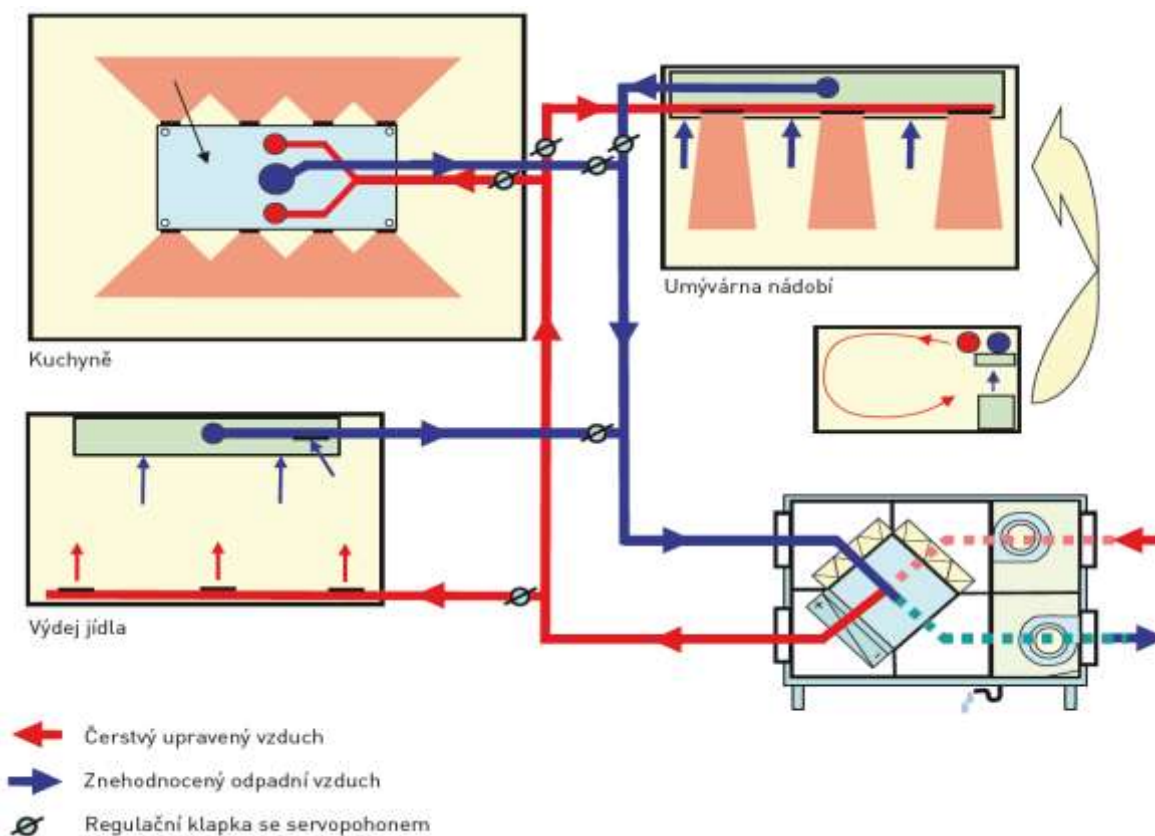
odvodní vzduchovod: ξ = 13,8 Δp_{ZM} = 298 Pa

| ODPOR | ξ |
|--------------|-----|
| koleno 45° | 1 |
| koleno 90° | 1,5 |
| zúžení potr. | 0,5 |
| flexi potr. | 0,7 |
| odbočka T | 1,5 |

9.3.3 Rekuperace (využívání odpadního tepla) v restauračním provozu

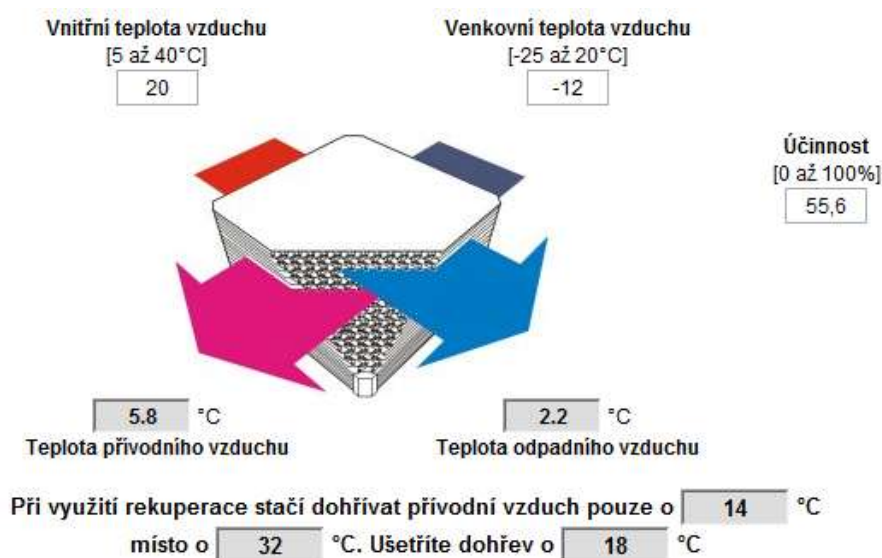
Zpětné využívání odpadního tepla patří v restauračních provozech téměř k nutnosti, neboť teplo vyprodukované v jídelně lze opět použít pro ohřev čerstvého přiváděného vzduchu do jídelny nebo do kuchyně či zázemí. V žádném případě nelze využívat odpadní teplo z kuchyňského provozu, kde jsou fritézy či jiná smažicí zařízení, neboť se v tomto případě velice zanášejí filtry nečistotami a bylo by neekonomické je udržovat v čistotě – nebyly by vyvážené náklady na energetickou úsporu, která by vznikla. Navíc již u kuchyňských zákrytů (digestořích) už tak vznikají tlakové ztráty díky tukovým filtrům, další filtrace vzduchu pro rekuperační jednotku by tedy zvedla tlakové ztráty do neúnosných hladin.

Na obrázku 9.9 je uvedeno schéma řešení rekuperace v restauračním provozu, kdy přivodní čerstvý vzduch je zobrazen červeně a odtah znehodnoceného vzduchu je modrý. Čerstvý vzduch přivádíme v každém případě do jídelny a kuchyně, odkud také probíhá nasávání znehodnoceného vzduchu. Znehodnocený vzduch, který prochází rekuperátorem VZT jednotky, ohřívá přiváděný vzduch do všech místností. Jak již jsem zmiňoval, do rekuperační jednotky nevstupuje vzduch z kuchyně, ten je vypouštěn přímo do volného prostoru nad budovu.



Obrázek 9.9 – Princip rekuperace v restauracích [převzato z: www.univent.cz]

Pro návrh rekuperace vzduchu v jídelně jsem použil kompaktní rekuperační jednotku v horizontálním provedení typu RKE-40 od firmy MULTIVAC. Jednotku lze uložit pod strop do prostoru jídelny hned za odsávací potrubí a připojit ji k přívodnímu potrubí. Účinnost rekuperační jednotky je 55,6 %, množství zpracovávaného vzduchu je max. 4000 m³/h. Vnitřní teplota jídelny je 20 °C, venkovní výpočtová teplota pro Zlín je -12 °C. Je vidět, že není již nutné ohřívat venkovní vzduch z -12 °C na požadovaných 20 °C, ale stačí ohřívat vzduch z rekuperátoru o teplotě 5,8 °C. Ušetříme tak ohřev 18 °C (stačí zahřívát vzduch jen o cca 14 °C). Toto řešení ušetří mnoho provozních nákladů na vytápění. Cena jednotky je 26 208 Kč.



Obrázek 9.10 – Návrhové hodnoty rekuperátoru od firmy MULTIVAC

9.4 Konkrétní navržená vzduchotechnická zařízení

Celkový výkon pro eliminaci tepelných zisků z vnitřního a vnějšího prostředí je v jídelně při plné obsazenosti stolů (76 míst) 20,428 kW. V kuchyni je potřeba použít chladiče o výkonu 7,61 kW a na servise 11,01 kW. Chlazení bude probíhat pomocí kazetových fancoil jednotek (FCU) od firmy ACSON umístěných v podhledu stropu (na kuchyni a servise).

Na kuchyň bude instalována jedna jednotka FCU typu ACK 25 AW s výkonem chlazení 7,913 kW. Na servise budou použity dvě FCU modelové řady ACK 50 DW s chladicím výkonem 11,723 kW pro každou jednotku. Z tabulky 8.7 vyplývá nutnost chlazení i zázemí, což bude řešeno nástěnnou jednotkou FCU typu AWM 10 GW umístěnou na chodbě nad dveřmi od kuchyně. Její výkon bude mít 2,78 kW.

Fancoil jednotky nasávají vzduch v místnosti a upravují jej (chladí nebo ohřívají) na žádanou teplotu. Použité kazetové FCU v kuchyni a servise, jakožto i nástěnná jednotka na chodbě a jsou napojeny na rozvod chladicí vody přes uzavírací ventily. Součástí dodávky fancoilů je i trojcestný regulační ventil a čerpadlo kondenzátu. Připojovací body pro chlazení a ohřev obsahují měření a jsou ukončeny uzávěry a vyvažovacími ventily. Tyto připojovací body jsou součástí nájemního prostoru, obchodní centrum řeší dodávku pomocí výměňkové stanice voda – voda. Všechny FCU mají společný IR ovladač a vlastní termostat, kterým vyvažují náhle vzniklé tepelné bilance prostředí. Použité FCU jsou dimenzovány na odvod celé tepelné zátěže v zázemí restaurace.

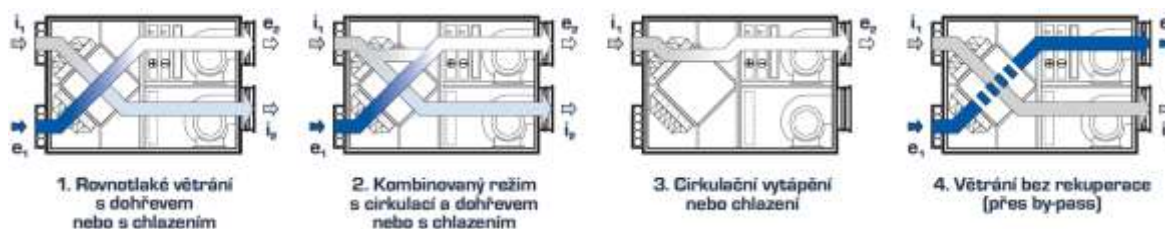
| TYPOVÉ OZNAČENÍ | ACK 20 AW / ACK 50 AW | AWM 10 GW | ACW 800 H |
|---------------------------|---|--|---|
| |  |  |  |
| cena za 1 FCU | 29 134 Kč / 29 589 Kč | 9 810 Kč | 14 268 Kč |
| chladicí výkon | 7,913 kW / 11,723 kW | 2,78 kW | 7,65 kW |
| topný výkon | 12,309 kW / 16,706 kW | 6,33 kW | 12,80 kW |
| | 60 °C | 70 °C | 60 °C |
| | teplota vstupní vody na ohřev | | |

Tabulka 9.5 – Navržené fancoil jednotky (FCU)

U jídelny budou použity celkem 3 mezistropní chladicí FCU jednotky napojené na rozvod chladicí vody (7/12 °C) a teplé vody (70/55 °C). Konkrétně FCU bude typu ACW 800 H s chladicím výkonem 7,65 kW. Ovladač (klasický kabelový nástěnný) bude umístěn u dveří na chodbě. Navržené jednotky FCU v jídelně mohou v zimním období plně sloužit jako otopná tělesa na vytápění prostoru. Celkový možný topný výkon FCU jednotek v jídelně tak bude 38,4 kW, což spolehlivě dokryje ztráty jídelny 10 kW, přitom chladicí výkon 22,95 kW stačí taktéž na pokrytí tepelné zátěže v letním období při plném zatížení restaurace. Přívod vzduchu v jídelně zajišťuje vzduchovod kruhového potrubí umístěný u obvodové zdi restaurace, odvod je zajišťován taktéž kruhovým potrubím vedeným na protější straně. Vzduchovody jsou v jídelně vedeny viditelně pod stropem. V zázemí je rozvod vzduchu veden nad podhledy, kam jsou vyústěné distribuční prvky (talířové ventily a vířivé anemostaty) i chladicí jednotky FCU.

Pokud se jedná o návrh klimatizační jednotky pro objekt restaurace, tak pokud by byla restaurace provedena jako samostatný objekt, tak bych navrhoval klimatizaci s takovým výkonem, aby pokryla tepelnou zátěž celého prostoru restaurace 40 kW a případně mohla být použita na vytápění, tj. pokryla tepelné ztráty objektu 10 kW. Klimatizační jednotku bych zvolil od firmy ATREA, která se specializuje na větrání velkokuchyňských prostorů. Tyto jednotky jsou komplexními prvky na klimatizaci objektů, takže již obsahují rekuperační zařízení a samozřejmě i odvlhčovací a zvlhčovací komory, elektrický či vodní výměník na ohřev a chlazení vzduchu. Celkový vzduch (tabulka 9.4) přiváděný do restaurace je 10 791 m³/h, odvádí se množství 11 732 m³/h – pro tyto hodnoty množství zpracovávaného vzduchu je potřeba dimenzovat klimatizační zařízení.

Z katalogu firmy ATREA jsem zvolil kompaktní klimatizační jednotku DUPLEX 15000 M020 s křížovým rekuperačním výměníkem, která umožňuje zpracovávat 13 500 m³/h přiváděného a odváděného vzduchu. Účinnost rekuperace je zde mezi 55 a 65 %. Maximální topný výkon je 185 kW a chladičový výkon je 59 kW. Na pokrytí tepelných ztrát i zisků je tato jednotka dostačující. Tuto VZT jednotku je možné instalovat jak do interiéru (strojoven vzduchotechniky), tak na střechu objektu (záleží na zvoleném typu jednotky).



Obrázek 9.11 – Provozní režimy klimatizační jednotky DUPLEX 15000

| | | |
|--|-----------------------------|--------------------------|
| | max. přiváděný vzduch | 13 500 m ³ /h |
| | max. odváděný vzduch | 13 500 m ³ /h |
| | účinnost rekuperace | 55 – 65 % |
| | hmotnost jednotky | 690 – 870 kg |
| | elektrický příkon | 2 x 3,7 kW |
| | topný výkon | 185 |
| | chladičový výkon | 59-65 kW |
| | třída filtrace (lze změnit) | G4 |

Tabulka 9.6 – Parametry navržené klimatizační a rekuperační jednotky



Obrázek 9.12 – Návrh vzduchotechnického potrubí a distribučních prvků

10 ŘEŠENÍ VYTÁPĚNÍ V RESTAURACI

Pokud má objekt velké tepelné ztráty (např. starší budovy se špatnou izolací), je vhodné využít klasického teplovodního otopného systému. V případě samostatných restaurací vybavených vzduchotechnikou je vhodnější investovat do izolace objektu a navrhovat vytápění pouze přes vzduchotechniku, která v restauračních provozech stejně musí být z důvodu hygienických požadavků na teplotu a přívod vzduchu.

10.1 TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ POMOCÍ VZT

Teplovzdušné vytápění pomocí VZT je popsána v předchozí kapitole, kde jsou uvedeny konkrétní navržené typy fancoil jednotek (FCU). Pro vytápění jsou v jídelně využity 2 podstropní FCU s topným výkonem 12,8 kW na jednu fancoil jednotku (dohromady tedy 25,6 kW při běhu obou jednotek). Zázemí kuchyně není třeba díky tepelnému zatížení vytápět.

10.2 TEPLOVODNÍ VYTÁPĚNÍ KLASICKOU OS

Na úvod musím zmínit, že díky relativně malým tepelným ztrátám objektu (10 kW) a dispozičnímu řešení prostoru restaurace, není v tomto případě obvyklé umístit zde klasickou otopnou soustavu. Nevhodnost umístit další technologická zařízení do provozoven restaurací rychlého občerstvení v obchodních centrech obecně spočívá jednak v prostorové náročnosti teplovodního otopného systému, dále také s ekonomickou návratností. Už nyní je v restauraci několik desítek strojů a technologií, které potřebují pravidelné servisní kontroly a údržbu (např. samotná klimatizace, vybavení kuchyní, apod.), proto by další technologie v podobě klasické vytápěcí soustavy byla ekonomicky neudržitelná. Teplovodní vytápění podle společnosti AmRest s.r.o (provozovatel restaurací KFC), stojí daleko více na primárních nákladech (vybudování systému, pravidelná údržba), než kolik by se vrátilo za samotné ušetření nákladů na jednotku energie, proto je toto řešení z hlediska finanční politiky společnosti na ústupu. Zvláště v obchodních centrech, kde je dostatek elektrické energie a je tak možnost využít vzduchotechniku, která zde stejně z hygienických požadavků musí být umístěna, je teplovodní vytápění v podstatě zbytečné. Klasické teplovodní soustavy se instalují např. do restaurací u dálnic, kde je nedostatek elektrické energie. Jako energetický zdroj je zde ve většině případů použit plyn, tedy vytápění se řeší pomocí plynového kotle, nebo pomocí přímotopů v prostoru jídelny. Tímto systémem se pak stane provozovna z části energeticky nezávislá.

10.2.1 Energetický zdroj vytápění – výměňková stanice

Jako energetický zdroj bude v celém komplexu obchodního centra použita existující výměňková (předávací) stanice typu voda – voda. Jedná se o druh centrálního zásobování teplem (CZT), konkrétně o vodní soustavu. Výměňková stanice tvoří spojovací článek mezi tepelnou sítí na primární straně a spotřebitelskými otopnými soustavami na straně sekundární. Hlavním úkolem těchto zařízení je měnit dle potřeb uživatele a podle objektivních podmínek stav (teplotu) teplosnosné látky (vody). Primárním zdrojem zde je teplárna, z níž se teplo přes izolované teplovody rozvádí k samotným předávacím (výměňkovým) stanicím, jež jsou součástí vytápěného objektu. Až po sem se jedná o primární okruh. Ve výměňkových stanicích nastávají obvykle změny skupenství (např. když se pára mění na vodu v případě výměňku pára – voda), ale také změny tlaku či teploty. Správně navržené výměňkové stanice zaručují distribuci tepla od zdroje tepla až po spotřebič za všech okolností (např. při extrémně nízkých venkovních teplotách).

Vytápění přes výměňkové stanice je moderní způsob, který splňuje potřebné požadavky uživatelů, zejména individuální požadavky pro vytápění a přípravu TV. Splnění všech těchto požadavků sice zvyšuje ekonomickou náročnost výměňkové stanice, ovšem náklady na provoz jsou poté velice rychle navráceny.

Podle způsobu hydraulického spojení potrubní sítě primárního a sekundárního rozvodu teplosnosné látky (TL) se výměňkové stanice (VS) dělí na [29]:

- **tlakově nezávislé VS** – tlakově oddělený primární okruh od sekundárního, k přenosu tepla teplosnosnou látkou dochází z primární sítě do sekundárního obvodu pomocí teplosměnných ploch tvořených deskovými či trubkovými výměňky
 - **horkovodní** – voda s teplotou nad 115 °C, výměňkové stanice tvořeny nejčastěji deskovými výměňky, využití pro vytápění či ohřev TV
 - **tepl vodní** – voda o teplotě do 120 °C, použity deskové výměňky pro ohřev TV
 - **parní** – připojeny na parní středotlakou síť, obvykle se využívají trubkové výměňky, používají se k ohřevu TV i vytápění
- **tlakově závislé VS** – používají se pouze tehdy, pokud jsou spotřebiče v sekundárním okruhu schopny bezpečně pracovat s tlakem a teplotami využívanými v primárním okruhu
 - **vodní směšovací stanice** – zajišťují míšení přiváděného média z primárního okruhu s TL v sekundárním okruhu na parametry vhodné pro teplovodní OS
 - **horkovodní směšovací stanice** – TL na primáru s teplotou nad 120 °C se mísí se sekundární vranou TL, vhodné pro teplovodní vytápění a ohřev TV
 - **tepl vodní směšovací stanice** – voda má teplotu do 120 °C, mísí se na parametry vhodné pro nízkoteplotní a teplovodní vytápění
 - **parní redukční stanice** – redukují přiváděnou páru na parametry nízkotlakých a středotlakých soustav, vhodné pro přímé vytápění výrobních provozů

Výměňíkové stanice v základě obsahují tyto armatury:

- **vodoměr** – měří průtočný objem vody, musí být umístěn na každé vodovodní přípojce
- **teploměr / manometr** – k měření tepoty / tlaku v soustavě, plastové či nerezové
- **deskový nebo trubkový výměňík tepla** – přenáší teplo z jedné teplotnosné látky (voda, pára) do druhé pomocí teplosměňné plochy (deska, trubka)
- **kulový kohout** – uzavírací armatura, ve válci se otáčením páky o 90 ° pohybuje dutá koule, která tak otevírá nebo uzavírá průtok TL, nejčastěji mosazný nebo nerezový
- **filtr** – zachytává pevné mechanické nečistoty uvolněné z potrubí, tvořen zpravidla nerezovým sítem, nejčastěji mosazný či litinový v provedení s přírubou či se závitem
- **regulační ventil s ručním nebo servopohonem** – omezovače průtoku TL
- **regulátor diferenčního tlaku** – udržuje konstantní tlakové rozdíly na daném zařízení
- **zpětný ventil** – zabraňuje zpětnému chodu TL, mají plastovou či kovovou plapku
- **vypouštěcí kohout** – pro vypuštění TL ze soustavy, umísťuje se na jejím nejnižším místě
- **solenoidový ventil s cívkou** – elektromagnetický ventil pro uzavírání průtoku kapalin, zabezpečuje dodávku vody pouze v době chodu (elektricky kontrolované)
- **oběhové a cirkulační čerpadlo** – uděluje TL pohybovou energii, slouží tak k nucené dopravě vody, funguje na způsobu nasávání nebo vytlačování, **oběhové** čerpadlo zajišťuje rovnoměrný tlak v soustavě, **cirkulační** čerpadlo předchází zamrznutí vody stálou cirkulací v případě vyřazení stanice z provozu
- **expanzomat** – tlaková expanzní nádoba, pracuje na principu udržování statického tlaku, je dvoukomorový (plynový a vodní prostor je od sebe oddělen membránou)
- **pojistný ventil** – při neúnosném zvýšení tlaku v soustavě vypouští přebytečné médium ze soustavy (předchází se tak poškození z přetlaku), používá se v tlakových nádobách, kotlích, topných systémech, ohřívacích apod.
- **akumulační nádrž** – používá se u tzv. akumulacího ohřevu (opakem je průtočný ohřev), kdy se ve velkoobjemové nádrži s topnou spirálou ohřívá TV, zajišťuje pokrytí TV i v případě nerovnoměrných denních odběrů, jsou ve vodorovném či svislém provedení



Obrázek 10.1 - Příklady používaných armatur u výměňíkových stanic

10.2.2 Regulace tepelného výkonu

Všechny vytápěcí soustavy jsou dimenzovány na tepelné ztráty prostupem vytápěného prostoru a na nejnižší venkovní výpočtovou teplotu, která se ve Zlíně pohybuje kolem $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Otopná soustava je takto ale většinou velice předimenzovaná, jelikož reálný počet otopných dnů, kde je v zimním období potřeba vytápět objekt, je většinou malý. Proto musíme navrhovat regulaci tepelného výkonu, abychom předcházeli přetopení prostoru. Prvotní předpoklad pro dodržení hospodárnosti dodávky tepla je mít dokonalý zdroj tepla. Ať jsou to předávací stanice či kotelny, vždy je třeba udržovat měřicí a regulační prvky, ale i samotné teplosměnné plochy výměníků či komíny ve vynikajícím stavu. Velkou míru na dokonalost regulace mají případně i zanesené trubky, nedokonalé spalování paliva, špatně seřízená kotel apod. Setkáváme se s těmito druhy regulace:

- **centrální regulací otopné soustavy** – regulace na primárním i sekundárním okruhu OS
- **regulací přímo u zdroje tepla** – regulace pouze na primárním okruhu
- **místní regulací u spotřebičů tepla (OT)** - regulace pouze na sekundárním okruhu OS
 - **KVANTITATIVNÍ regulace (ŠKRCENÍM)** – tepelný výkon ovlivňujeme pomocí škrtkové armatury (změní se průtok a tím i přívod teplotního média), přičemž dochází ke změně tlaků v soustavě
 - **KVALITATIVNÍ regulace (SMĚŠOVÁNÍM)** – tepelný výkon je ovlivněn změnou teploty ze zdroje tepla, případně využitím směšovací armatury (trojcestné ventily postupně promíchávají teplou vodu na primární straně se sekundární stranou u jednotlivých OT), přičemž průtok teplotního média je stále stejný a nedochází tak ke změně tlaků v soustavě

Samotnou regulaci tepelného výkonu můžeme dělit podle:

- **výstupní teploty vody ze zdroje tepla** – tzv. **zónová regulace**, vhodná u rozsáhlejších objektů (školy, společenské sály, výrobní haly), kde rozdělíme otopnou soustavu do několika nezávislých okruhů (zón)
- **zátěže** – regulace podle aktuální potřeby tepla (bez snímání venkovní či vnitřní teploty)
- **venkovní teploty vzduchu** – tzv. **ekvitermní regulace**, kdy teplotní látku regulujeme podle závislosti venkovní a vnitřní teploty (souvisí s tepelnými ztrátami objektu) – s rostoucí kvalitou zateplení však význam této regulace klesá
- **vnitřní teploty vzduchu** - regulace podle tzv. referenční místnosti (např. obývací pokoj), využívá se dvupolohové regulace (termostat) – pomalejší reakce na výkyvy počasí než u ekvitermní regulace
 - **v místě** – zdroj tepla i jednotlivá OT jsou regulována samostatně
 - **přímá regulace** – regulujeme přímo zdroj tepla
 - **nepřímá regulace** – vstupní teplota teplotního média přívodního potrubí i zdroj tepla jsou regulovány zvlášť

Při výběru druhu regulace výkonu tepelného zdroje musíme zvážit všechny výhody a nevýhody jednotlivých kategorií regulace a také musíme respektovat parametry jako je:

- tepelně akumulční schopnost budovy – tzn. druhy stavebního materiálu, izolace, velikost zasklené plochy apod.
- tepelně akumulční vlastnosti OS – použité teplotnosné médium i druh soustavy
- vliv vnějších klimatických podmínek (orientace vzhledem ke Slunci, polohy budovy v terénu, teplota v letním a zimním období, apod.)
- vliv vnitřního mikroklimatu budovy (počet osob, přístrojové vybavení způsobující vysokou tepelnou zátěž, osvětlení apod.)
- velikost, druh a účel stavby, nároky uživatele na komfort a s tím spojené investiční náklady

Mezi součásti regulačního a měřicího zařízení patří:

- **servopohony** – ovládání regulačních ventilů, regulují teplotu či tlak TL
- **regulátory** – slouží k vyhodnocení signálů od čidel a následně ovládání motorů pohonu
- **čidla (měřicí členy)** – používají se na měření žádaných veličin (teplota, tlak)

Podle řídicího způsobu rozeznáváme obecně dva typy regulace:

- **DVOUPOLOHOVÁ** (termostatem) – jednoduchá regulace k nenáročným aplikacím (nedosahuje nulové regulační odchylky, protože měřená hodnota kmitá kolem nastavené žádané hodnoty), regulátor i teplotní čidlo jsou umístěné na výstupním potrubí z kotle
- **PID** – lze dosahovat přesnějších regulačních odchylek (do 1 °C), výstupní hodnota regulátoru je buď **proporcionální** (žádaná veličina se zde mění spojitě), nebo **kvaziproporcionální** (nutnost přivádět čas spínání)

10.2.3 Obecné požadavky na návrh teplovodního systému

Potrubní rozvody otopné soustavy

Rozvody TL jsou vedeny po stěnách a pod stropy na závěsech, s ohledem na dispoziční možnosti. Rozvody jsou instalovány tak, aby umožňovaly kompenzování délkové roztažnosti potrubí. Rozvody potrubí do DN50 včetně jsou navrženy z ocelových trubek závitových bezešvých dle ČSN 425710. Nad DN50 je potrubí provedeno z ocelových trub bezešvých hladkých dle ČSN 425715. Rozvody jsou opatřeny korozivzdorným syntetickým nátěrem a jsou uloženy v tepelné izolaci v souladu s vyhláškou č.193/2007 sb., která stanovuje podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu. Nejvyšší body rozvodu jsou opatřeny odvodušňovacími armaturami. Nejnižší body rozvodu jsou opatřeny vypouštěcími armaturami. Spád směrem k vypouštěcím armaturám je 0,3%.

Pojistné a expanzní zařízení, doplňování vody do otopného systému

Každý zdroj tepla, respektive otopný okruh, musí mít pojistné a expanzní zařízení. Pojistné zařízení chrání zdroj tepla proti nedovolenému přetlaku, podtlaku, teplotě a nedostatku vody v soustavě a připojuje se v pojistném místě pomocí pojistného potrubí. Dále je potřeba připojit expanzní zařízení, které umí zpracovat náhlé zvýšení nebo snížení objemu v OS vyvolané změnou tlaku. Kromě objemu expanzní nádoby je také důležité navrhnout parametry pojistných ventilů. Zabezpečovací zařízení otopné soustavy je navrženo dle ČSN 06 0830 [40]. Otopný systém je řešen jako uzavřený s tlakovou expanzí nádobou. Doplňování systému ÚT vodou je zajištěno ručně (přes hadici). Dopouštění vody je nutno provádět vždy při chladném stavu ÚT. [9]

10.2.4 Tepelná bilance objektu

| | | | |
|------------------------|------------|-----------------------|-------------|
| tepelná ztráta jídelny | - 9,507 kW | tepelná zátěž jídelny | + 20,428 kW |
| tepelná ztráta zázemí | - 0,577 kW | tepelná zátěž kuchyně | + 7,607 kW |
| | | tepelná zátěž servisu | + 11,013 kW |

| | |
|---|--------------------|
| celková tepelná ztráta | - 10,084 kW |
| tepelné zisky v jídelně (letní období) | + 20,428 kW |
| topný výkon pro ohřev TV | - 9,200 kW |

Z vypočtené celkové ztráty (9.507 kW v jídelně a 0,577 kW v zázemí), potřebného topného výkonu pro ohřev TV (9,15 kW) vyplývá, že pro potřeby restaurace je nutné použít zdroj tepla o maximálním výkonu 18,707 kW. Výkon pro ohřev TV si však lze „vypůjčit“ pro ohřev OT nebo opačně, proto nemusíme navrhovat takto vysoký celkový výkon zdroje tepla. Obecně lze říci, že celkový výkon pro vytápění a ohřev vody se vypočte součtem výkonu pro vytápění sníženého o 20 % a výkonu pro ohřev TV [9].

Celkový výkon topení je tedy 17,267 kW. Je však potřeba brát ohled na tepelné zisky. Tepelné zisky v jídelně (20,428 kW) byly vypočteny pro letní období při plné obsazenosti restaurace, tedy pro 76 hostů (6,909 kW) a pro měsíc srpen. Zde jsou započítány i konstantní zisky od svítidel (3,183 kW). Pokud by restaurace měla nízkou obsazenost (10 lidí), tak by zisky dosahovaly 0,8828 kW (dle tabulky 8.7). Za každého počasí v průběhu celého dne při nízké obsazenosti restaurace je **tepelný zisk jídelny minimálně 4 kW.**
Celkový tepelný výkon pro vytápění a ohřev TV tak činí maximálně 13,267 kW.

10.3 OHŘEV TEPLÉ VODY

V restauraci je teplá voda zavedena do nepřímotopného ohříváče TV, kde se z externího zdroje tepla (CZT) ohřívá TV pro běžnou spotřebu. Od zásobníku je k jednotlivým zařizovacím předmětům veden rozvod TV plastovým potrubím DN20, které je tepelně izolováno návlekovou izolací tloušťky 20 mm (TV).

10.3.1 Stanovení potřeby teplé vody (TV)

Průměrná spotřeba SV v restauraci je podle měření na vodoměru 120 m³/měsíc. Nejvyšších intenzit spotřeby TV je dosahováno během umývání nádobí, ale i v průběhu dne při umývání rukou zaměstnanců i hostů na toaletách. Pro stanovení potřeby TV jsem vycházel z rozboru provozu v restauraci. Výpočty jsem prováděl dle ČSN EN 06 0320 [38].

Potřeba TV pro mytí osob během směny

Zaměstnanci si myjí ruce minimálně každou hodinu. Pracovník na kuchyni obaluje kuřecí maso v mouce, proto je zde požadováno důkladné umytí rukou po každém obalení masa. Vycházím z předpokladu, že na jedno umytí se spotřebuje 1,2 litru TV a 0,5 litru SV (prakticky vyzkoušené). Na 12 zaměstnanců za den tak vyjde cca 0,23 m³ TV. Během pozorování jsem zjistil, že průměrně každých 5 minut na toaletu dojde jeden host. Při počtu tří toalet dostanu spotřebu cca 40 l za hodinu a 0,56 m³ TV za den. Celková spotřeba vody pro mytí je dána součtem množství vody pro zaměstnance a pro hosty. $V_o = 0,79 m^3$

Potřeba TV úklid a mytí podlah během směny

Vypočteno na základě praktických zkušeností, kdy na umytí podlahy v jídelně je potřeba 60 l (4 kbelíky po 15 l), na úklid zázemí je použito 20 l (4 kbelíky po 5 l) teplé vody. Celkové množství vody na úklid je tedy max. 0,08 m³. $V_u = 0,08 m^3$

Potřeba TV pro mytí nádobí během směny

Určeno na základě pozorování. Nádobí se umývá ve velkoobjemovém dřezu (0,33 m³), kde se večer odmáčí a dále se sprchuje horkou vodou (cca 0,9 m³). $V_j = 1,23 m^3$

Celková potřeba TV během směny

$$V_{2p} = V_o + V_u + V_j = 2,1 m^3$$

10.3.2 Stanovení potřeby tepla odebíraného z ohřivače TV

$$Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} = 164,855 kWh$$

Q_{2t} [kWh] teoretické teplo odebírané z ohřivače během periody

Q_{2z} [kWh] ztracené teplo při ohřevu a distribuci TV během periody

$$Q_{2t} = c \cdot V_{2p}(\Theta_2 - \Theta_1) = 109,904 kWh$$

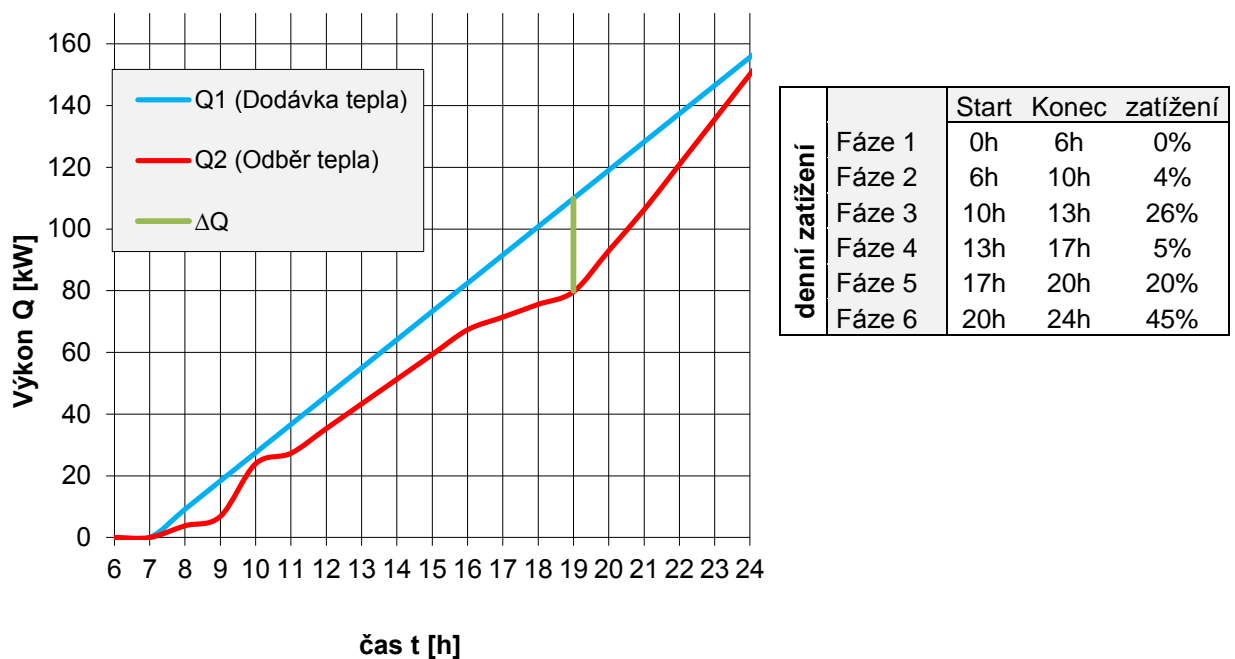
| | | | |
|-----------------------|------------------------|------------------------------------|--------------|
| c | [kWh/m ³ K] | měrná tepelná kapacita vody | 1,163 |
| V_{2p} | [m ³] | celková potřeba vody během periody | 2,1 |
| $\Theta_2 - \Theta_1$ | [°C] | rozdíl mezi TV a SV | 55-10 |

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 54,952 kWh$$

z [-] ztracené teplo při ohřevu a distribuci TV během periody **0,5**

10.3.3 Křivka odběru a dodávky tepla

Křivka odběru (obrázek 10.2) se stanoví podle [38]. Podle této křivky následně dimenzujeme objem zásobníku teplé vody. Do grafu se zakresluje křivka dodávky tepla a odběru tepla, která se určí pro 3 úseky dne. Vždy musí být křivka dodávky tepla (Q_1) nad křivkou odběru tepla (Q_2), protože by jinak nastal nedostatek vody. Protože odběr TV je během dne nerovnoměrný, rozdělil jsem den na 6 intervalů:




Obrázek 10.2 – Křivka odběru a dodávky tepla na základě denní spotřeby TV

10.3.4 Výpočet objemu zásobníku TV, návrh konkrétního typu

$$\text{výkon zdroje tepla pro ohřev TV: } \Phi_{1n} = \left(\frac{Q}{\tau_{\text{ohřev}}} \right)_{\text{max}} = \frac{164,855}{18} = \mathbf{9,15 \text{ kW}}$$

$$\text{objem zásobníku TV: } V_z = \frac{\Delta Q}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{33,1}{4,18 \cdot (55 - 10)} = \mathbf{517,5 \text{ l}}$$

Na základě výše uvedených výpočtů jsem zvolil akumulární zásobník teplé vody OKC 750 NTR/1MPa výrobce DRAŽICE. Jedná se o nepřímotopný zásobníkový ohříváč se smaltovanou nádobou do provozního tlaku 1 MPa v objemu 750 l. Zásobník je vybaven dvěma výkonnými spirálovými výměníky, které lze v případě nutnosti také využít.

| | | | |
|--|---------------------|---|-------------------------------------|
|  | OKC 750 NTRR | objem | 750 l |
| | | provozní tlak | 1 MPa |
| | | max. provozní tlak výměníku | 1 MPa |
| | | max. teplota topné vody | 110 °C |
| | | teplota TV | 95 °C |
| | | výhřevná plocha výměníků (horní / spodní) | 1,17 / 1,93 m² |
| | | topný výkon výměníků (horní / spodní) | 60 / 33 kW |
| | | průtok TV výměníkem horním / spodním | 1,46 / 0,815 m³/h |
| | | tepelné ztráty | 3,6 kWh/24h |

Tabulka 10.1 – Navržený zásobník teplé vody

10.4 Rozdělení otopné soustavy do dvou samostatných okruhů

Vytápěcí soustava v objektu nemá vlastní zdroj tepla. Je napojena přes odběrné místo s hlavními uzávěry a fakturačním měřičem tepla na vnější teplovodní potrubní síť z CZT pomocí výměňkové stanice voda - voda. Projektování a volba tepelných soustav v budovách se řídí normou ČSN 06 0310 [39] a ČSN EN 12 828 [41]. OS bude v objektu rozdělena na dva samostatné okruhy (větve). Na jejich společném vratu na zdroj tepla bude osazeno měření spotřeby tepla (kalorimetr). Výpočet tepelné energie je založen na měření objemu a teplotní diference mezi teplotními čidly umístěnými v přívodu a ve zpátečce.

- V1 - otopný okruh pro ÚT 70/55 °C max. 13,507 kW
- V2 – otopný okruh pro VZT 70/55 °C max. 13,507 kW

10.4.1 V1 – otopný okruh pro ÚT (ústřední topení)

Vytápěcí soustava bude umístěna v jídelně se vzdušným objemem 620 m³ a plochou 165 m². Jedná se o teplovodní uzavřenou dvoutrubkovou OS s nuceným oběhem vody. Celkový ztrátový výkon pokrytý otopnými tělesy činí 13,267 kW. Výškový teplotní spád bude 70/55 °C. Ekvitermní závislost teploty topné vody s otopnými tělesy zajišťuje trojcestný směšovací ventil se servopohonem. Výkon otopné soustavy je stanoven z tepelných ztrát místnosti na 10,084 kW. Otopnou soustavu pro vytápění (V2) tvoří sedm deskových otopných těles typu RADIK HYGIENE 30 s výkonem 1,859 kW. Celkové Tyto tělesa jsou vhodná pro použití v prostředí s vysokými nároky na hygienu (jídelny).

| nejvyšší přípustný tlak / teplota | teplotní exponent n [-] | průtokový součinitel A _t [m ²] | součinitel odporu | výška hloubka délka | objem vody |
|-----------------------------------|-------------------------|---|------------------------------|-----------------------------|------------|
| 1 MPa / 110 °C | 1,2697 | A _t = 1,18 x 10 ⁻⁴ m ² (DN 15) | ζ _t = 5,8 (DN 15) | 503 mm 157 mm 2,004 m | 15,2304 l |

Tabulka 10.2 – Popis vybraného OT zn. RADIK HYGIENE 30

10.4.2 V2 – otopný okruh pro VZT

Použity jsou kromě konvekčních otopných těles i teplovodní čtyřtrubkové fancoil jednotky (FCU), ke kterým je přiveden přívod topné vody o teplotním spádu 70/55°C. Regulace teploty topné vody je zajištěna směšovacími uzly umístěnými u VZT jednotek. Jedná se o kvalitativní regulaci – směšování v pevném bodě. Směšovací uzly jsou vybaveny oběhovými čerpadly, vyvažovacími a uzavíracími armaturami. Průtok a teplotu topné vody do jednotlivých uzlů zajišťují automatické vyvažovací kombinované regulační ventily s termopohony, které automaticky udržují v každé jednotce soustavy projektovaný průtok díky integrovanému regulátoru tlakového rozdílu a to za všech provozních stavů soustavy (tj. nejen pro jmenovitý výkon a průtok, ale i pro stavy s minimálním odběrem). Vlastní hydraulické vyvážení soustavy spočívá v nastavení projektovaného průtoku na stupnici ventilu. Po spuštění soustavy regulátory tlakového rozdílu integrované v každém ventilu seškrtí automaticky přebytečný tlakový přínos, tak aby každou jednotkou protékal pouze definovaný průtok. Zkrat s vyvažovacím ventilem DN15 u nejvzdálenějšího směšovacího uzlu VZT jednotky je nastaven na minimální průtok zajišťující hrazení tepelné ztráty rozvodu.

10.5 Návrh technických parametrů otopné soustavy

Výpočet expanzního zařízení podle normy ČSN 06 0830

Výpočet expanzního objemu (V_e) teplotnosné látky (vody):

$$V_e = 1,3 \cdot V_0 \cdot \Delta v = 23,5739 \text{ l}$$

| | | | |
|------------|-----|--|-------------|
| V_0 | [l] | objem vody (potrubí TV, OS a zásobníku TV) | 8,7+215+600 |
| Δv | [-] | součinitel zvětšení objemu –z [40] | 0,022 |

Výpočet nejnižšího dovoleného přetlaku ($p_{d,dov}$):


$$p_{d,dov} = (h_s + \Delta h) \cdot \rho_v \cdot g = 48,225 \text{ kPa}$$

| | | | |
|------------|----------------------|--|-------|
| h_s | [m] | výška nejvyššího bodu soustavy k manometrické rovině | 3 |
| Δh | [m] | rezerva výšky vodního sloupce | 2 |
| ρ_v | [kg/m ³] | hustota vody při 70 °C | 983,2 |
| g | [m/s ²] | gravitační zrychlení | 9,81 |

Výpočet objemu (V_{cpf}) expanzní nádoby s membránou:

$$V_{cpf} = V_e \cdot \frac{p_{hp} + 100}{p_{hp} - p_d} = 50,0945 \text{ l}$$

| | | | |
|----------|-------|--|-----|
| p_{hp} | [kPa] | předběžný nejvyšší provozní přetlak ($p_{hp} \leq p_{ot}$) | 240 |
| p_d | [kPa] | nejnižší provozní přetlak ($p_d \geq p_{d,dov}$) | 80 |

| | | |
|---|---------------------------|------------|
|  | REFIX DT5 60/10 | |
| | typ expanzní nádoby | membránová |
| | celkový objem | 60 l |
| | dovolený provozní přetlak | 10 bar |
| | připojení | G ¾ “ |
| | průměr | 409 mm |
| | výška | 766 mm |

Obrázek 10.3 – Návrh použité expanzní nádoby

Výpočet pojišťovacího zařízení podle normy ČSN 06 0830Stanovení světlosti vypouštěcího potrubí a kohoutu:

Pro objem ohřivače TV do 100 l je světlost vypouštěcího potrubí a kohoutu DN20. [40]

Stanovení jmenovitého průměru pojistného ventilu a jeho průtoku:

Pro objem ohřivače TV do 100 l je jmenovitý průměr pojistného ventilu DN20. [40]

$$V_p = 10^{-3} \cdot Q_p = 9,15 \text{ l/h}$$

| | | | |
|-------|-----|----------------|-------------|
| Q_p | [W] | výkon ohřivače | 9150 |
|-------|-----|----------------|-------------|

Výpočet průměru pojistného potrubí:

$$d = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{9150} = 11,82 \text{ mm} \rightarrow \text{řada: DN 15}$$

Výpočet průřezu sedla pojistného ventilu:

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{a_w \cdot \sqrt{p_{ot}}} = \frac{2 \cdot 9150}{0,565 \cdot \sqrt{250}} = 4 \text{ mm}^2$$

| | | | |
|----------|-------|---------------------------------------|--------------|
| Q_p | [W] | výkon ohřivače (pojistný výkon) | 9150 |
| a_w | [-] | výtokový součinitel | 0,565 |
| p_{ot} | [kPa] | otevřovací přetlak pojistného ventilu | |

Návrh oběhového čerpadla a trojcestného směšovacího ventiluObjemový průtok čerpadlem:

$$\dot{V}_\zeta = \frac{P}{c_p \cdot \rho \cdot (\Theta_2 - \Theta_1)} = 0,129 \text{ l/s} = 0,4644 \text{ m}^3/\text{h}$$

| | | | |
|-----------------------|----------------------|---|--------------|
| P | [W] | výkon ohřivače (pojistný výkon) | 9150 |
| c_p | [J/kgK] | měrná tepelná kapacita vody | 4180 |
| ρ | [kg/m ³] | hustota vody při střední otopné teplotě (62,5 °C) | 983,2 |
| $\Theta_2 - \Theta_1$ | [°C] | rozdíl teplotního spádu | 75-15 |

Průměr potrubí:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}_c}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,000129}{\pi \cdot 0,6}} = \mathbf{16,545 \text{ mm}} \rightarrow \text{zvoleno měděné potrubí Cu 18 x 1.}$$

w [m/s] rychlost kapaliny v potrubí (voleno mezi 0,6 až 1) **0,6**

Určení typu proudění na základě Reynoldsova kritéria:

střední teplota otopné vody: $\Theta_{stř} = \frac{\Theta_2 + \Theta_1}{2} = \frac{70 + 55}{2} = \mathbf{62,5 \text{ } ^\circ\text{C}}$

kinematická viskozita: $\nu = \frac{1,79 \cdot 10^{-6}}{1 + 0,0337 \cdot (\Theta_{stř}) + 0,000211 \cdot (\Theta_{stř})^2} = \mathbf{995,5644 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}}$

určení typu proudění $Re = \frac{w \cdot d}{\nu} = \mathbf{9971,23} > \mathbf{2320} \rightarrow \text{turbulentní proudění}$

Výpočet ztrát na potrubí (třením, místními odpory):

součinitel tření: $\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{14008,68}} = \mathbf{0,03162}$

ztráty třením: $\Delta p_\lambda = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = \frac{0,029 \cdot 30 \cdot 0,36 \cdot 983,2}{0,016545 \cdot 2} = \mathbf{10,146 \text{ kPa}}$

ztráty místními odpory: $\Delta p_\xi = 0,5 \cdot 9306 = \mathbf{5,073 \text{ kPa}}$

celkové tlakové ztráty: $\Delta p_{celk} = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi = \mathbf{15,219 \text{ kPa}}$

l [m] délka potrubí v okruhu s OT **30**

p_ξ [Pa] ztráty místními odpory volíme mezi 40 a 60 % ztrát třením **50%**

Vypočítal jsem celkové ztráty potrubí, nyní proto mohu provést návrh třicestného směšovacího ventilu. Při návrhu musíme zajistit, aby jeho autorita (a^*) byla větší než 0,3.

** skutečný průtok ventilu při tlaku Δp_v : $k_v = V_c \cdot \sqrt{\frac{100}{\Delta p_v}} = \mathbf{1,684 \text{ m}^3/\text{h}}$

*** jmenovitý průtok ventilu $k_{vs} = (1,1 \div 1,3) \cdot k_v = \mathbf{1,852 \div 2,188 \text{ m}^3/\text{h}}$

*) Autorita ventilu je definována jako poměr tlakové ztráty ventilu při maximálním průtoku k dispozičnímu tlaku ventilu – na autoritě ventilu závisí deformace průtočné charakteristiky (závislost regulační kuželky a skutečného průtoku ventilem). Autoritu ventilu je důležité udržovat v rozmezí 0,3 až 1.

***) k_v je součinitel vyjadřující průtočné množství za hodinu při definovaném zdvihu regulační kuželky a definované ztrátě ventilu

****) k_{vs} udává průtok za hodinu plně otevřenou armaturou při tlakové ztrátě 1 bar a teplotě vody 15 °C (zde ve výpočtu pouze odhad rozmezí pro správné určení typu ventilu)

tlaková ztráta plně otevřeného ventilu: $\Delta p_V = P_a \cdot \Delta p_{celk} = 7,609 \text{ kPa}$

| | | | |
|--------------|-------|------------------------------------|---------------|
| P_a | [-] | uvažovaná poměrná autorita ventilu | 0,5 |
| Δp_c | [kPa] | celkové tlakové ztráty na potrubí | 15,219 |

výtlačný tlak čerpadla: $\Delta p_p = \Delta p_{celk} + \Delta p_V = 0,228 \text{ bar}$

dopravní výška čerpadlem: $h = \Delta p_p \cdot 10 = 2,28 \text{ m}$

| | | | |
|---------|------|--|------------|
| l | [m] | délka potrubí v okruhu s OT | 30 |
| p_ξ | [Pa] | ztráty místními odpory volíme mezi 40 a 60 % ztrát třením (neznáme přesné typy elementů) | 50% |

Na základě vypočtených parametrů jsem zvolil oběhové čerpadlo **GRUNDFOS ALPHA 2**. Toto úsporné čerpadlo (odběr 5W) se řadí mezi tzv. inteligentní, tj. po připojení do OS si samo vyhledá optimální nastavení a přizpůsobuje se dalšímu provozu. Jeho maximální dopravní výška je 6 m, průtok může být až do výše 3 m³/h, teplota zpracovávané kapaliny 2 až 110 °C a nejvyšší provozní tlak 10 bar.

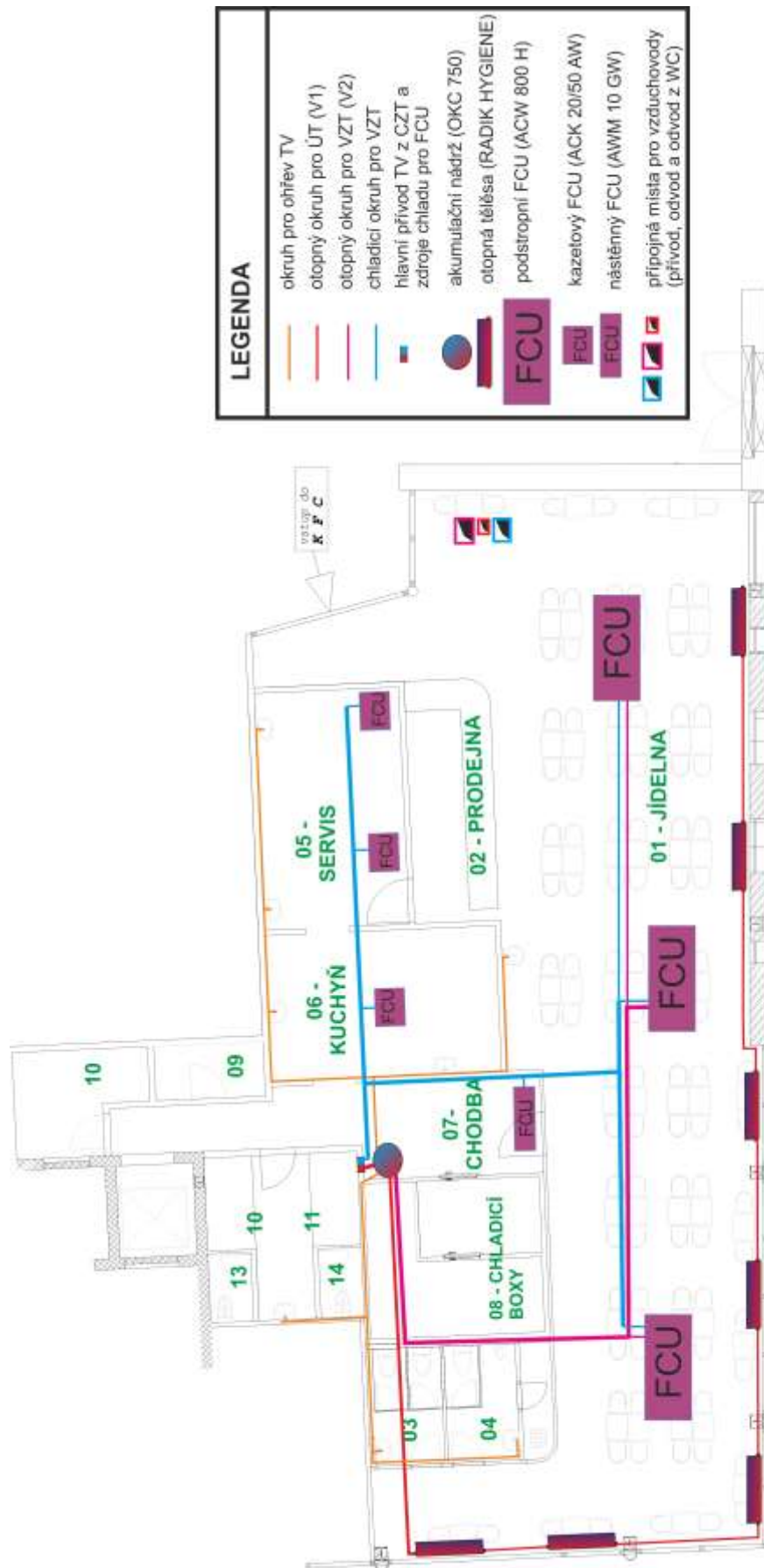
Podle vypočtených parametrů jsem dále zvolil trojcestný směšovací ventil **VVP45.15-2.1**, se servopohonem. Jeho jmenovitý průtok je 2,1 m³/h a připojení G 3/4".

Nyní je potřeba podle zvoleného trojcestného ventilu přepočítat tlakovou ztrátu plně otevřeného ventilu podle zvoleného k_{vs} :

skutečná tlaková ztráta ventilu: $p_V = 100 \cdot \left(\frac{V_c}{k_{vs}}\right)^2 = 100 \cdot \left(\frac{0,4644}{2,1}\right)^2 = 4,89 \text{ kPa}$

autorita ventilu: $a_V = \frac{p_V}{p_V + p_{celk}} = \frac{4,89}{4,89 + 15,219} = 0,3432 \text{ kPa}$

Autorita navrženého ventilu splňuje podmínku regulovatelnosti uvedenou nahoře, tedy že musí být vždy větší než 0,3. Navržený trojcestný směšovací ventil tak splňuje požadavky



Obrázek 10.4 – Návrh otopné soustavy

11 ŘEŠENÍ BEZPEČNOSTNÍCH SYSTÉMŮ V RESTAURACI

Zabezpečení restaurace tvoří mechanické (MZS) a elektronické (EZS) zabezpečovací systémy, dále jsou k dispozici automatické požární hlásiče pro informování a ochranu před požárem. Bezpečnost zaměstnanců a vedoucího směny je zajištěna využitím tísňových systémů (tísňová tlačítka)

11.1 MECHANICKÉ ZÁBRANNÉ SYSTÉMY (MZS)

Mechanické zábranné systémy obecně tvoří základní prvek bezpečnosti, který je potřeba při návrhu uvažovat. Bezpečnost zde v objektu restaurace je za využití MZS dosaženo především uzamykatelným hlavním chodem ze skleněných dveří, která jsou potažena bezpečnostní fólií proti rozbití. Vstup do zázemí restaurace a tím i ke skladům je řešena pomocí klasických dřevotřískových dveří s elektronicky uzamykatelným systémem, kdy je zaměstnanec vpuštěn do prostoru zázemí pouze po otevření těchto dveří vedoucím směny z prostoru zázemí restaurace (kování ze strany jídelny je zajištěno bezpečnostní nehyblivou koulí), případně zazvoněním bzučáku. Dveře mají samouzavírací systém, který vrací dveře automaticky do zavřené polohy. V restauraci je využit systém univerzálního klíče (tzv. master key), tedy jeden centrální klíč odemkne všechny prostory. Tento klíč je uschován v bezpečnostním trezoru a má jej k dispozici pouze vedoucí směny. Ke všem potřebným dveřím jsou k dispozici samostatné klíče. Okna v prostoru restaurace jsou neotevíratelná a taktéž zabezpečena proti rozbití bezpečnostní fólií. Jedná se o bezpečnostní skla, která jsou vrstvená, přičemž obě skleněné 4 mm tabule jsou spojeny mezivrstvou a potaženy PVB (polyvinyl butyral) fólií. Bezpečnostní skla jsou certifikována na 3. třídu bezpečnosti, což odolává vandalismu a vloupání (ochrana proti házení kameny, činům drobného vandalismu, proti promyšleným útokům agresorů, kteří mají omezenou dobu činnosti). Z prostředků na individuální ochranu je v restauraci umístěn pouze jeden mobilní trezor umístěný v uzamykatelné kanceláři vedoucího.

V dotčeném objektu se na bezpečnost mechanickými zábrannými systémy hledí pouze jako na doplňkovou službu, jelikož je prostor restaurace umístěn v blízkosti hlavního vchodu do obchodního domu a celkově leží v blízkosti mnoha provozoven. Provoz obchodního domu je 24 hodinový, přičemž hlavní bezpečnostní prvek v objektu obchodního domu tvoří hlídací pochůzková služba bezpečnostní agentury. Všechny provozovny včetně restaurace jsou vybaveny systémy PZTS (poplachové zabezpečovací a tísňové systémy). Na mechanickou bezpečnost prostoru tedy není třeba brát vysoký ohled. [6]

11.2 POPLACHOVÉ ZABEZPEČOVACÍ A TÍSŇOVÉ SYSTÉMY (PZTS)

Mechanické zábranné systémy (MZS) se v každém případě musí z důvodu větší bezpečnosti posílit přidáním elektronických prvků na střežení hlídaného prostoru (EZS) a tísňovými tlačítky pro ochranu zaměstnanců před útočníkem (TS). Bezpečnostní systém je taktéž doplněn kamerovým systémem (CCTV). Signalizace poplachu je řešena venkovní sirénou u vstupu do provozovny, a také propojením systému s PCO (pultem centralizované ochrany), jež sídlí v suterénu obchodního centra (přenos probíhá přes GSM modul). Bezpečnostní systém je zálohovaný proti výpadku proudu. Zvolené prvky EZS odpovídají předpisům pro provozování v EU (mají certifikát shody, prohlášení CE), dále jsou určeny minimálně pro stupeň zabezpečení 2 (nízké – střední) podle (ČSN 50 131) a jsou vhodná pro použití ve vnitřním všeobecném prostředí (klasifikace prostředí třídy II).

11.2.1 Režimová ochrana

Každý bezpečnostní systém vyžaduje určitá režimová opatření, která dodají celému systému určitý řád. Režimová ochrana spočívá kromě jiného v zavedení oprávnění vstupu do objektu restaurace a klíčovém hospodářství. Do objektu restaurace má právo vstupovat ráno vedoucí směny, každý má nezávisle přidělený číselný kód na přístup do objektu. Vedoucí tedy může odemýkat a zamykat systém. K dispozici je logování přístupu. Klíčové hospodářství spočívá v přidělení hlavních klíčů opět vedoucímu směny, který vlastní univerzální klíč (master key). Na vyžádání odemýká a zamyká sklady, případně půjčuje jednotlivé klíče od samotných místností na nezbytně nutnou dobu zaměstnancům.

11.2.2 Kamerové systémy (CCTV)

Celý prostor restaurace střeží digitální IP kamery v interiérovém provedení. Jedná se o přehledové kamery, které mají za úkol sledovat dění ve veřejné části restaurace (jídelně) a také v zázemí restaurace (sklady, pracoviště). Napájení kamer je řešeno pomocí PoE (Power over Ethernet – napájení datovým kabelem). Sběr dat je zabezpečen IP strukturou do rozvodné rack skříně v kanceláři vedoucího, kde je umístěn multiplexer a nahrávací zařízení s kapacitou 48 hodin (2 x 160 GB diskové pole RAID). V kanceláři vedoucího se taktéž nachází ovládací zařízení od CCTV (multiplexer s možností přepínání mezi všemi kamerami). Na sledovacím 17“ monitoru běží matice všech kamer, samozřejmostí je rychlé a snadné přepnutí na požadovaný pohled kamery.

11.2.3 Tísňová ochrana (TS)

Mezi pokladnami jsou ve spodní části umístěny celkem 3 tlačítkové tísňové hlásiče pro vyvolání tichého poplachu, přičemž je ihned kontaktována PCO v obchodním centru, která je téměř okamžitě na místě. Prvky tísňové ochrany jsou naprogramovány na 24 hodinovou smyčku (okamžitý poplach v případě stisknutí tlačítka, nezáleží na stavu střežení).

11.2.4 Elektronická zabezpečovací signalizace (EZS)

Na vstupu do restaurace je u vchodových dveří použit magnetický kontakt (MG), dále střežený prostor hlídá PIR (passive infrared) detektor a ihned u dveří je i ovládací klávesnice pro zastřežení (odstřežení) a jednoduchou detekci stavů systému. V jídelně jsou umístěny 3 klasické PIR detektory, v zadní části s rohovou prosklenou stěnou jsou použity 2 kombinované pohybové detektory s detekcí tříštění skla (PIR + GB). Chodba a kancelář vedoucího je střežena pomocí klasických PIR detektorů. Prvky EZS jsou napájeny přivedenými kabelovými rozvody pro napájení a komunikaci.

Detektory budou naprogramovány do 3 zón, na první – zpožděné - zóně je připojen pouze MG u vstupních dveří. Tato zóna je nastavena na časovou rezervu 30 s pro odstřežení (zastřežení) systému. Další je 24hodinová zóna pro zapojení tísňových tlačítek, která umožňuje vyhlášení poplachu bez ohledu na to, zda je systém EZS ve střežícím módu (zakódován) či nikoli. Poslední použitou zónou je klasická zóna pro připojení ostatních detektorů pohybu (PIR) a detektorů GB. Klasická zóna spíná bezpečnostní detektory po zastřežení systému, jinak je v pohotovostním režimu a na ovládacím panelu (klávesnici) se zobrazují pouze stavy z detektorů. [6].

11.3 ELEKTRICKÁ POŽÁRNÍ SIGNALIZACE (EPS)

Požární bezpečnost je primárně řešena ústředně z obchodního centra tak, že jsou pod stropem každého prostoru rozvedeny pomocí potrubí DN100 samočinné hasicí zařízení (SHZ) s vodní (tlakovou) hasební látkou. V prostoru jídelny je rozvedeno klasické podstropní potrubí se sprinkrovými koncovkami, v zázemí je vývod SHZ řešen připojením sprinklerů v podhledech pomocí flexibilního potrubí. SHZ při vzniku požáru ihned uhasí postižený prostor. K dispozici jsou i klasické přenosné hasicí přístroje, které jsou umístěny v zázemí restaurace. V prostoru chodby je umístěn nouzový tlačítkový hlásič (chráněný skleněnou krytkou), kterým lze manuálně vyvolat požární poplach. Po stisku tlačítka hlásiče je vyhlášen hlasitý poplach v celém obchodním centru a k místu je

přivolána nejbližší dozorující hlídka bezpečnostní služby, která musí danou situaci ihned vyhodnotit. Tlačítkový hlásič je napojen na centrální požární systém obchodního centra.




Monitoring stavů hlásičů požáru probíhá primárně v samotné restauraci prostřednictvím ústředny EZS. Zavedeno je i hlášení stavů na pracoviště PCO sídlící v suterénu objektu obchodního centra. Zde hlídka, která má 24 hodinovou službu, může požár vyhodnotit vysláním pracovníka na kontrolu do daného prostoru a případně provést nutná opatření k hašení požáru.

K dispozici jsou dva druhy hlásičů, v jídelně a zázemí (bez kuchyně) se používá opticko-kouřový hlásič, který vyhodnotí vznikající požár na základě přerušení optického paprsku pulsujícího v detektoru částičky kouře. Tento detektor by nebyl pro provoz kuchyní vhodný, jelikož zde vznikají různé výpary a docházelo by tak k falešným poplachům. Je zde tedy použit multisenzorový (tzv. 3D) hlásič požáru, který dokáže vyhodnotit požár pomocí optického, teplotního a chemického senzoru, které požár odhalí na základě daných teplotních charakteristik, optického narušení optického paprsku v hlásiči a také vyhodnocením výparů, které vznikají při hoření. [5]

Požární bezpečnost je třeba řešit i při návrhu TZB, a to nejen u projektování vzduchovodů, ale i vodovodů, kanalizací, rozvodů plynu a elektrické energie. Vzniklé prostupy budovou jsou při špatném návrhu hlavní příčinou rozšíření požáru do zbylé části budovy. Prostupy veškerých rozvodů musí být utěsněny ucpávkami s danou požární odolností. Dáno je také to, že všechna zařízení zabezpečující požární ochranu musí mít zajištěnu dodávku elektrické energie ze dvou na sobě nezávislých zdrojů (např. nouzové osvětlení). Vzduchotechnické rozvody patří k těm prostupům budovy, které zjednodušují šíření ohně budovou v nejvyšší možné míře, opatření proti požáru je tedy důležité ve strojovnách, ale i v samotném potrubí. Rozlišujeme chráněné potrubí, které nemá v daném prostoru vyústky a nechráněné potrubí, které vyústky má. V každém případě je důležité na potrubí označit, zda jde o sání či výdech vzduchu. Požáru odolné potrubí musí obsahovat kromě jiného požární klapky, které automaticky při požáru uzavírají mechanicky potrubí, aby nedošlo k šíření ohně vzduchovodem. Zavření klapky je vyhlášeno pomocí EPS systému, nebo v reakci na požár pomocí inteligentní elektroinstalace. [6]

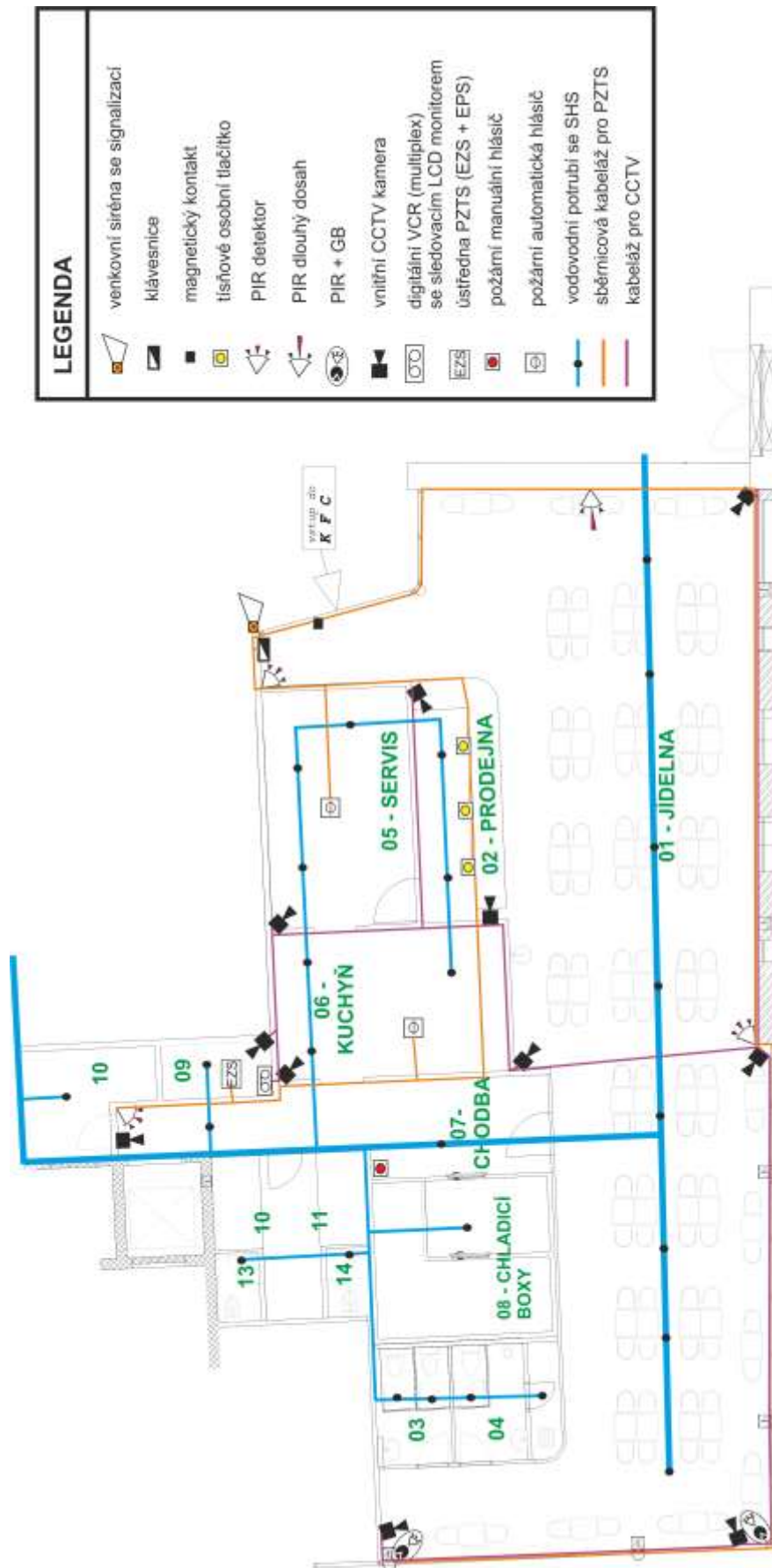
11.4 Konkrétní návrh zabezpečovacího a požárního systému

Pro návrh zabezpečení systémy EZS a EPS jsem využil komplexní řešení od společnosti JABLOTRON, které poskytuje řadu funkčních detektorů a ústředěn JABLOTRON 100. Jedná se o nový systém, který navazuje na úspěšný a známý OASIS. JABLOTRON 100 poskytuje veškeré nové inovace, tedy dotykové displeje klávesnic, RFID technologii přihlašování pomocí čipů s RFID atd. Pro potřeby restaurace volím drátovou komunikaci i napájení (12 V ss) detektorů, jež je z hlediska uživatelského a servisního výhodnější. Celý systém JABLOTRON 100 umožňuje pomocí PGM výstupu realizovat hlášení stavů do řídicího systému na sběrnici KNX, tedy lze monitorovat systém i vzdáleně pomocí nadřazeného SW. Výstup detektorů je přiveden na PCO v objektu obchodního centra a také na venkovní opticko-akustickou sirénu umístěnou na objektu.

| | |
|---|---|
|  | <p>Sběrníkový přístupový modul s displejem, klávesnicí a RFID</p> <ul style="list-style-type: none"> - nadstandard obyčejné klávesnice - adresovatelná komunikace a napájení po sběrnici (9-15 V) - umožňuje rychlé ovládání připojeného vstupu na PGM (např. žaluzie, osvětlení apod.) - proudový odběr v klidu 15 mA, frekvence RFID 125 kHz |
|  | <p>Venkovní siréna JA – 111AO</p> <ul style="list-style-type: none"> - adresovatelná venkovní siréna - akustická signalizace poplachu pomocí 110 dB sirény - komunikace a napájení po sběrnici (12V) - má i záložní akumulátor 4,8 V / 1,8 Ah |
|  | <p>PIR detektor pohybu osob JS-20 LARGO</p> <ul style="list-style-type: none"> - prostorová ochrana objektu - ve variantě klasického PIR a PIR s dlouhým dosahem (změnou fresnelovy čočky) - komunikace a napájení (12 V) po sběrnici - klidový /maximální odběr 10 / 35 mA <p>PIR detektor rozbití oken a pohybu osob JS-25 COMBO</p> <ul style="list-style-type: none"> - ochrana prosklených prostor v zadní části restaurace - kombinace prostorové a plášťové ochrany - komunikace a napájení (12 V) po sběrnici - klidový /maximální odběr 10 / 35 mA - detekční dosah detektoru tříštění skla je 9m |

| | |
|---|--|
|  | <p>Magnetický kontakt SA-201-A</p> <ul style="list-style-type: none"> - miniaturní dveřní drátový kontakt pro detekci otevření dveří - rozpínací varianta (NC – normal close) |
|  | <p>Tísňový hlásič S3040 (SENTROL)</p> <ul style="list-style-type: none"> - drátový hlásič tísňového ohrožení - s pamětí poplachů (po aktivaci svítí kontrolka hlásiče) - aktivace tichého poplachu výklopnou páčkou - doporučená montáž na spodní stranu stolu - poplachový výstup 50 mA |
|  | <p>Požární manuální tlačítkový hlásič OP1-W01-A-11 (SPAMEL)</p> <ul style="list-style-type: none"> - aktivace požárního poplachu rozbitím sklíčka a stiskem tlačítka - instalace pod omítku na chodbách u hlavních přístupů - signalizace poplachu přímo do PCO |
|  | <p>Kombinovaný detektor kouře a teploty SD-282ST</p> <ul style="list-style-type: none"> - detekce kouře na principu opticko – kouřového EPS hlásiče (optický rozptyl světla) - detekce teplo podle třídy A2 (ČSN EN 54-5) - poplachová teplota 60 až 70 °C - připojení na poplachové vstupy ALARM / TAMPER ústředny EZS |
|  | <p>Hybridní DVR DG616UII (DYNACOLOR)</p> <ul style="list-style-type: none"> - hybridní záznamové DVR zařízení pro CCTV - maximální počet kanálů – 16 - komprese H.264/MPEG-4/MJPEG - podpora IP kamer s rozlišením až 8K - až 4 SATA HDD nebo 3 SATA HDD + DVD-RW |
|  | <p>Analogová kamera DH801-SB (DYNACOLOR)</p> <ul style="list-style-type: none"> - snímací prvek 1/4 “ - citlivost na barvu 0,1 lx a na ČB 0,01 LX - počet řádků: 650 TVL - 18 x optický ZOOM - napájení 24 V AC |

Tabulka 11.1 – Přehled zvolených bezpečnostních prvků PZTS a EPS



Obrázek 11.1 – Návrh zabezpečení objektu pomocí PZTS a EPS

12 NÁVRH ŘÍDICÍHO SYSTÉMU PRO RESTAURACI

Řízení celého systému technického zařízení budov (vzduchotechniky, vytápění, větrání, klimatizace, zabezpečení aj.) je důležité z hlediska optimálního nastavení energetického managementu objektu. Budovy, které jsou ovládány centrálně řídicím, monitorovacím a komunikačním systémem, se nazývají inteligentní budovy. Samotnou inteligenci tvoří schopnost adresné komunikace, monitorování všech stavů, automatické či manuální rozhodovací schopnosti apod. Podle požadavků normalizační organizace CENELEC (Smart - House Code of Practice CWA 50487:2005) vyhovují pro řízení a ovládání v inteligentních budovách pouze tzv. otevřené řídicí systémy (technologie KNX). Pomocí těchto systémů můžeme:

- snížit množství kabeláže i prvků (jeden snímač lze využít pro více funkcí)
- řídit kvalitu vnitřního prostředí prostoru / budovy (řízení topení či vzduchotechniky)
- monitorovat a regulovat energetický management budovy (např. odečty spotřeby energií v reálném čase)
- ochránit domov kamerovými a zabezpečovacími systémy (detekce narušení je ihned k dispozici v řídicím panelu)
- nastavovat vhodná prostředí a režimy budovy (při pozorování filmu se např. zatáhnou žaluzie, zapne se tichý chod klimatizace apod.)
- vizualizovat funkci celého systému

Komunikační cesty lze navrhnout podle využití, přístupu technologií, vzdálenosti, požadovaného objemového přenosu dat apod. Nejpoužívanější komunikační kanály jsou:

- **sběrníkové kabely** - většinou stíněná kroucená dvoulinka (napájení a komunikace)
- **infračervené vysílače a přijímače** – jednoduchá bezpečná montáž, neprochází stěnami
- **bezdrátová RF technologie** – přenosová frekvence 433 MHz (LON) či 868 Hz (KNX)
- **klasické silové rozvody** – možnost využití stávajícího vedení, používají se jen výjimečně

Neustále se vyvíjející nové technologie, možnosti komunikace, a také požadavky na úsporu energií zvyšují možnosti řídicích a komunikačních systémů pro ovládání inteligentních objektů. Na svých mobilních telefonech a tabletech si tak lze zobrazit aktuální stav monitorovaného prostoru či celé budovy, zapnout spotřebiče na dálku, regulovat jejich výkonnost apod. Tyto inteligentní ovládací a monitorovací systémy lze využívat ve všech objektech, nových i rekonstruovaných, vždy je možnost volby komunikačního média, celého systému, koncových prvků tak, aby se uživateli stal systém profitabilní z ekonomického i uživatelského hlediska. [29]

12.1 Řízení a monitoring PZTS a EPS

Bezpečnostní systémy PZTS jsou řízeny vlastní jednotkou (ústřednou), která umožňuje výstup na PGM vstupní jednotky inteligentní elektroinstalace od Schneider Electric. Zde je možné sledovat stav systému pomocí webového rozhraní i na svém mobilním zařízení. Rozsah vzdáleného přístupu určuje uživatel pomocí nastavení při prvotní instalaci.

12.2 Řízení a monitoring VZT (větrání a klimatizace)

Regulace VZT spočívá především ve využívání regulačních klapek, které jsou ovládány servopohonem podle teploty v místnosti. Pomocí těchto klapek se operativně směřuje přiváděný či odváděný objem vzduchu z místností, kde je potřeba ho regulovat. Důležité je počítat s největším objemem vzduchu a následně tento redukovat dle potřeby tak, aby zbytečně nevznikaly velké nežádoucí výměny vzduchu a lidé tak nebyli vystaveni případným velkým rychlostem vzduchu a následně tak pocitu průvanu, nebo podle situace, či ručně. Použitím automatického regulačního zařízení předejdeme chybám v obsluze a lépe ovládneme systém pomocí teplotních čidel umístěných v digestořích a prostoru kuchyně. Automatický řídicí systém je vhodný doplnit i ručním způsobem regulace na nastalé změny prostředí, které pak lze lépe regulovat. Potřebný výkon VZT se přepíná podle případného časového plánu. Vhodným směřováním lze takto vzduchotechniku využívat na 100 %, čímž vznikne značná úspora peněz a prostoru již na začátku realizace projektu. Pro regulaci VZT budou využity komponenty od firmy ATREA, případně ACSON, které umožňují komunikaci v sítích KNX, LON i BACnet:

- **komplexní regulátory** – např. jednotka G-WAY je určena jako rozhraní mezi systémem ovládnutí VZT a systémem BMS (Building Management System) neboli systémem správy budovy, používá se pro sloučení jednoho povelu z řídicího ovladače pro více jednotek
- **měřiče teploty** – snímače teploty měří teplotu ve vzduchotechnickém potrubí, ale i teplotu chladicího (topného) média pro fancoily a teplotu venku (ekvitermní regulace)
- **převodníky teploty** – umožňují korekci teploty v prostoru s ohledem na nastavenou žádanou teplotu v regulátoru, slouží i jako snímač teploty v prostoru
- **regulace teploty vody** – k regulaci teploty vody ve výměnících ohřevu či chlazení jsou použity dvoucestné přímé ventily s regulačním elektropohonem
- **protimrazová ochrana** – snímač teploty na straně chladiče zamezuje zamrznutí výměníku
- **snímač tlakové difference** – stará se o snímání tlakové difference na filtrech, běžně se používají rozsahy snímačů 80 – 600 Pa

12.3 Řízení a monitoring vytápění

Vytápění prostoru restaurace probíhá pomocí celkové a místní regulace teploty (systému), kdy u místní regulace regulujeme průtok přímo v OT pomocí regulačních ventilů (na přechodné časové úseky lze přenastavit požadovanou teplotu). Celková regulace spočívá ve škrťících a směšovacích armaturách, které lze regulovat servopohonem tak, abychom dosáhli menšího průtočného objemu čerpadly (vede ke snížení přetápění prostor). Naopak u směšovacích armatur (trojcestné ventily) zůstává čerpadlo na stejné výkonosti, regulujeme pouze směr proudění otopné vody, která jde buď v přímém směru do otopných těles, nebo se míchá s vratnou vodou a dochází tak k jejímu ochlazení. Nastavení teploty otopné vody zajišťuje ekvitermní regulace, která sleduje teplotu vnějšího prostředí a při jejím poklesu zvýší teplotu topné vody, popř. naopak.

Obecný princip regulace je takový, že teplotní a tlaková čidla napojíme na analogové vstupy a podle hodnot z nich získaných regulujeme prvky umístěné na digitálních výstupech. Některá čidla slouží pouze na zjištění stavu soustavy, např. tlaková čidla, která hlídají změny tlaku v soustavě na základě výkonu čerpadla. Veškerá čidla použitá k řízení jsou od firmy Schneider Electric, která pracují na sběrnici KNX. Čidla předávají informace řídicí jednotce tepelného zdroje informace o okamžitých podmínkách. Řídicí jednotka pak připravuje jen potřebné množství tepla či chladu. V kancelářských, školských a podobných budovách je výhodou i vazba na přítomnost osob – při delší nepřítomnosti, bez ohledu na časové programování, je vytápění (případě i větrání) převedeno do omezeného režimu.

12.3.1 Konkrétní popis ovládání a řízení na základě hydraulického schématu

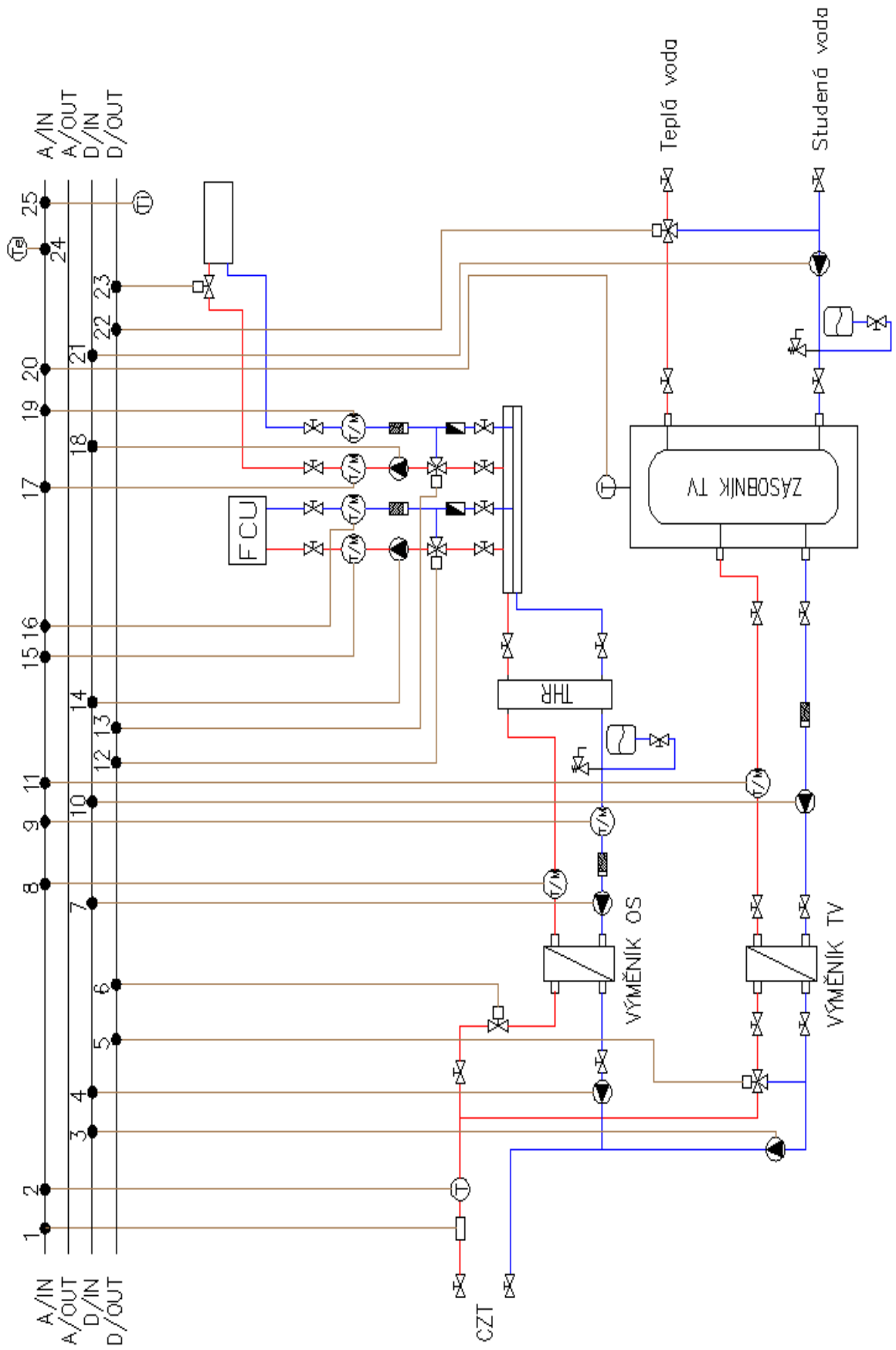
V tabulce 12.1 a na přilehlém obrázku 12.1 jsou přehledně zobrazeny využití prvky pro regulaci a řízení teplovodního vytápěcího systému otopnými tělesy (OT) a vzduchotechnikou (VZT). Teplovodní vytápění je regulováno místně i celkově, kdy při místní regulaci je umožněno regulovat průtok přímo v OT pomocí regulačních ventilů (23). Celková regulace pak podle míry škrcení v OT (13) reguluje otáčky čerpadla (18) tak, aby se nezvyšoval tlak v systému, což je kontrolováno tlakovým čidlem (19). Systém řízení a vytápění je v zásadě tedy ovládán pomocí trojcestných ventilů na jednotlivých větvích (12 pro VZT, 13 pro OT) a škrťícího ventilu na výměníku. Ekvitermní regulace pomůže udržovat teplotu topné vody na žádané hodnotě, pokud tedy poklesne teplota vnějšího prostředí (24), dojde ke zvýšení teploty topné vody (8) a naopak.

Na přívodu z CZT je umístěn průtokoměr (1) a teploměr (2), díky nimž lze odhadovat spotřebu tepla a částku, kterou je za spotřebovanou energii potřeba zaplatit. Monitorování vytápěcího systému probíhá pomocí sledování teploty výstupu z CZT, teploty u směšovacího ventilu a teplota vratné vody.

Obecně je řízení a regulace vytápění velice složitý proces, při které je sledováno a ovládáno mnoho na sobě závislých prvků. Měříme teploty vnitřního vzduchu v jídelně (25), můžeme měřit i teploty venku (24) pro ekvitermní regulaci. Tlakovými čidly (4,10,16,19) lze zase zjišťovat stav chodu oběžného čerpadla. Pokud je čerpadlo vypnuté, v případě potřeby, pokud je dodávána příliš teplá voda (snímače teploty 8, 15, 17), dojde k jeho sepnutí a tím k cirkulaci vody a jejímu následnému ochlazení na požadovanou teplotu. Voda ohřátá na požadovaný teplotní spád pro otopnou soustavu (70/55 °C) prostupuje výměníkem přes termohydraulický rozdělovač (THR) do jednotlivých otopných větví. Okruh vytápění OT a VZT je řízen trojcestnými ventily (12,13), který umožňuje směšování vratné a přiváděné vody v závislosti na naměřené teplotě (15,17). Pokud je příliš vysoká přiváděná teplota, je tato směšována pomocí trojcestného ventilu s vratnou vodou, čímž dojde k jejímu ochlazení. Pokud je přesto teplota vysoká, sníží se průtok regulačním ventilem v primárním okruhu, čímž se následně sníží i samotný přívod horké vody od CZT a dojde tak k celkovému omezení dodávky teplé vody do systému.

| č. | TYP | FUNKCE | IN/OUT |
|----|--------------|---|--------|
| 1 | monitorování | vstupní snímač průtoku | A/IN |
| 2 | monitorování | vstupní snímač teploty | A/IN |
| 3 | řízení | pohon čerpadla | D/IN |
| 4 | řízení | pohon čerpadla | D/IN |
| 5 | řízení | servopohon trojcestného ventilu | D/OUT |
| 6 | řízení | servopohon trojcestného ventilu | D/OUT |
| 7 | řízení | pohon čerpadla | D/IN |
| 8 | monitorování | čidlo teploty / tlaku | A/IN |
| 9 | monitorování | čidlo tlaku / teploty | A/IN |
| 10 | řízení | pohon čerpadla | D/IN |
| 11 | monitorování | čidlo teploty / tlaku | A/IN |
| 12 | řízení | servopohon trojcestného ventilu | D/OUT |
| 13 | řízení | servopohon trojcestného ventilu | D/OUT |
| 14 | řízení | pohon čerpadla | D/IN |
| 15 | monitorování | čidlo teploty / tlaku | A/IN |
| 16 | monitorování | čidlo tlaku / teploty | A/IN |
| 17 | monitorování | čidlo teploty / tlaku | A/IN |
| 18 | řízení | pohon čerpadla | D/IN |
| 19 | monitorování | čidlo tlaku / teploty | A/IN |
| 20 | monitorování | teploměr pro zásobník TV | A/IN |
| 21 | řízení | pohon čerpadla | D/IN |
| 22 | řízení | servopohon trojcestného ventilu | D/OUT |
| 23 | řízení | servopohon trojcestného ventilu (místní regulace OT) | D/OUT |
| 24 | monitorování | snímač teploty vnějšího prostředí pro ekvitermní regulaci | A/IN |
| 25 | monitorování | snímač teploty vnitřního prostředí pro místní regulaci | A/IN |

Tabulka 12.1 – Soupis prvků regulace a řízení otopné soustavy



Obrázek 12.1 - Schéma řízení teplovodní soustavy s ohřevem TV a vytápěním

12.4 VIZUALIZACE POMOCÍ SYSTÉMU SCADA/HMI

S dříve nastaveným vysokým komfortem díky regulaci a řízení systému techniky prostředí souvisí možnost zobrazení a ovládání vybraných funkcí a provozních stavů v přehledném okně webového prohlížeče či mobilního telefonu, případně autonomního řídicího systému. Stavby požadovaných funkcí je tak možné z jednoho místa nejen kontrolovat, ale i ovládat, vytvářet časové programy nebo scény. Nejoblíbenější volbou zůstává využití webového rozhraní, jež umožňuje vzdálené přihlášení z jakéhokoli přenosného přístroje s internetem. Řídicí brány jsou většinou pro tuto komunikaci vybaveny GSM modulem pro bezdrátovou komunikaci, popřípadě vývodem na TCP/IP protokol, kterým umožní se připojit do veřejné sítě internetu, odkud mohou vybraní uživatelé do systému vstupovat.

Na obrázcích 12.2 až 12.4 jsou návrhová okna vizualizace řídicího systému objektu. Vstup do programu je chráněn jménem a heslem, které zabezpečuje oprávněnost přístupu uživatele. Ve stavovém okně vpravo lze pozorovat informace o objektu, v dolním výběrovém menu můžeme zvolit mezi HVAC, EZS a OSVĚTLENÍM, přičemž můžeme tyto technologie dle libosti regulovat. Dálkově tak lze např. zamknout či odemknout objekt pomocí systému EZS, nebo sledovat aktuální dění v restauraci pomocí kamer.

The screenshot displays the SCADA control interface for 'Restaurace AmRest, s.r.o (KFC Zlín)'. The interface is divided into several sections:

- Header:** 'Restaurace AmRest, s.r.o (KFC Zlín) přihlášený uživatel: admin LOGOUT'.
- Main Area:** A blue floor plan of the restaurant with several HVAC units and sensors indicated by icons.
- Right Panel (Data):**
 - STAV: jídelna (01)
 - přívod vzduchu [m3/h]: 3790
 - odvod vzduchu [m3/h]: 2397
 - vnitřní teplota [°C]: 24,3
 - venkovní teplota [°C]: -5,8
 - chybová hlášení: kritická vnitřní teplota
- Navigation Bar:** Three tabs: 'HVAC (VĚTRÁNÍ, VYTÁPĚNÍ A KLIMATIZACE)', 'ZABEZPEČENÍ', and 'OSVĚTLENÍ'. The HVAC tab is selected.
- Control Panel:** A grid of controls for different areas:
 - SERVIS:** KLIMATIZACE, VĚTRÁNÍ, VYTÁPĚNÍ (each with ON/OFF buttons).
 - KUCHYŇ:** ON/OFF buttons.
 - CHODBA:** ON/OFF buttons.
 - ŠATNY:** ON/OFF buttons.
 - KANCELÁŘ:** ON/OFF buttons.
 - JÍDELNA:** ON/OFF buttons.

Obrázek 12.2 – Okno SCADA řízení restaurace – 1. volba: HVAC

Restaurace AmRest, s.r.o (KFC Zlín) přihlášený uživatel: **crow** LOGOUT

STAV: **restaurace**

naposledy zastřeženo
18.04.12 23:58:12

naposledy zastřežil
Michal Steinocher

naposledy odstřeženo
19.04.12 6:27:35

naposledy odstřežil
Martin Svoboda

aktuální stav systému
v provozu (DEN)

HVAC (VĚTRÁNÍ, VYTÁPĚNÍ A KLIMATIZACE) **ZABEZPEČENÍ** OSVĚTLENÍ

EVS, EPS
ZAMKNUTÍ SYSTÉMU
ODEMKNUTÍ SYSTÉMU
REŽIM DNE

LOCK
UNLOCK
DEN NOC AUTO

AKTUÁLNÍ SNÍMKY Z KAMER

PRODEJNA JÍDELNA 1 JÍDELNA 2 KUCHYŇ

Obrázek 12.3 - Okno SCADA řízení restaurace – 2. volba: ZABEZPEČENÍ

Restaurace AmRest, s.r.o (KFC Zlín) přihlášený uživatel: **crow** LOGOUT

STAV: **jídelna (01)**

intenzita - jídelna vpředu
570 lx

intenzita - jídelna vzadu
480 lx

sklad - osvětlení
zhasnuto

chodba - osvětlení
rozsvíceno

šatny - osvětlení
zhasnuto

HVAC (VĚTRÁNÍ, VYTÁPĚNÍ A KLIMATIZACE) ZABEZPEČENÍ **OSVĚTLENÍ**

KUCHYŇ SERVIS JÍDELNA 1 JÍDELNA 2 CHODBA KANCELÁŘ ŠATNY

BODOVÁ SVĚTLA
PODHLADOVÁ SVĚTLA
LUSTRY

ON OFF ON OFF ON OFF ON OFF ON OFF ON OFF

Obrázek 12.4 - Okno SCADA řízení restaurace – 2. volba: OSVĚTLENÍ

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout vhodný integrovaný systém pro objekt restauračního typu s jídelnou a kuchyní. V teoretické části jsem podrobně popsal všechna specifika systému techniky prostředí, od samotného návrhu vnitřních a vnějších podmínek, přes popis vzduchotechnických systémů a otopných soustav až po automatizaci v budovách. V praktické části mé diplomové práce jsem již navrhoval konkrétní systém techniky prostředí pro zvolenou restauraci, což spočívalo ve výpočtu tepelné zátěže a ztrát objektu, na které se dimenzuje chladicí, respektive topný výkon zařízení. Pro chlazení jsem zvolil fancoil jednotky (tzv. FCU), které jsou pro objekt tohoto typu nejvhodnější. Vytápění jídelny je řešeno ve skutečnosti pouze vzduchotechnikou, tedy pomocí podstropních chladicích / ohřívacích fancoilů, které na ztráty řešeného prostoru 10 kW plně dostačují. Je zde zbytečné využívat další systém (otopnou soustavu), který by potřeboval další údržbu a investiční náklady. Přesto jsem v mé práci uvedl základní postup pro návrh otopné soustavy. Vytápět je potřeba pouze jídelnu, tepelné zisky v kuchyňském provozu vyžadují celoroční chlazení. V závěru jsem zmínil možnost integrace všech elektrotechnických prvků (osvětlení, zabezpečení, regulace HVAC) pomocí sběrnicevého systému pracující s protokolem KNX firmy Schneider Electric. Samotná kapitola se také věnuje základům a návrhu zabezpečení pomocí elektronického zabezpečovacího systému a elektrické požární ochrany. Poslední kapitola popisuje možnosti vizualizace pomocí SCADA systému, jež přidává metodě řízení techniky v prostředí další rozměr. Lze tak ovládat, popř. kontrolovat řízený objekt z pohodlí domova, nebo pomocí mobilních přístrojů (telefonů, notebooků či tabletů) kdekoli, kde je dosah internetu. S výhodou je využito webové rozhraní SCADA výrobce Schneider Electric, které toto poskytuje.

Téma diplomové práce bylo velice rozsáhlé a zvláště u kapitol týkajících se návrhu vzduchotechniky, topení a řídicích systémů by se o tomto dalo napsat několik samostatných prací. U vzduchotechnického návrhu jsem vynechal obecné výpočty (např. tlakových ztrát a návrh konkrétního ventilátoru) a spíš jsem se snažil ukázat specifika restauračního provozu, např. návrhu tepelného zatížení pro kuchyň, výpočet vyústek v jídelně apod. Výpočty jsem prováděl vždy na ukázkovém příkladu s jedním úsekem restaurace, a to s jídelnou, nebo kuchyňským zázemím. Analogie výpočtu pro druhou část je vždy zřejmá z obecných vzorců a ukázkových příkladů.

CONCLUSION

The aim of this thesis was to design an integrated system suitable for the object type restaurant with a dining room and kitchen. In the theoretical part, I describe in detail all the specifics of environmental engineering, from the very design of internal and external conditions, despite the description of the air-conditioning systems and heating systems to automation in buildings. In the practical part of my thesis I have proposed a specific system engineering environment for the chosen restaurant, which consisted in the calculation of heat load and loss of the building, which is dimensioned cooling, or heating performance. For the cooling fan coil units, I chose (the FCU), which are the object of this type the best. Heating of the dining room is done in reality only air conditioning, a ceiling with cooling / heating fan coils, which solved the loss of 10 kW space fully sufficient. There is unnecessary to use another system (heating system), which would require additional maintenance and investment costs. Yet I said in my work the basic procedure for the design of the heating system. Heat is needed only dining room, kitchen heat gains in the year-round operation requiring cooling. In conclusion, I mentioned the possibility of integration of all electrical components (lighting, security, HVAC control) using the bus system operating with the KNX protocol of Schneider Electric. The actual chapter is also devoted to fundamentals and design of an electronic security alarm system and fire protection. The last chapter describes the visualization options using the SCADA system, which adds a method of management techniques in an additional dimension. This can be controlled or control object controlled from the comfort of home or via mobile devices (phones, laptops or tablet PCs) anywhere where the reach of the Internet. Preferably, the web interface used SCADA manufacturer Schneider Electric, which this provides.

Thesis was very extensive, and especially in the chapters on the design of air conditioning, heating and control systems would be this could write several separate works. The HVAC design I missed the general calculations (eg, pressure drop and fan of a particular proposal) and the more I tried to show the specifics of restaurant operations, such as design heat load for the kitchen, the calculation of outlets in the dining room, etc. I was doing calculations always at the sample with one example section of the restaurant, with dining room or kitchen facilities. Analogies for the calculation of the second part is always clear from the general formulas and sample examples.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1.] SMOLÍK, J. a kol.: Technika prostředí. SNTL Praha 1970
- [2.] CIHELKA, Jaromír. Vytápění, větrání a klimatizace. 3. vyd. Praha: SNTL, 1985, 648 s.
- [3.] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: Větrání, vytápění a klimatizace. Technický průvodce. CMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8
- [4.] LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001, 208 s. ISBN 80-020-1466-9.
- [5.] BRADÁČOVÁ, Isabela. Požární bezpečnost staveb II: výrobní objekty. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008, 167 s. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-045-6.
- [6.] KŘECEK, S. a kol.: Příručka zabezpečovací techniky. Cricetus, 2003. ISBN 80-902938-2-4
- [7.] SZÉKYOVÁ, Marta, Karel FERSIL a Richard NOVÝ. Větrání a klimatizace. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2006, 359 s. ISBN 80-807-6037-3.
- [8.] VRÁNA, Jakub. Technická zařízení budov v praxi. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 331 s. ISBN 978-80-247-1588-9.
- [9.] VALENTA, Vladimír. Topenářská příručka 3: Návod na projektování tepelných zařízení. 1. vyd. Praha: Agentura ČSTZ, 2007, 378 s. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [10.] SCHWARZER, Jan. Podklady pro výuku: Technika prostředí. ČVUT Praha - Fakulta strojní [online]. 2011. Dostupné z: <http://www.fsid.cvut.cz/~schwajan/>
- [11.] BOTHE, Robert. Inteligentní elektroinstalace budov: Příručka pro uživatele. Ing. Pávek Jaromír. [s.l.] : [s.n.], 2006. 147 s. Dostupný z: <http://www.eatonelektrotechnika.cz/pdf/manual%20nikobus.pdf>
- [12.] MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER. Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 261 s. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [13.] KUNC, Josef. Elektroinstalace krok za krokem. 2., zcela přeprac. vyd. Praha: Grada, 2010, 120 s. ISBN 978-80-247-3249-7.
- [14.] Zámek, F.: Programové produkty pro vizualizaci a řízení – přehled trhu. Automatizace, 45 (2002), č. 10, 635 s.
- [15.] Supervisory Control and Data Acquisition / Human-Machine Interface. Automa: časopis pro automatizační techniku. Praha: FCC Public, 2011, č. 06, s. 2. ISSN 1210-9592.
- [16.] ČSN EN ISO 7730. Ergonomie tepelného prostředí: Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu. ČNI, 2006.
- [17.] ČSN EN 15251. Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky. ČNI, 2011.
- [18.] ČSN EN 12464-1. Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory. ČNI, 2004.
- [19.] ČSN 73 0580 - 1. Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky. ČNI, 2007.
- [20.] ČSN 73 0580 - 4. Denní osvětlení budov - Část 4: Denní osvětlení průmyslových budov. ČNI, 1999.

- [21.] ČSN EN 15193. Energetická náročnost budov – Požadavky na osvětlení. ČNI, 2008.
- [22.] ČSN 36 0020. Sdružené osvětlení. ČNI, 2007.
- [23.] ČSN EN 12464-1. Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory. ČNI, 2004.
- [24.] ČSN 73 0540-1. Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie. ČNI, 2005.
- [25.] ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. ČNI, 2011.
- [26.] ČSN 73 0540-3. Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin. ČNI, 2005.
- [27.] ČSN 73 0540-4. Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody. ČNI, 2005.
- [28.] ZMRHAL, Vladimír. Prvky větracích a klimatizačních zařízení (II) - 2. část. In: TZB - vzduchotechnika [online]. Praha: ČVUT Fakulta strojní. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4139-prvky-vetracich-a-klimatizacnich-zarizeni-ii-2-cast>
- [29.] CIRKART J., Soustavy centralizovaného zásobování teplem, Praha: SNTL 1977
- [30.] ZÁLEŠÁK, Martin. Řízení systémů tvorby prostředí: Součást integrovaných řídicích systémů budov (I). In: TZB - vzduchotechnika [online]. Zlín: UTB FAI, 2007. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4421-rizeni-systemu-tvorby-prostredi-soucast-integrovanych-ridicich-systemu-budov-i>
- [31.] Vyhláška ministerstva zdravotnictví České republiky č. 137/2004 Sb. ze dne 1. dubna 2004, Vyhláška o hygienických požadavcích na stravovací služby a o zásadách osobní a provozní hygieny při činnostech epidemiologicky závažných
- [32.] Nařízení vlády České republiky č. 523/2002 Sb. ze dne 14. října 2002, která stanovuje podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci
- [33.] ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. Praha: ČSNI, 2005.
- [34.] ČSN 73 0548. Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. Praha: ČSNI, 1986.
- [35.] VDI 2052. Větrací zařízení pro kuchyně. Německo: ČSNI, 2006.
- [36.] MATHAUSEROVÁ, Z. a kol. Větrání kuchyní. Praha: STP, 2000.
- [37.] RUBIN, Aleš. Podklady pro výuku: Vzduchotechnika. VUT brno - Fakulta stavební [online]. 2012. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/>
- [38.] ČSN 06 0320. Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování. Praha: ČSNI, 2006.
- [39.] ČSN 06 0310. Tepelné soustavy v budovách - Projektování a montáž. Praha: ČSNI, 2006.
- [40.] ČSN 06 0830. Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení. Praha: ČSNI, 2006.
- [41.] ČSN EN 12828. Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních tepelných soustav. Praha: ČSNI, 2006.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|-----------|--|
| PMV | Predicted mean value |
| PPD | Predicted percentage of dissatisfied |
| DDC | Direct Digital Controller |
| KNX/EIB | European Installation Bus |
| LONworks | Local Operating Network |
| BACnet | Building Automation and Control Network |
| ISO/OSI | Reference Model for Open Systems Standardization |
| GSM | Global System for Mobile Communications |
| PZTS | poplachové zabezpečovací a tísňové systémy |
| MZS | mechanické zábranné systémy |
| EZS | elektronická požární signalizace |
| PIR | Passive infrared sensor |
| GB | Glass break |
| EPS | elektrická požární signalizace |
| CCTV | Closed Circuit Television |
| SHZ | samočinné hasicí zařízení |
| PCO | pult centralizované ochrany |
| NN | nízké napětí |
| RS | rozvodná skříň |
| SCADA/HMI | Supervisory Control and Data Acquisition / Human-Machine Interface |
| ETS | Engineering Tool Software |
| SDK | sádrokarton |
| TK | tuková kanalizace |
| SK | splašková kanalizace |

| | |
|------|--|
| KK | kulový kohout |
| ZK | zpětná klapka |
| VK | vypouštěcí kohout |
| HVAC | heating, ventilation, and air conditioning |
| VTZ | vzduchotechnika |
| ZZT | zpětné získávání tepla |
| CZT | centrální zásobování teplem |
| OS | otopná soustava |
| TS | teplovodní soustava |
| OT | otopná tělesa |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obrázek 1.1 – Mapa teplotních oblastí ČR v zimním období [7] | 16 |
| Obrázek 1.2 – Roční průměrný úhrn slunečního záření [použito z http://www.mivvyenergy.eu/slunecni-mapa] | 20 |
| Obrázek 2.1 – PDD jako funkce PMV [16] | 25 |
| Obrázek 2.2 – Oblast tepelné pohody a oblast pocitu horka [7] | 30 |
| Obrázek 2.3 – Závislost PPD na rychlosti proudění vzduchu v místnosti [7] | 30 |
| Obrázek 3.1 – Princip nuceného větrání [7] | 45 |
| Obrázek 3.2 – Typy ventilátorů využívané ve vzduchotechnice [7] | 45 |
| Obrázek 3.3 – Druhy výměníků z hlediska proudění tekutin | 47 |
| Obrázek 3.4 – Nasávací a výfukové prvky (žaluzie, hlavice) [28] | 50 |
| Obrázek 3.5 – Distribuční prvky (vyústka, anemostat, štěrbin, dýza a ventil) [28] | 51 |
| Obrázek 3.6 – Kompaktní vzduchotechnická jednotka [převzato z www.atrea.cz] | 53 |
| Obrázek 3.7 – Princip indukční klimatizační jednotky [7] | 55 |
| Obrázek 4.1 – Rozdělení soustav ústředního vytápění [1] | 57 |
| Obrázek 4.2 – Dvoutrubková TS se spodním rozvodem a přirozeným oběhem [1] | 59 |
| Obrázek 4.3 – Dvoutrubková TS se spodním rozvodem a nuceným oběhem TL [1] | 60 |
| Obrázek 4.4 – Dvoutrubkové zapojení OT s horizontálním rozvodem k tělesům (a-protiproudý, b-souproudý) [8] | 61 |
| Obrázek 4.5 – Jednotrubková OS horizontální (a-průtočná, b-se zkratem) [8] | 61 |
| Obrázek 4.6 – Princip funkce parního vytápění [1] | 62 |
| Obrázek 4.7 – Princip funkce velkoplošného sálavého vytápění [1] | 63 |
| Obrázek 4.8 – Propojení velkoplošné sálavé soustavy s klasickou OS [1] | 63 |
| Obrázek 4.9 – Vytápění v průmyslové hale se zavěšenými sálavými panely [1] | 64 |
| Obrázek 4.10 – Vysokotlaké trubkové těleso (vlevo) a trubkový panel (vpravo)[1] | 66 |
| Obrázek 4.11 – Člákové těleso ocelové (vlevo) a litinové (vpravo)[1] | 66 |
| Obrázek 4.12 – Ocelové panelové těleso[1] | 67 |
| Obrázek 4.13 – Ocelový dvoutrubkový konvektor (vlevo) a lamelový jednotrubkový konvektor (vpravo)[1] | 67 |
| Obrázek 4.14 – Přetlakové zařízení pro nízkotlaké parní stroje [1] | 68 |
| Obrázek 4.15 – Expanzní nádoba s membránou a její funkce (1-plášť, 2-připojení otopné soustavy, 3-membrána, 4-plnění plynem) [1] | 69 |
| Obrázek 5.1 – Klasická (kovekční) elektroinstalace [13] | 70 |
| Obrázek 5.2 - Inteligentní elektroinstalace KNX [13] | 71 |

| | |
|---|-----|
| <i>Obrázek 5.3 - Hierarchická struktura automatizačních systémů [12]</i> | 72 |
| <i>Obrázek 5.4 - Rozdíl mezi ISO/OSI modelem a KNX/EIB</i> | 75 |
| <i>Obrázek 5.5 – Síťové grafy (zobrazení všech druhů topologií) [12]</i> | 76 |
| <i>Obrázek 5.6 – Příklad využití sběrnice KNX/EIB [13]</i> | 77 |
| <i>Obrázek 5.7 - Topologie sběrnice KNX/EIB [12]</i> | 78 |
| <i>Obrázek 5.8 - Prvky technologie LONWORKS [12]</i> | 80 |
| <i>Obrázek 5.9 – Zapouzdření dat (encapsulating) v BACnet [12]</i> | 83 |
| <i>Obrázek 5.10 - Architektura systému SCADA [15]</i> | 86 |
| <i>Obrázek 6.1 – Dislokace restaurace [převzato z: www.mapy.cz]</i> | 90 |
| <i>Obrázek 6.2 – Půdorys objektu (Restaurace KFC)</i> | 91 |
| <i>Obrázek 8.1 – Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce podle [25]</i> | 103 |
| <i>Obrázek 8.2 – Aktuální míra kondenzace a odparu vodní páry za 1 rok podle [25]</i> | 103 |
| <i>Obrázek 8.3 – Zobrazení tepelných zisků v průběhu dne v jídelně (pro srpen)</i> | 114 |
| <i>Obrázek 9.1 - Horizontální přívod vzduchu směřováním např. pomocí digestoře [36]</i> | 117 |
| <i>Obrázek 9.2 - Vertikální přívod vzduchu směřováním vířivými vyústkami [36]</i> | 117 |
| <i>Obrázek 9.3 – Přívod vzduchu zaplavovacími vyústkami u podlahy [36]</i> | 117 |
| <i>Obrázek 9.4 – Odsávací zákryt – digestoř (vlevo) a větrací strop (vpravo) [8]</i> | 119 |
| <i>Obrázek 9.5 – Detail vzduchovodu v kuchyni [převzato z: www.univent.cz]</i> | 126 |
| <i>Obrázek 9.6 – Diagram návrhu plochy vyústky podle množství vzduchu [37]</i> | 127 |
| <i>Obrázek 9.7 – Výběr rozměrů vyústek na kruhové potrubí od výrobce IMOS-ASEK</i> | 128 |
| <i>Obrázek 9.8 – Navržené parametry vyústek se shodují s počítanými hodnotami</i> | 129 |
| <i>Obrázek 9.9 – Princip rekuperace v restauracích [převzato z: www.univent.cz]</i> | 130 |
| <i>Obrázek 9.10 – Návrhové hodnoty rekuperátoru od firmy MULTIVAC</i> | 131 |
| <i>Obrázek 9.11 – Provozní režimy klimatizační jednotky DUPLEX 15000</i> | 133 |
| <i>Obrázek 9.12 – Návrh vzduchotechnického potrubí a distribučních prvků</i> | 134 |
| <i>Obrázek 10.1 - Příklady používaných armatur u výměňkových stanic</i> | 137 |
| <i>Obrázek 10.2 – Křivka odběru a dodávky tepla na základě denní spotřeby TV</i> | 142 |
| <i>Obrázek 10.3 – Návrh použité expanzní nádoby</i> | 145 |
| <i>Obrázek 10.4 – Návrh otopné soustavy</i> | 149 |
| <i>Obrázek 10.5 – Hydraulické schéma otopné soustavy</i> | 150 |
| <i>Obrázek 11.1 – Návrh zabezpečení objektu pomocí PZTS a EPS</i> | 157 |
| <i>Obrázek 12.1 - Schéma řízení teplovodní soustavy s ohřevem TV a vytápěním</i> | 163 |
| <i>Obrázek 12.2 – Okno SCADA řízení restaurace – 1. volba: HVAC</i> | 164 |
| <i>Obrázek 12.3 - Okno SCADA řízení restaurace – 2. volba: ZABEZPEČENÍ</i> | 165 |
| <i>Obrázek 12.4 - Okno SCADA řízení restaurace – 2. volba: OSVĚTLENÍ</i> | 165 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|------------|
| <i>Tabulka 1.1 - Hodnoty pro výpočet slunečního zisku [1]</i> | <i>19</i> |
| <i>Tabulka 2.1 – Vnitřní produkce tepla při obvyklých činnostech [1]</i> | <i>22</i> |
| <i>Tabulka 2.2 – Stupnice tepelného pocitu PMV [16]</i> | <i>23</i> |
| <i>Tabulka 2.3 – Příklady návrhových hodnot operativní teploty [17]</i> | <i>28</i> |
| <i>Tabulka 2.4 – Závislost koeficientu A na rychlosti vzduchu (w) [32]</i> | <i>28</i> |
| <i>Tabulka 2.5 – Třídění zrakových činností a hodnoty činitele denní osvětlenosti [19]</i> | <i>37</i> |
| <i>Tabulka 2.6 – Požadavky na osvětlení v různých místnostech</i> | <i>39</i> |
| <i>Tabulka 2.7 – Příklady návrhových hodnot hladiny akustického tlaku A [17]</i> | <i>40</i> |
| <i>Tabulka 3.1 –Příklady doporučených průtoků větracího vzduchu [17]</i> | <i>42</i> |
| <i>Tabulka 3.2 – Průtoky větracího vzduchu (q_B) pro odvod emisí z budovy [17]</i> | <i>42</i> |
| <i>Tabulka 3.3 – Doporučené průtoky větracího vzduchu pro nebytové prostory [17]</i> | <i>42</i> |
| <i>Tabulka 7.1 – Třídy práce podle celkového průměrného energetického výdeje [32]</i> | <i>98</i> |
| <i>Tabulka 7.2 – Přípustné hodnoty mikroklimatických podmínek pro celý rok [32]</i> | <i>99</i> |
| <i>Tabulka 7.3 – Výpočtová venkovní teplota a roční průměrná venkovní teplota [33]</i> | <i>100</i> |
| <i>Tabulka 7.4 – Výpočtová vnitřní teplota [26, 33]</i> | <i>100</i> |
| <i>Tabulka 8.1 – Požadované a navržené hodnoty součinitele prostupu tepla U [25]</i> | <i>101</i> |
| <i>Tabulka 8.2 – Rozměry místností a jejich výpočtové vnitřní teploty</i> | <i>102</i> |
| <i>Tabulka 8.3 – Minimální hygienické množství přiváděného vzduchu [33]</i> | <i>106</i> |
| <i>Tabulka 8.4 – Návrhové hodnoty tepelných a chladících výkonů [3]</i> | <i>110</i> |
| <i>Tabulka 8.5 – Návrhové hodnoty pro odhad tepelné zátěže budovy [3]</i> | <i>110</i> |
| <i>Tabulka 8.6 – Navržené hodnoty instalovaného topného a chladícího výkonu [3]</i> | <i>111</i> |
| <i>Tabulka 8.7 – Vypočtené hodnoty vytápěcího a chladícího výkonu</i> | <i>112</i> |
| <i>Tabulka 8.8 – Okrajové podmínky pro návrh tepelných zisků v programu QPRO</i> | <i>113</i> |
| <i>Tabulka 8.9 – Parametry dotčeného objektu</i> | <i>114</i> |
| <i>Tabulka 9.1 – Okrajové podmínky pro návrh větrání</i> | <i>121</i> |
| <i>Tabulka 9.2 – Přístrojové vybavení v kuchyni a na servise [35]</i> | <i>121</i> |
| <i>Tabulka 9.3 – Výpočet termického proudu vzduchu nad spotřebiči [35]</i> | <i>123</i> |
| <i>Tabulka 9.4 – Navržené hodnoty větrání (přiváděného a odváděného vzduchu)</i> | <i>124</i> |
| <i>Tabulka 9.5 – Navržené fancoil jednotky (FCU)</i> | <i>132</i> |
| <i>Tabulka 9.6 – Parametry navržené klimatizační a rekuperační jednotky</i> | <i>133</i> |
| <i>Tabulka 10.1 – Navržený zásobník teplé vody</i> | <i>143</i> |
| <i>Tabulka 10.2 – Popis vybraného OT zn. RADIK HYGIENE 30</i> | <i>144</i> |
| <i>Tabulka 11.1 – Přehled zvolených bezpečnostních prvků PZTS a EPS</i> | <i>156</i> |
| <i>Tabulka 12.1 – Soupis prvků regulace a řízení otopné soustavy</i> | <i>162</i> |

PŘÍLOHA: HODNOTY PROSTUPU TEPLA VŠECH MÍSTNOSTÍ

jídelna a prodejna

| | | | |
|--------------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Púd. plocha A : | 175.4 m ² | Objem vzduchu V : | 647.0 m ³ |
| Exp. obvod P : | 77.2 m | Počet na podlaží : | 1 |
| Teplota T _i : | 20.0 C | Typ vytápění : | teplovzdušné, přívod nahoře |
| Stř.rad.teplota : | 20.0 C | Rychlost proudění : | 0.1 m/s |
| Vytápění : | nepřerušované | Násobnost výměny vzduchu n : | 0.50 1/h |
| Typ větrání : | přirozené | Min. hyg. výměna : | 0.5 1/h |
| Výměna n ₅₀ : | 1.5 1/h | Činitelé e + epsilon : | 0.00 + 1.00 |

| Název konstrukce | Plocha | U | Korekce | DeltaU | Ueq | H,T |
|------------------|--------|------|-----------------------|--------|-------|------------|
| obvodová zeď | 44.3 | 0.25 | e = 1.00 | 0.00 | ----- | 11.06 W/K |
| okna lobby | 4.1 | 1.20 | e = 1.15 | 0.00 | ----- | 5.69 W/K |
| prosklená stěna | 77.7 | 1.20 | e = 1.15 | 0.00 | ----- | 107.23 W/K |
| zeď IN - VIP | 29.4 | 0.95 | f _i = 0.16 | 0.00 | ----- | 4.37 W/K |
| zeď IN - WC | 6.9 | 0.95 | f _i = 0.16 | 0.00 | ----- | 1.02 W/K |
| vst.dveře + VIP | 21.2 | 1.32 | f _i = 0.16 | 0.00 | ----- | 4.38 W/K |
| SDK příčky - WC | 16.6 | 0.70 | f _i = 0.06 | 0.00 | ----- | 0.73 W/K |

| | | | |
|--------------------------------------|---------|-----|---|
| Ztráta prostupem F _i ,T : | 4303 W, | tj. | 89.9 % z celkové ztráty prostupem objektu |
| Ztráta větráním F _i ,V : | 3520 W, | tj. | 67.3 % z celkové ztráty větráním objektu |
| Ztráta celková F _i ,HL : | 7823 W, | tj. | 78.1 % z celkové ztráty objektu |

hosté WC

| | | | |
|--------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Púd. plocha A : | 4.3 m ² | Objem vzduchu V : | 9.4 m ³ |
| Exp. obvod P : | 8.5 m | Počet na podlaží : | 1 |
| Teplota T _i : | 20.0 C | Typ vytápění : | převažující přirozená konvekce |
| Vytápění : | nepřerušované | Násobnost výměny vzduchu n : | 1.50 1/h |
| Typ větrání : | přirozené | Min. hyg. výměna : | 1.5 1/h |
| Výměna n ₅₀ : | 1.5 1/h | Činitelé e + epsilon : | 0.00 + 1.00 |

| Název konstrukce | Plocha | U | Korekce | DeltaU | Ueq | H,T |
|------------------|--------|------|-----------------------|--------|-------|----------|
| zeď IN | 5.9 | 0.95 | f _i = 0.16 | 0.00 | ----- | 0.88 W/K |
| SDK příčky | 3.5 | 0.70 | f _i = 0.00 | 0.00 | ----- | 0.00 W/K |

| | | | |
|--------------------------------------|--------|-----|--|
| Ztráta prostupem F _i ,T : | 28 W, | tj. | 0.6 % z celkové ztráty prostupem objektu |
| Ztráta větráním F _i ,V : | 153 W, | tj. | 2.9 % z celkové ztráty větráním objektu |
| Ztráta celková F _i ,HL : | 181 W, | tj. | 1.8 % z celkové ztráty objektu |

chodba

| | | | |
|--------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Púd. plocha A : | 17.5 m ² | Objem vzduchu V : | 48.9 m ³ |
| Exp. obvod P : | 24.0 m | Počet na podlaží : | 1 |
| Teplota T _i : | 20.0 C | Typ vytápění : | převažující přirozená konvekce |
| Vytápění : | nepřerušované | Násobnost výměny vzduchu n : | 0.50 1/h |
| Typ větrání : | přirozené | Min. hyg. výměna : | 0.5 1/h |
| Výměna n ₅₀ : | 1.5 1/h | Činitelé e + epsilon : | 0.00 + 1.00 |

| Název konstrukce | Plocha | U | Korekce | DeltaU | Ueq | H,T |
|------------------|--------|------|------------------------|--------|-------|-----------|
| SDK příčky | 13.1 | 0.70 | f _i = -0.13 | 0.00 | ----- | -1.14 W/K |

| | | | |
|--------------------------------------|--------|-----|---|
| Ztráta prostupem F _i ,T : | -37 W, | tj. | -0.8 % z celkové ztráty prostupem objektu |
| Ztráta větráním F _i ,V : | 266 W, | tj. | 5.1 % z celkové ztráty větráním objektu |
| Ztráta celková F _i ,HL : | 230 W, | tj. | 2.3 % z celkové ztráty objektu |

servis

| | | | |
|--------------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Púd. plocha A : | 17.3 m ² | Objem vzduchu V : | 48.5 m ³ |
| Exp. obvod P : | 16.9 m | Počet na podlaží : | 1 |
| Teplota T _i : | 24.0 C | Typ vytápění : | teplovzdušné, přívod nahoře |
| Stř.rad.teplota : | 20.0 C | Rychlost proudění : | 0.1 m/s |
| Vytápění : | nepřerušované | Násobnost výměny vzduchu n : | 0.50 1/h |
| Typ větrání : | přirozené | Min. hyg. výměna : | 0.5 1/h |
| Výměna n50 : | 1.5 1/h | Činitelé e + epsilon : | 0.00 + 1.00 |

| Název konstrukce | Plocha | U | Korekce | DeltaU | Ueq | H,T |
|------------------|--------|------|-----------------------|--------|-------|----------|
| zeď IN - AiB | 13.9 | 0.70 | f _i = 0.11 | 0.00 | ----- | 1.08 W/K |
| SDK příčka | 9.8 | 0.70 | f _i = 0.11 | 0.00 | ----- | 0.76 W/K |
| podlaha + strop | 34.7 | 0.95 | f _i = 0.11 | 0.00 | ----- | 3.66 W/K |

| | | | |
|-------------------------------------|--------|-----|--|
| Ztráta prostupem F _{i,T} : | 198 W, | tj. | 4.1 % z celkové ztráty prostupem objektu |
| Ztráta větráním F _{i,V} : | 330 W, | tj. | 6.3 % z celkové ztráty větráním objektu |
| Ztráta celková F _{i,HL} : | 528 W, | tj. | 5.3 % z celkové ztráty objektu |

kuchyně

| | | | |
|--------------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Púd. plocha A : | 18.2 m ² | Objem vzduchu V : | 51.0 m ³ |
| Exp. obvod P : | 18.2 m | Počet na podlaží : | 1 |
| Teplota T _i : | 24.0 C | Typ vytápění : | teplovzdušné, přívod nahoře |
| Stř.rad.teplota : | 20.0 C | Rychlost proudění : | 0.1 m/s |
| Vytápění : | nepřerušované | Násobnost výměny vzduchu n : | 0.50 1/h |
| Typ větrání : | přirozené | Min. hyg. výměna : | 0.5 1/h |
| Výměna n50 : | 1.5 1/h | Činitelé e + epsilon : | 0.00 + 1.00 |

| Název konstrukce | Plocha | U | Korekce | DeltaU | Ueq | H,T |
|------------------|--------|------|-----------------------|--------|-------|----------|
| SDK + DŘEV | 9.5 | 0.70 | f _i = 0.11 | 0.00 | ----- | 0.74 W/K |
| podlaha + strop | 36.5 | 0.95 | f _i = 0.11 | 0.00 | ----- | 3.85 W/K |
| zeď IN - AiB | 9.5 | 0.70 | f _i = 0.11 | 0.00 | ----- | 0.74 W/K |
| SDK - CHO | 13.1 | 0.70 | f _i = 0.11 | 0.00 | ----- | 1.02 W/K |

| | | | |
|-------------------------------------|--------|-----|--|
| Ztráta prostupem F _{i,T} : | 228 W, | tj. | 4.8 % z celkové ztráty prostupem objektu |
| Ztráta větráním F _{i,V} : | 347 W, | tj. | 6.6 % z celkové ztráty větráním objektu |
| Ztráta celková F _{i,HL} : | 576 W, | tj. | 5.7 % z celkové ztráty objektu |

šatny pro zaměstnance

| | | | |
|--------------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Púd. plocha A : | 14.4 m ² | Objem vzduchu V : | 40.3 m ³ |
| Exp. obvod P : | 13.4 m | Počet na podlaží : | 1 |
| Teplota T _i : | 20.0 C | Typ vytápění : | teplovzdušné, přívod nahoře |
| Stř.rad.teplota : | 20.0 C | Rychlost proudění : | 0.1 m/s |
| Vytápění : | nepřerušované | Násobnost výměny vzduchu n : | 0.50 1/h |
| Typ větrání : | přirozené | Min. hyg. výměna : | 0.5 1/h |
| Výměna n50 : | 1.5 1/h | Činitelé e + epsilon : | 0.00 + 1.00 |

| Název konstrukce | Plocha | U | Korekce | DeltaU | Ueq | H,T |
|------------------|--------|------|-----------------------|--------|-------|----------|
| SDK příčky - WC | 10.8 | 0.70 | f _i = 0.06 | 0.00 | ----- | 0.47 W/K |
| zeď IN | 5.8 | 0.95 | f _i = 0.16 | 0.00 | ----- | 0.87 W/K |

| | | | |
|-------------------------------------|--------|-----|--|
| Ztráta prostupem F _{i,T} : | 43 W, | tj. | 0.9 % z celkové ztráty prostupem objektu |
| Ztráta větráním F _{i,V} : | 219 W, | tj. | 4.2 % z celkové ztráty větráním objektu |
| Ztráta celková F _{i,HL} : | 262 W, | tj. | 2.6 % z celkové ztráty objektu |

toalety pro zaměstnance

| | | | |
|--------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Půd. plocha A : | 5.9 m ² | Objem vzduchu V : | 16.0 m ³ |
| Exp. obvod P : | 7.6 m | Počet na podlaží : | 1 |
| Teplota T _i : | 18.0 C | Typ vytápění : | převažující přirozená konvekce |
| Vytápění : | nepřerušované | Násobnost výměny vzduchu n : | 1.50 1/h |
| Typ větrání : | přirozené | Min. hyg. výměna : | 1.5 1/h |
| Výměna n50 : | 1.5 1/h | Činitelé e + epsilon : | 0.00 + 1.00 |

| Název konstrukce | Plocha | U | Korekce | DeltaU | Ueq | H,T |
|------------------|--------|------|------------------------|--------|-------|-----------|
| podlaha + strop | 11.8 | 0.95 | f _i = -0.07 | 0.00 | ----- | -0.74 W/K |
| zeď IN- SCHODY | 10.8 | 0.95 | f _i = 0.10 | 0.00 | ----- | 1.03 W/K |
| SDK příčky | 10.8 | 0.70 | f _i = -0.07 | 0.00 | ----- | -0.50 W/K |
| zeď IN - VÝTAH | 4.3 | 0.95 | f _i = 0.10 | 0.00 | ----- | 0.40 W/K |

| | | | |
|--------------------------------------|--------|-----|--|
| Ztráta prostupem F _i ,T : | 5 W, | tj. | 0.1 % z celkové ztráty prostupem objektu |
| Ztráta větráním F _i ,V : | 244 W, | tj. | 4.7 % z celkové ztráty větráním objektu |
| Ztráta celková F _i ,HL : | 250 W, | tj. | 2.5 % z celkové ztráty objektu |

suchý sklad potravin

| | | | |
|--------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Půd. plocha A : | 6.5 m ² | Objem vzduchu V : | 18.3 m ³ |
| Exp. obvod P : | 11.3 m | Počet na podlaží : | 1 |
| Teplota T _i : | 20.0 C | Typ vytápění : | převažující přirozená konvekce |
| Vytápění : | nepřerušované | Násobnost výměny vzduchu n : | 0.50 1/h |
| Typ větrání : | přirozené | Min. hyg. výměna : | 0.5 1/h |
| Výměna n50 : | 1.5 1/h | Činitelé e + epsilon : | 0.00 + 1.00 |

| Název konstrukce | Plocha | U | Korekce | DeltaU | Ueq | H,T |
|------------------|--------|------|-----------------------|--------|-------|----------|
| zeď - VÝTAH | 5.8 | 0.95 | f _i = 0.16 | 0.00 | ----- | 0.86 W/K |

| | | | |
|--------------------------------------|--------|-----|--|
| Ztráta prostupem F _i ,T : | 27 W, | tj. | 0.6 % z celkové ztráty prostupem objektu |
| Ztráta větráním F _i ,V : | 99 W, | tj. | 1.9 % z celkové ztráty větráním objektu |
| Ztráta celková F _i ,HL : | 127 W, | tj. | 1.3 % z celkové ztráty objektu |

kancelář

| | | | |
|--------------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Půd. plocha A : | 3.2 m ² | Objem vzduchu V : | 8.9 m ³ |
| Exp. obvod P : | 7.6 m | Počet na podlaží : | 1 |
| Teplota T _i : | 20.0 C | Typ vytápění : | teplovzdušné, přívod nahoře |
| Stř. rad. teplota : | 20.0 C | Rychlost proudění : | 0.1 m/s |
| Vytápění : | nepřerušované | Násobnost výměny vzduchu n : | 0.50 1/h |
| Typ větrání : | přirozené | Min. hyg. výměna : | 0.5 1/h |
| Výměna n50 : | 1.5 1/h | Činitelé e + epsilon : | 0.00 + 1.00 |

| Název konstrukce | Plocha | U | Korekce | DeltaU | Ueq | H,T |
|------------------|--------|------|------------------------|--------|-------|-----------|
| SDK příčky | 3.1 | 0.70 | f _i = -0.13 | 0.00 | ----- | -0.27 W/K |

| | | | |
|--------------------------------------|-------|-----|---|
| Ztráta prostupem F _i ,T : | -9 W, | tj. | -0.2 % z celkové ztráty prostupem objektu |
| Ztráta větráním F _i ,V : | 49 W, | tj. | 0.9 % z celkové ztráty větráním objektu |
| Ztráta celková F _i ,HL : | 40 W, | tj. | 0.4 % z celkové ztráty objektu |