

Mendelova univerzita v Brně  
Institut celoživotního vzdělávání  
Oddělení expertního inženýrství

---

# **Optimalizace vybraných parametrů kompresorového chlazení v potravinářském provozu**

**Diplomová práce**

**Vedoucí diplomové práce:  
prof. Ing. Jan Mareček, DrSc.**

**Vypracoval:  
Bc. Lukáš Černý**

**Brno 2015**

Na této stránce bude vložen originální formulář Zadání bakalářské práce.  
Vystavený, podepsaný a orazítkovaný formulář Vám připraví vedoucí bakalářské  
práce před jejím svázáním.

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Optimalizace vybraných parametrů kompresorového chlazení v potravinářském provozu**

vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 29. 5. 2015

---

Zde bych chtěl poděkovat všem přednášejícím v průběhu studia a především vedoucímu mé diplomové práce za panu prof. Ing Janu Marečkovi, DrSc., dr. h. c. za rady připomínky a vedení diplomové práce.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá tématem potravinářského kompresorového chlazení. Práce je rozdělena do dvou částí. První část práce se zabývá teorií kompresorového chlazení v potravinářském provozu, souvisejícími předpisy a normami. Druhá část práce je zaměřena na analýzu současného stavu chlazení ve vybraném potravinářském provozu a na návrh optimalizace jednotlivých parametrů. Součástí druhé části práce je také ekonomické zhodnocení optimalizace.

## **Klíčová slova**

Kompresorové chlazení, komponenty kompresorového chlazení, chladicí zařízení.

## **Abstract**

This thesis focuses on the topic of food chilled compressor-lation. The work is divided into two parts. The first part deals with the theory of compressor cooling in the food service related regulations and standards. The second part focuses on the analysis of current cooling in selected food operation and design optimization of individual parameters. Part of the second part is also an economic evaluation optimization.

## **Keywords**

Compressor cooling , compressor cooling components , cooling equipment .

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Cíle diplomové práce</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>Materiál a metodika zpracování</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Současný stav řešené problematiky</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Zkratky a pojmy v chladicí technice</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Popis procesu kompresorového chlazení</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Komponenty chladicích zařízení</b>	<b>22</b>
7.1	Výparníky chladicích zařízení .....	22
7.2	Kondenzátory chladicích zařízení.....	24
7.3	Kompresory chladicích zařízení.....	26
7.3.1	Pístové kompresory .....	27
7.3.2	Šroubové kompresory .....	28
7.3.3	Spirálové kompresory .....	28
7.3.4	Turbokompresory.....	29
7.3.5	Sdružené kompresorové jednotky .....	30
7.4	Sběrače a odlučovače chladiva.....	31
7.4.1	Sběrače chladiva .....	31
7.4.2	Odlučovače oleje.....	31
7.5	Zařízení pro řízení průtoku chladiva .....	31
7.5.1	Expanzní ventily .....	31
7.6	Potrubní rozvody.....	33
7.7	Chladiva.....	34
7.7.1	Zjišťování úniku chladiva.....	37
7.8	Distribuční chladicí a mrazicí nábytek.....	37

---

7.9	Chladicí a mrazicí boxy .....	38
<b>8</b>	<b>Praktická část a výsledky práce</b>	<b>40</b>
8.1	Technickoekonomická analýza současného stavu vybraného provozu .....	40
8.1.1	Specifikace vybraného provozu.....	40
8.1.2	Specifikace stávající sdružené kompresorové jednotky .....	46
8.1.3	Specifikace stávajících kondenzátorů .....	47
8.1.4	Spotřeba elektrické energie technologie chlazení stávajícího stavu..	48
8.2	Navrhované optimalizační parametry chlazení potravinářského provozu	49
8.2.1	Popis navrhovaného stavu .....	49
8.2.2	Specifikace navrhovaného stavu.....	50
8.2.3	Specifikace navrhované sdružené kompresorové jednotky.....	54
8.2.4	Specifikace navrhovaného kondenzátoru .....	55
8.2.5	Specifikace rekuperace .....	56
8.2.6	Spotřeba elektrické energie technologie chlazení navrhovaného stavu	57
8.3	Ekonomická analýza.....	59
<b>9</b>	<b>Diskuze</b>	<b>61</b>
<b>10</b>	<b>Závěr</b>	<b>63</b>
<b>11</b>	<b>Seznam literatury</b>	<b>64</b>
<b>A</b>	<b>Datový list navržené SKJ (chladicí)</b>	<b>66</b>
<b>B</b>	<b>Datový list navržené SKJ (mrazicí)</b>	<b>67</b>
<b>C</b>	<b>Datový list navrženého kondenzátoru</b>	<b>68</b>
<b>D</b>	<b>Výpočet spotřeby energie navrženého stavu</b>	<b>69</b>

## Seznam obrázků

<b>Obr. 1</b>	<b>Schéma kompresorového chlazení Zdroj: Údržba chladicích zařízení (2007, s. 7)</b>	<b>20</b>
<b>Obr. 2</b>	<b>Vymezení tlaku v chladicím systému Zdroj: Vlastní zpracování</b>	<b>21</b>
<b>Obr. 3</b>	<b>Příklady konstrukčního provedení lamelových výparníků Zdroj: Guntner (online)</b>	<b>23</b>
<b>Obr. 4</b>	<b>Příklad vzduchem chlazených kondenzátorů Zdroj: Guntner (online)</b>	<b>25</b>
<b>Obr. 5</b>	<b>Rozdělení kompresorů podle pohybu pístu Zdroj: Kompresory (Kaminský, s. 9)</b>	<b>26</b>
<b>Obr. 6</b>	<b>Schéma šroubového kompresoru Zdroj: Kompresory (2009, s. 57)</b>	<b>28</b>
<b>Obr. 7</b>	<b>Princip práce a řez spirálového kompresoru Zdroj: Kompresory (2009, s. 27)</b>	<b>29</b>
<b>Obr. 8</b>	<b>Příklad sdružené kompresorové jednotky Zdroj: Údržba chladicích zařízení (2007, s. 10)</b>	<b>30</b>
<b>Obr. 9</b>	<b>Rozdělení expanzních ventilů Zdroj: Vlastní zpracování</b>	<b>32</b>
<b>Obr. 10</b>	<b>Rozdělení chladiv Zdroj: Vlastní zpracování</b>	<b>36</b>
<b>Obr. 11</b>	<b>Stavebnicový chladicí/mrazicí box Zdroj: Údržba chladicích zařízení</b>	<b>39</b>
<b>Obr. 12</b>	<b>Přehled chlazených a mražených zařízení Zdroj: Vlastní zpracování</b>	<b>44</b>
<b>Obr. 13</b>	<b>Graf spotřeby elektrické energie technologie chlazení v MWh Zdroj: Vlastní zpracování</b>	<b>48</b>



**Obr. 14** Spotřeba elektrické energie navrhovaného stavu Zdroj:  
Vlastní zpracování

57

## Seznam tabulek

<b>Tab. 1</b>	<b>Základní pojmy potrubních rozvodů chladiva</b>	<b>34</b>
<b>Tab. 2</b>	<b>Parametry potravinářského provozu</b>	<b>40</b>
<b>Tab. 3</b>	<b>Specifikace technologie mražených pozic</b>	<b>42</b>
<b>Tab. 4</b>	<b>Specifikace technologie chlazených pozic</b>	<b>43</b>
<b>Tab. 5</b>	<b>Elektrické příkony připojených zařízení chladicí části</b>	<b>45</b>
<b>Tab. 6</b>	<b>Elektrické příkony připojených zařízení mrazicí části</b>	<b>45</b>
<b>Tab. 7</b>	<b>Technické parametry stávající SKJ</b>	<b>46</b>
<b>Tab. 8</b>	<b>Technické parametry stávajících kondenzátorů</b>	<b>47</b>
<b>Tab. 9</b>	<b>Spotřeba elektrické energie stávající technologie chlazení</b>	<b>49</b>
<b>Tab. 10</b>	<b>Specifikace navržené technologie mražených pozic</b>	<b>50</b>
<b>Tab. 11</b>	<b>Specifikace navržené technologie chlazených pozic</b>	<b>52</b>
<b>Tab. 12</b>	<b>Elektrické příkony připojených zařízení chladicí části – navrhovaný stav</b>	<b>53</b>
<b>Tab. 13</b>	<b>Elektrické příkony připojených zařízení mrazicí části</b>	<b>54</b>
<b>Tab. 14</b>	<b>Technické parametry navrhované SKJ</b>	<b>55</b>
<b>Tab. 15</b>	<b>Specifikace navrhovaného kondenzátoru</b>	<b>56</b>
<b>Tab. 16</b>	<b>Specifikace technologie rekuperace</b>	<b>57</b>
<b>Tab. 17</b>	<b>Spotřeba elektrické energie navrhované technologie chlazení v jednotlivých měsících</b>	<b>58</b>
<b>Tab. 18</b>	<b>Porovnání stávajícího a navrhovaného stavu</b>	<b>59</b>

# 1 Úvod

Potravinářský průmysl je jedním z významných ekonomických odvětví české ekonomiky. Pro potravinářskou výrobu má velký význam mechanizace a automatizace a to jak v procesu výroby, skladování, distribuce tak i v procesu prodeje. Chladicí technika zaujímá významné postavení především ve všech výše vyjmenovaných procesech. V procesech výroby je chladicí technika používána v provozech zpracovávajících mléčné a masné výrobky, ale i v přípravných potravin v jednotlivých prodejnách. V procesech skladování potravin se chlazení používá především k prodloužení jejich trvanlivosti v mrazírnách a chladírnách potravin, a to jak ve velkoskladech potravin, tak i v malých skladech potravin, která má téměř každá prodejna ve svém zázemí. V procesech distribuce je chladicí technika využívána k vychlazení přepravního prostoru nákladních automobilů, ale tímto tématem se tato práce nezabývá. V procesu prodeje se s chladicí technikou setkáváme téměř každý den, a to jako zákazník v prodejnách s potravinami. Zde je chladicí technika zastoupena z pohledu zákazníka jednotlivými chladicími a mrazicími vitrínami (obslužnými i samoobslužnými). Ale zákazník již nevidí jednotlivé komponenty chlazení, kterými se tato práce zabývá. Do těchto komponentů patří potrubní rozvody chladicího média, kompresory, kondenzátory, automatika a regulace.

## **2 Cíle diplomové práce**

Cílem práce je optimalizovat vybrané parametry kompresorového potravinářského chlazení v potravinářském provozu, tak aby bylo dosaženo energetické úspory při provozu chladicího zařízení

Praktická část práce je zaměřena na vybraný potravinářský provoz, u kterého je provedena technická analýza chlazení a na základě této analýzy je navržena optimalizace vybraných parametrů. Na základě technické optimalizace je v práci provedeno ekonomické zhodnocení optimalizace chlazení. Data získaná k ekonomickým výpočtům jsou získána z firmy, která projektuje a servisuje potravinářské chlazení pro obchodní řetězce.

### 3 Materiál a metodika zpracování

Materiálem pro zpracování teoretické části diplomové práce jsou dostupné legislativní předpisy a normy. V současné době problematiku kompresorového potravinářského chlazení upravují především legislativní předpisy týkající se chladiv. Uvedené předpisy mají za úkol regulovat nebezpečné látky v chladicích zařízeních.

- Nařízení EU č. 517/2014 Sb. o fluorovaných skleníkových plynech
- Nařízení vlády č. 48/1982 Sb. o opatřeních zabezpečujících ochranu ozonové vrstvy (výťah) § 10 Evidence regulovaných chladiv a evidenční kniha chladicího zařízení
- Zákon č. 73/2012 Sb. – o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu, a o fluorovaných skleníkových plynech
- Vyhláška č. 257/2012 Sb. – o předcházení emisím látek, které poškozují ozonovou vrstvu, a fluorovaných skleníkových plynů

Podle Svazu chladicích a klimatizačních techniků je v současné době chladicí zařízení jako celek považováno za tlakovou nádobu a proto se na toto zařízení vztahují zvláštní nařízení PED (pressure equipment directive).

- Nařízení 97/23/ES

Dále se na kompresorové chladicí zařízení vztahují normy, které upravují jeho provoz, údržbu výrobu, zkoušení, konstrukci a instalační místo.

- ČSN EN 378 – chladicí zařízení a tepelná čerpadla, bezpečnostní a environmentální požadavky
- ČSN EN 13 313 – chladicí zařízení a tepelná čerpadla, odborná způsobilost osob
- ČSN ISO 5149 – Mechanická chladicí zařízení používaná pro chlazení a ohřev

Dále se na kompresorové chladicí zařízení vztahují tyto legislativní předpisy.

- Požadavky na strojovnu dle § 177 č. zákona 192/2005 Sb. (bezpečnost)
- Požadavky na chlazenou místnost dle § 178 zákona č. 192/2005 Sb.

K vypracování teoretické části práce byla použita dostupná literatura týkající se problematiky kompresorového chlazení.

Materiálem pro zpracování praktické části práce byly výkresové podklady a technická zpráva, tyto podklady nejsou veřejně přístupné. Pro stanovení elektrické spotřeby chladicího zařízení vybraného potravinářského provozu byl použit moni-

torovací systém Zabbix, který na dálku zobrazuje aktuální stav chladicího zařízení, vyhledává poruchové stavy a měří spotřeby elektrické energie chladicího zařízení.

Metodika k vypracování praktické části diplomové práce byla stanovena následovně. Byl vybrán potravinářský provoz, na kterém byla pomocí monitorovacího programu změřena spotřeba elektrické energie. Na základě dostupné dokumentace tohoto provozu bylo navrženo optimalizační řešení pro snížení spotřeby elektrické energie. Na závěr je provedena ekonomická analýza stávajícího a navrhovaného stavu.

Spotřeba elektrické energie navrhovaného stavu byla spočítaná na základě dostupných datových listů navržených komponentů. Výpočet je rozdělen na jednotlivé měsíce v roce a na spotřebu elektrické energie během denního a nočního provozu. Denní provoz je uvažován s 16 – ti hodinovou dobou chodu a při nočním provozu je ve výpočtu uvažována doba chodu chladicího zařízení 8 hodin. Příkon sdružené kompresorové jednotky včetně kondenzátoru je vždy násoben koeficientem, tak že je zohledněna venkovní teplota v jednotlivých měsících. Výpočet příkonu nutného pro odtávání je stále stejný (odtávání probíhá podle nastaveného plánu a příkon nutný pro odtávání je tedy stále stejný). Příkon nutný pro ostatní komponenty (ventilátory, osvětlení, výhřevy hran u mrazicích pozic) je rozdělen podle denní doby chodu (během nočního provozu není nutný příkon osvětlení). Celkový maximální příkon je poté součtem výše uvedených příkonů. Výpočtový příkon je poté součinem celkového maximálního příkonu a koeficientu soudobosti odběru. Výpočtová spotřeba elektrické energie je součinem výpočtového příkonu, doby chodu a počtem dnů v měsíci.

## 4 Současný stav řešené problematiky

Chladicí technika prošla v minulých letech velkým vývojem a to jak v oblasti konstrukcí jednotlivých komponentů používaných v chladicích systémech, tak i v projekci aplikovaných systémů. Největší vývoj ovšem zaznamenaly chladiva používaná v dnešních systémech a to z legislativních důvodů. Legislativa postupně omezuje druhy používaných chladiv a to především z environmentálních důvodů. V minulosti byly zakázány již tyto chladiva:

- Rok 1994 zákaz používání CFC chladiv (např. R11, R12, R13 a další)
- Rok 2000 omezení používání HCFC chladiv (R22)
- Rok 2010 zákaz používání nově vyráběného chladiva R22
- Rok 2011 zákaz používání chladiva R134a v autoklimatizacích nových automobilů
- Rok 2015 Zákaz používání chladiva R22 pro civilní použití

Další omezení týkající se chladiv se plánují:

- Rok 2017 zákaz používání chladiva R134a pro servis autoklimatizací
- Rok 2020 zákaz použití fluorovaných skleníkových plynů s GWP vyšším než 2500
- Rok 2022 zákaz používání sdružených centrálních chladicích systémů o kapacitě vyšší než 40 kW, které obsahují fluorované skleníkové plyny s GWP 150 nebo vyšším
- Rok 2030 zákaz používání chladiva R22 obecně

Další legislativní opatření se týkají kontroly těsnosti chladicích zařízení. Kdy se pravidelné kontroly těsnosti zařízení vztahují již na zařízení, které obsahují fluorované skleníkové plyny o ekvivalentu více než 5 tun CO<sub>2</sub>, zde jsou nutné kontroly těsnosti jednou ročně. Se zvyšující se náplní chladiva se zvyšuje i četnost kontrol úniku chladiva. Legislativa dále stanovuje systém detekce úniku chladiva pro chladicí zařízení, které obsahuje více než 500 tun ekvivalentu CO<sub>2</sub>.

Ekvivalent CO<sub>2</sub> se v legislativě zavedl z důvodu, že GWP (potenciál oteplení Země) CO<sub>2</sub> je rovno jedné.

Příklad: GWP CO<sub>2</sub> = 1

GWP R134a = 1430

Jeden kilogram látky R134a má stejný potenciál ve smyslu oteplování klimatického systému Země, jako kdyby bylo vypuštěno do atmosféry 1 430 kg CO<sub>2</sub>.

Legislativa dále nařizuje vést záznamy o zařízeních, které obsahují fluorované skleníkové plyny.

V konstrukci jednotlivých komponentů se v minulých letech kladl důraz především na zvyšování účinnosti a snižování množství chladiva v systému. Výsledkem tohoto snažení je využívání chladivových spirálových kompresorů a využití digitálního řízení kompresorů obecně. Ke snižování množství chladiva přispěla nová technologie kondenzátorů „Microox“. S digitalizací souvisí i monitorování a řízení jednotlivých chlazených pozic servisními pracovníky na dálku. Další zvýšení účinnosti chladicích zařízení, lze zaznamenat díky rozšíření elektronických vstříkovacích ventilů. Se vzrůstajícími požadavky na úsporu energií souvisí i využívání odpadního kondenzačního tepla z chladicích zařízení k vytápění nebo ohřevu teplé vody.

Problematiku potravinářského chlazení v současné době nejlépe vystihují učební texty svazu Chladicích a klimatizační techniky, zde jsou popsány nejnovější trendy v oboru chlazení a klimatizace. Další dostupná literatura není již z hlediska používaných technologií tolik aktuální. Problematika chlazení je rozebrána v diplomové práci „*Chladič vody pro stropní chlazení*“ (Bc. Jan Havlíček, 2013) a v diplomové práci „*Možnosti energetických úspor při chlazení mléka*“ (Bc. Vlastimil Nejtěk, 2013). V žádné z uvedených prací se ovšem autoři nezabývají tak rozsáhlým a energeticky náročným systémem chlazení, jako se vyskytuje ve vybraném provozu v praktické části této práce.



## 5 Zkratky a pojmy v chladicí technice

### **COP**

Z anglického slovního spojení Coefficient of Performance. „Chladicí faktor (energetická účinnost) je poměr chladicího výkonu k příkonu chladicího zařízení. Je to bezrozměrná veličina vhodná k posouzení hospodárnosti chladicího okruhu. Může nabývat hodnot větších i menších než 1“ (Zpravodaj JDK, 2008).

### **CFC**

Z anglického slovního spojení Chlorine fluorine cargon. „Plně halogenované sloučeniny uhlíku obsahující chlor a fluor, které nejvíce poškozují ozonovou vrstvu (freony, jejichž představiteli je chladivo R11 a R12)“ (Zpravodaj JDK, 2008).

### **HCFC**

Z anglického slovního spojení Hydrogen – chlorine – fluorine – carbon. „Částečně fluorované uhlovodíky obsahující chlor a fluor. Mají omezený vliv na poškozování ozonové vrstvy (freony, jejichž představitelem je chladivo R22)“ (Zpravodaj JDK, 2008).

### **HFC**

Z anglického slovního spojení hydrogen – fluorine – carbon. „Částečně fluorované uhlovodíky neobsahující chlor. Tato chladiva nepoškozují ozonovou vrstvu (představitelem je chladivo R134)“ (Zpravodaj JDK, 2008).

### **GWP**

Z anglického slovního spojení Global warming potential. „Vyjadřuje potenciál celkového oteplení země. Charakterizuje možný vliv v případě, že chladivo unikne do atmosféry. GWP číslo udává poměrný oteplovací účinek daného chladiva na atmosféru Země v porovnání s účinkem čistého CO<sub>2</sub>, GWP CO<sub>2</sub> = 1“ (Zpravodaj JDK, 2008).

### **ODP**

Z anglického slovního spojení Ozon Depletion Potential. „Potenciál rozkladu ozonu, charakterizuje vliv dané chemické látky v atmosféře na ozonovou vrstvu Země. Referenční látkou je chladivo R11, kdy toto chladivo má hodnotu ODP 1. ODP tedy udává kolik kg R11 je ekvivalentní 1 kg daného chladiva. Koeficient ODP se uplatňuje pouze v případě, unikne – li chladivo do atmosféry“ (Zpravodaj JDK, 2008).

### **TEWI**

Z anglického slovního spojení Total Equivalent Warming Impact. „Celkový ekvivalentní oteplovací účinek udávaný v kg CO<sub>2</sub>. Užívá se pro hodnocení vlivu chladiva v určitém konkrétním chladicím systému na životní prostředí. Hodnota TEWI se stanovuje výpočtem, kdy výsledná hodnota vyjadřuje ekvivalentní produkci kg CO<sub>2</sub> za celou dobu životnosti zařízení“ (Zpravodaj JDK, 2008).

$$TEWI = (GWP * m) + (A * B)$$

m – hmotnost uniklého chladiva

A – množství uniklého CO<sub>2</sub> při výrobě jednotky energie CO<sub>2</sub>/kWh

B – celková spotřeba energie za dobu životnosti zařízení

### **Objemová chladivost**

*„Je množství tepla, které přejde ve výparníku do chladiva tak, že vznikne 1 m<sup>3</sup> syté páry. Čím vyšší je objemová chladivost daného chladiva, tím může být pro stejný chladicí výkon zvolen menší rozměr kompresoru a průtočných průřezů“ (Zpravodaj JDK, 2008).*

### **Přírodní chladiva**

*„Látky, které mohou sloužit jako chladivo. Jsou současně přirozenou složkou biosféry Země a jsou relativně neškodné (např. voda, vzduch, oxid uhličitý CO<sub>2</sub>, čpavek NH<sub>3</sub>, uhlovodíky)“ (Zpravodaj JDK, 2008).*

### **Směsi chladiv**

*„Směsi jsou chladiva, která se skládají ze dvou nebo více složek používaných často samostatně jako chladiva v jiných systémech. Směsi rozdělujeme na azeotropní a zeotropní. Azeotropní směs se chová při kondenzaci a vypařování jako homogenní látka. Zeotropní směs chladiv je charakteristická tím, že její jednotlivé složky vřou při různých teplotách“ (Zpravodaj JDK, 2008).*

### **Teplotní skluz**

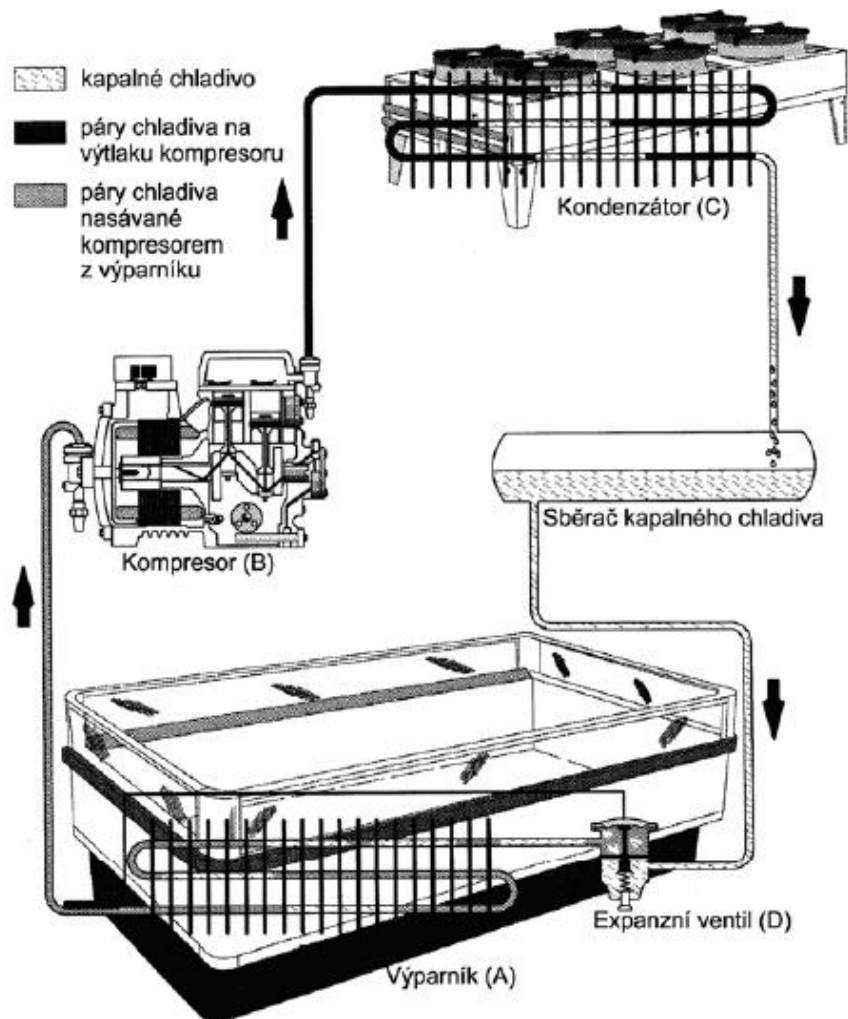
*„Fázová změna (vypařování, kondenzace) zeotropních chladiv vykazuje klouzávy charakter v určitém rozmezí teplot, který nazýváme teplotní skluz. Teplotní skluz je závislý na bodech varu jednotlivých složek chladiva a poměrném zastoupení těchto složek“ (Zpravodaj JDK, 2008).*

## 6 Popis procesu kompresorového chlazení

Úkolem chladicího zařízení v potravinářském provozu je vytvoření vhodných podmínek pro skladování (v chladírnách a mrazírnách), prezentaci a prodej (v chladicím a mrazicím nábytku na prodejně) potravin při nižších teplotách, než jsou běžné okolní teploty v budově, tak aby po dobu prodeje zůstaly potraviny čerstvé, hygienicky nezávadné a aby byl zachován jejich estetický vzhled.

Kompresorové chlazení je založeno na odnímání skupenského výparného tepla z okolí. Kdy se jako chladicího média používají kapaliny s vyšším výparným teplem – chladiva. *„Představme se, že nějaký prostor (nádobu) – např. trubky výparníky naplníme kapalinou, kterou začneme zahřívat. Teplota kapaliny bude stoupat a při teplotě charakteristické pro danou kapalinu začne vřít a vypařovat se. Pro chladicí systémy je používáno zvláštních kapalin, které mají nízký bod varu, tento bod varu je nižší než jsou předepsané teploty pro skladování a uchování jednotlivých druhů potravin a potravinářských výrobků. V takovém případě je teplo pro ohřátí na teplotu varu dané kapaliny a její vypařování se odebíráno skladovaným potravinám. Nejjednodušší by bylo tuto kapalinu s nízkým bodem varu trvale do výparníku přivádět a vznikající páry nechat unikat do okolního prostoru. Takové řešení je ovšem v praxi z ekonomických a ekologických důvodů nepřijatelné. V chladicím zařízení cirkuluje chladivo v uzavřeném systému a do výparníku je přiváděno stále stejné chladivo, cirkulující v tomto okruhu“* (Kopecký, 2007, s. 7).

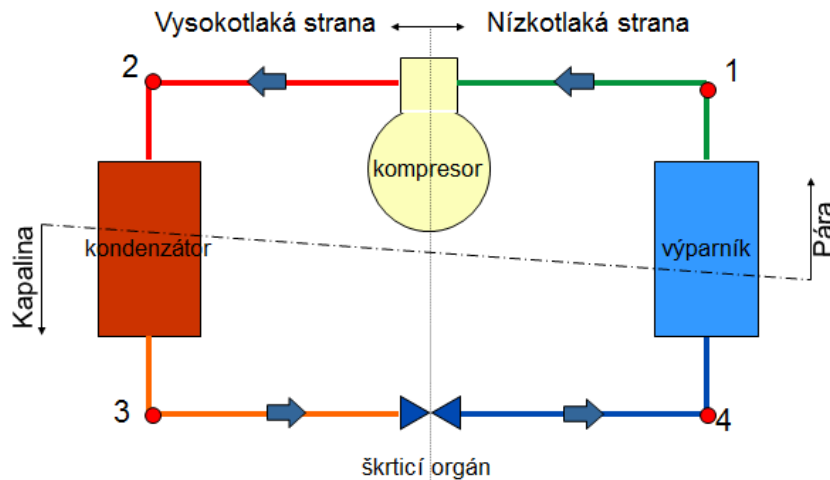
Proces v tomto okruhu probíhá následovně: *„Vypařené chladivo je za nízkého tlaku odsáváno z výparníku (A) kompresorem (B). Kompresor (B) páry chladiva stlačí na vysoký tlak. Stlačením se teplota par zvýší na teplotu, která bývá i vyšší než 100 °C. Stlačené páry jsou přiváděny do kondenzátoru (C), kde je teplo přivedené do chladiva ve výparníku a teplo vzniklé při stlačení par chladiva v kompresoru předáno okolnímu prostředí (vzduchu nebo vodě). Znovu zkapalněné chladivo je přes expansní ventil (D) přiváděno zpět do výparníku a okruh je uzavřen“* (Kopecký, 2007, s. 7).



Obr. 1 Schéma kompresorového chlazení  
Zdroj: Údržba chladicích zařízení (2007, s. 7)

Papež (2007, s. 60) uvádí, že „kompresorový chladicí systém teplo z ovzduší jednak pohlcuje (ve výparníku), jednak vydává (v kondenzátoru). Kompresorový chladicí systém lze tedy použít jako zdroj chladu (kdy je teplo odnímané ve výparníku opět vydávané v kondenzátoru) a jednak jako zdroj tepla – tzv. tepelné čerpadlo (kdy je teplo odnímané výparníkem z okolního prostředí používáno k vytápění kondenzátorem)“. Jelikož se výparník a kondenzátor v zásadě od sebe neliší, obě technická zařízení jsou výměníky tepla, tak lze přechod z režimu chlazení na režim vytápění realizovat otočením toku chladiva (Papež, 2007, s. 60).

Podle Papeže (2007, s. 60) je tedy chladicí kompresorový systém rozdělen na dvě části, na část vysokotlakou (kompresor až po kondenzátor a expanzní ventil) a část nízkotlakou (kompresor až po kondenzátor a expanzní ventil).  
**Základní chladicí okruh - systém**



Obr. 2 Vymezení tlaku v chladicím systému  
 Zdroj: Vlastní zpracování

V praxi se v potravinářském chlazení systém rozděluje ještě na další dvě části. A to na část chladicí, kde se skladují potraviny a potravinářské výrobky s teplotou přesahující 0 °C. Doporučené skladovací teploty pro chlazené potraviny se pohybují v rozmezí 2 až 8 °C v závislosti na druhu skladovaných potravin. A na část mrazicí, kde se skladují potraviny s teplotou pod bodem mrazu, mražené potraviny mají předepsané skladovací v rozmezí -18 až -20 °C.

Odpařování chladiva v systému je závislé na teplotě a tlaku, „čím vyšší je teplota kapaliny za určitého tlaku, tím více se jí odpaří, nebo čím vyšší je tlak, tím vyšší musí být teplota kapaliny, abychom dosáhli jejího vypařování“ (Papež, 2007, s. 60). Chladiva, která se v praxi používají (viz kapitola Používané druhy chladiv) podle Papeže (2007, s. 60) jsou schopna měnit svoje skupenství z kapaliny na páru již při atmosférickém tlaku a za pokojové teploty.

## 7 Komponenty chladicích zařízení

### 7.1 Výparníky chladicích zařízení

„Výparník je výměník tepla, jehož účelem je umožnit výměnu tepla mezi chladivem vypařujícím se při tlaku, který odpovídá požadované vypařovací teplotě a ochlazovanou látkou, která odevzdává teplo vypařujícímu se chladivu“ (Chlumský, 1971, s. 229). V případě potravinářského chlazení jsou ochlazovanou látkou, která odevzdává teplo chladivu skladované potraviny (v mrazicích nebo chladicích boxech) nebo vyložené potraviny v distribučním chladicím a mrazicím nábytku na prodejní ploše. Chlumský (1971, s. 230) rozděluje výparníky podle způsobu styku kapalného chladiva s teplosměnnou plochou na:

- Zaplavené

„Teplosměnná plocha je vždy do určité míry zaplavena kapalným chladivem. Výhodou je dobré využití plochy, na druhou stranu má tento druh výparníku velkou tepelnou setrvačnost. Nevýhodou je také vliv hydrostatického tlaku chladiva na vypařovací teplotu“ (Chlumský, 1971, s. 230)

- Suché

„U suchých výparníků přivedené kapalně chladivo proudí ve směru odsávaných par podél teplosměnné plochy, přičemž se chladivo vypaří dříve, než dosáhne konce teplosměnné plochy. Výhodou je díky malému množství náplně chladiva malá tepelná setrvačnost, možnost regulace výkonu zastavení přívodu chladiva. Nevýhodou je částečné nevyužití plochy výparníku, v níž dochází k přehřátí par a s tím související obtížné řešení výparníku pro vysoké výkony“ (Chlumský, 1971, s. 230).

Jak uvádí Brož (2014, s. 55), tak se v současné době v praxi pro chlazení vzduchu nejčastěji používají lamelové výparníky. Tyto výparníky se dodávají buď jako kompletní aparáty osazené ventilátorem a opláštěním, nebo jen jako samostatné teplosměnné bloky umístěné ve vzduchotechnických jednotkách. Výparník má pod teplosměnnou plochou vanu, ve které se shromažďuje kondenzát. Ten je buď odváděn čerpadlem, nebo samospádem, preferováno je ovšem odvádění kondenzátu samospádem.



Obr. 3 Příklady konstrukčního provedení lamelových výparníků  
Zdroj: Guntner (online)

Za provozu výparníku se může stát, že je povrchová teplota výparníku nižší než  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  a může docházet k zamrznání vzdušné vlhkosti na teplosměnné ploše. Námraza na výparníku zhoršuje přestup tepla a zvyšují se tlakové ztráty vzduchu. A proto jsou výparníky vybaveny zařízením pro odtávání námrazy. Podle Brože (2014, s. 57) je zamrzlý výparník důkazem, že zařízení špatně chladí, naopak důkazem správně navrženého a seřízeného chladicího systému je čistá teplosměnná plocha prostá námrazy. V praxi se odtávání výparníků zajišťuje následujícími třemi způsoby:

- Vzduchem  
Podle Brože (2014, s. 57) je podmínkou pro tento typ odtávání nenulová teplota vzduchu v chlazeném prostoru. Princip funkce spočívá v uzavření přívodu chladiva do výparníku za současného chodu ventilátoru.
- Elektricky  
Podle Brože (2014, s. 57) jsou ve spodní části teplosměnného bloku výparníku umístěny elektrické topné tyče, které ohřívají blok výparníku a současně i vzduch ve výparníku. Při tomto typu odtávání jsou ventilátory výparníku vypnuty.

- Horkými parami

Brož uvádí (2014, s. 58), že do trubek výparníku jsou zpětně přivedeny horké páry chladiva, které kondenzují a uvolněným teplem rozpouští námrazu na výparníku.

Odtávání výparníků je navrhováno podle typu provozu v pravidelných cyklech. Interval odtávání výparníků se pohybuje v rozmezí 6 až 8 hodin. Doba odtávání výparníku závisí na zvoleném typu, v případě elektrického odtávání se doba pohybuje okolo 30 minut. Odtávání výparníku se provádí jak v chladicích a mrazicích boxech, tak i v distribučním chladicím nábytku na prodejní ploše. V případě nutnosti lze odtávání spustit a nastavit přes vzdálený monitoring chlazení.

V praxi se výparníky osazují sondami, které monitorují podle umístění těchto sond různé teploty a tlaky. Těchto sond je v případě potravinářského chlazení celkem šest, jedná se o tyto sondy:

- S1 Tlaková sonda
- S2 Sonda přehřátí par chladiva
- S3 Teplota vzduchu vstupujícího do výparníku
- S4 Teplota vzduchu vystupujícího z výparníku
- S5 Teplota povrchu výparníku
- S6 Prostorová teplota

Z těchto sond je nejdůležitější sonda S5, která zaznamenává povrchovou teplotu výparníku a podle této teploty se stanovuje odtávání výparníku. Další důležitou sondou je sonda S6, která zaznamenává prostorovou teplotu v chlazených prostorech a v distribučním nábytku.

## 7.2 Kondenzátory chladicích zařízení

Kondenzátor je výměník tepla, kde se z par chladiva odvádí do okolního prostředí teplo a tím páry chladiva kondenzují do kapalného stavu.

Chlumský (1971, s. 213) rozděluje kondenzátory podle odvodu tepla na:

- Kondenzátory, u nichž se teplo odvádí protékající vodou (chlazené vodou)
- Kondenzátory, u nichž se teplo odvádí sprchávající vodou a okolním vzduchem (odpařovací)
- Kondenzátory, u nichž se teplo odvádí okolním vzduchem (chlazené vzduchem)
- Kondenzátory, u nichž se teplo odvádí přímým stykem chladicí vody s párami





Obr. 4 Příklad vzduchem chlazených kondenzátorů  
Zdroj: Guntner (online)

V současné době se v případě potravinářského chlazení používají především vzduchem chlazené a odpařovací kondenzátory, proto jsou v další části práce popsány.

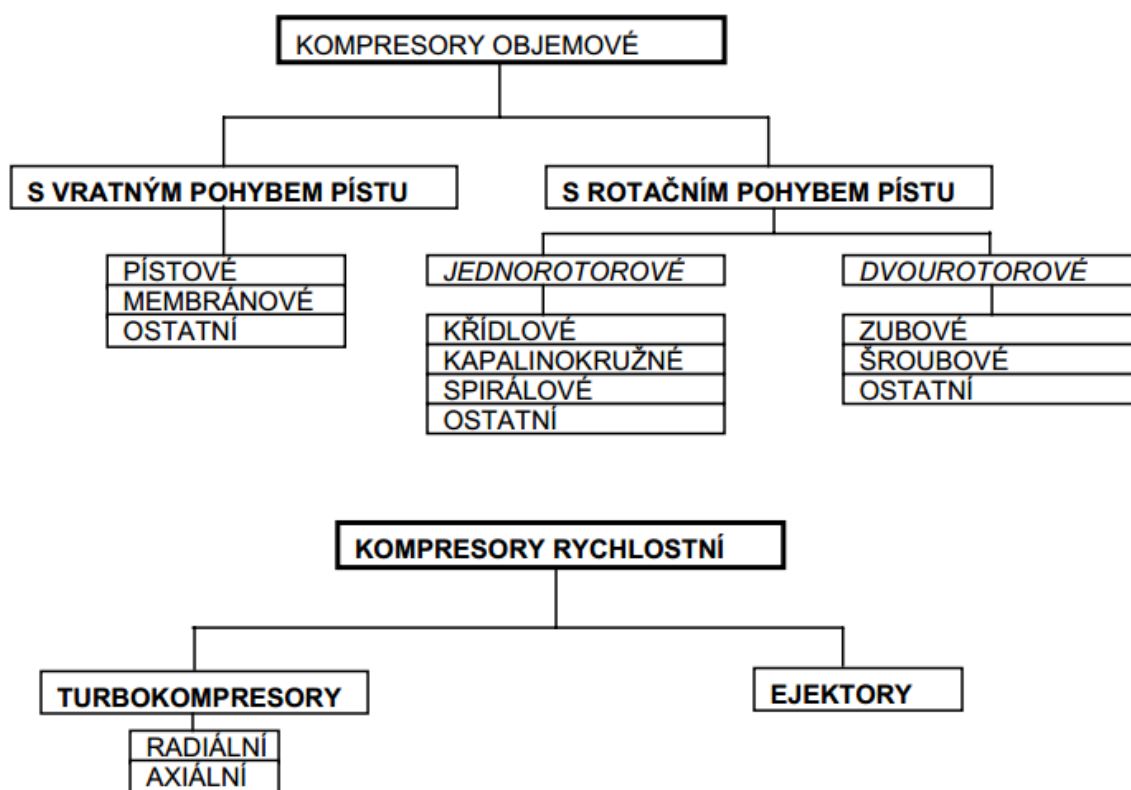
Základem vzduchem chlazených kondenzátorů je lamelová teplosměnná plocha. Kondenzátory jsou pro lepší odvod tepla osazeny ventilátory, ty mohou být axiální nebo radiální. Axiální ventilátory se používají u kondenzátorů umístěných ve venkovním prostředí, zatímco radiální ventilátory jsou osazeny u aparátů, které jsou umístěny uvnitř budov, k těm se vzduch přivádí vzduchotechnickým potrubím. V případě potravinářského chlazení jsou preferovány kondenzátory s axiálními ventilátory, ty se nejčastěji umísťují na střechu budov. Kondenzátory se vyrábějí v různém rozsahu hlučností, ta je dána parametry ventilátorů. Podle Brože (2014, s. 65) jsou u vzduchem chlazených kondenzátorů s axiálními ventilátory zavedeny energetické třídy, které vyjadřují energetickou náročnost odvodu tepla do okolí. Kondenzátory jsou rozděleny do pěti energetických tříd (A až E), kdy A označuje energeticky nejúspornější třídu. Regulace vzduchem chlazených ventilátorů se provádí pomocí změny otáček ventilátorů nebo vypínáním jednotlivých ventilátorů.

Odpařovací kondenzátory podle Brože (2014, s. 64) využívají latentního tepla odpařovací vody ve formě ve směsi se vzduchem. Kondenzátorem proudí vzduch a na teplosměnnou plochu je rozprašována voda. Kondenzátor je vybaven nádrží na vodu s plovákovým ventilem pro dopuštění hladiny vody, dále je vybaven čerpadlem a rozprašovacími tryskami. Podle klimatických podmínek se u odpařovacích kondenzátorů nastavují dva pracovní režimy, letní a zimní. Kdy v letním režimu

z důvodu lepšího odvodu tepla kondenzátor pracuje jako odpařovací a naopak v zimním režimu je kondenzátor chlazený pouze vzduchem.

### 7.3 Kompresory chladicích zařízení

Kompresor je stroj, díky kterému se dosahuje opětovného zvýšení tlaku plynu nebo páry zmenšováním jejich uzavřeného objemu. Podle pohybu pístu lze kompresory rozdělit na kompresory s vratným pohybem pístu a na kompresory s rotačním pohybem pístu.



Obr. 5 Rozdělení kompresorů podle pohybu pístu

Zdroj: Kompresory (Kaminský, s. 9)

„Objemové kompresory nasávají páry chladiva do pracovního prostoru a nasátý objem par postupně stlačují až na výsledný objem odpovídající výtlačnému tlaku, nebo velikosti výtlačné komory kompresoru“ (Brož, 2014, s. 28).

„Rychlostní kompresory nasávané páry chladiva urychlují na vysokou rychlost a pohybová energie takto vyvolaná se následně v difuzoru kompresoru přeměňuje na tlakovou energii“ (Brož, 2014, s. 28).

Dále lze kompresory měnit podle jejich provedení na:

- Hermetické kompresory

Pracovní mechanismus kompresoru je nerozebíratelně uzavřen do pláště kompresoru. Kompresor má vyvedena připojovací hrdla.

- Polohermetické kompresory

Jednotlivé části kompresoru jsou spojeny rozebíratelnými spoji. Polohermetické kompresory, tak lež na rozdíl od hermetických opravovat.

- Ucpávkové kompresory

U tohoto typu kompresorů se poháněcí mechanismus (elektromotor) připojuje přes spojku.

Podle Brože (2014, s. 28) je rozdíl mezi kompresory, které stlačují vzduch a kompresory používanými v chladicích systémech. Kompresory používané v chladicích systémech se nazývají chladivové kompresory a mají vysoké nároky především na těsnost. Stejně tak jsou zvýšené požadavky i na pevnostní navržení kompresoru a jeho částí. Tyto zvýšené požadavky jsou dány typem stlačovaného chladiva, únik chladiva do okolního prostoru kompresoru vždy znamená problém a to nejenom z environmentálního hlediska.

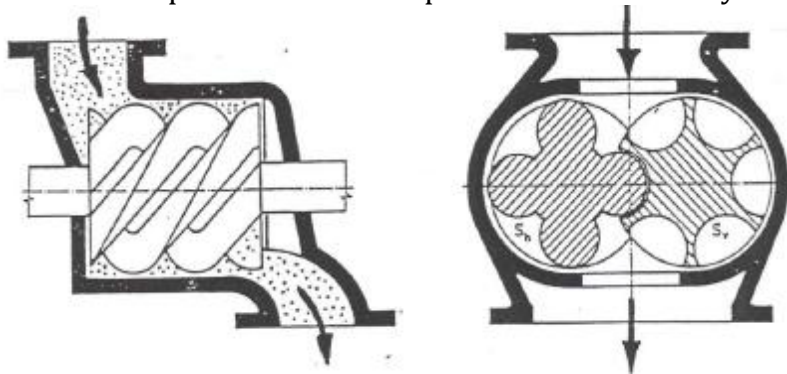
V další části jsou popsány nejpoužívanější typy kompresorů v chladicích systémech.

### **7.3.1 Pístové kompresory**

Pístové kompresory patří k nejrozšířenějšímu typům kompresorů vůbec, stejně tak to platí i v chladicí technice. Pístové kompresory stejně jako spalovací motory používají pro vratný pohyb pístu klikový mechanismus. Dalšími prvky pístových kompresorů jsou ojnice, píst, ventilový mechanismus a mazací systém. Brož (2014, s. 28) dále uvádí, že se v současné době používají kompresory se šikmou deskou, která nahrazuje klikový mechanismus. Šikmá deska se otáčí kolem svého středu a tím zajišťuje vratný pohyb jednoho nebo více pístu ve válci (valcích).

### 7.3.2 Šroubové kompresory

„Šroubové kompresory jsou moderní objemové kompresory, slučující v mnohém směru přednosti pístových, rotačních i dynamických kompresorů“ (Kaminský, 2009). Tyto kompresory svou konstrukcí připomínají Rootsovo dmychadlo. Podle provedení lze rozlišovat šroubové kompresory jedno rotorové a dvourotorové, a to jak ve verzi s mazáním, tak i ve verzi bezmazné. Podle Kaminského (2009, s. 58) jsou šroubové kompresory vhodné pro stlačování vlhkých a znečištěných plynů, z toho vyplývá vhodnost použití těchto kompresorů v chladicích systémech.



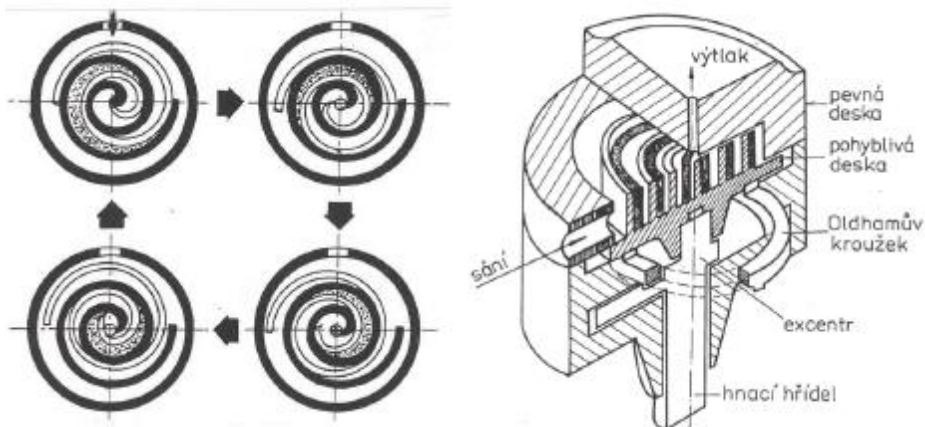
Obr. 6 Schéma šroubového kompresoru  
Zdroj: Kompresory (2009, s. 57)

Princip činnosti je následující: „páry chladiva jsou nasávány do prostoru mezi šrouby tím, že se při odvalování šroubů prostor mezi šrouby otevírá, aby se následně po nasátí par chladiva zase postupně uzavíral a stlačoval tak páry chladiva na úroveň výtlačného tlaku“ (Brož, 2014 s. 31). Předností tohoto typu kompresorů jsou malé rozměry a malý počet pohyblivých částí. Nevýhodou je především malý kompresní poměr.

### 7.3.3 Spirálové kompresory

Spirálové kompresory, také nazývané „Scroll“ jsou v současné době v případě potravinářského chlazení velmi rozšířené. Princip práce a konstrukční řešení spirálového kompresoru je znázorněno na obrázku číslo 7. „Pracovní prostor tvoří dvě kruhové desky s tvarově shodnými spirálovými lopatkami, které jsou v pracovní poloze vzájemně potočeny o 180°. Změnu objemu pracovního prostoru zajišťuje excentrem poháněná pohyblivá deska s kývavým pohybem. Pohybující se spirála (na obrázku světlá) se po statorové spirále odvaluje tak, že obíhá po kruhové dráze kolem jejího středu, kde je umístěn výtlač. Plyn se mezi spirály nasává po obvodu pevné des-

ky. Pracovní prostor se při pohybu zmenšuje a současně je plyn dopravován k výtlačku“ (Kaminský, 2009, s. 27). Podle Brože (2014, s. 35) konstrukce spirál určuje sací a výtlačný prostor kompresoru.



Obr. 7 Princip práce a řez spirálového kompresoru  
Zdroj: Kompresory (2009, s. 27)

Výhodou spirálových kompresorů je nízká úroveň vibrací a skutečnost, že nemá vlastně škodlivý prostor. Nevýhodou jsou potom odstředivé síly způsobené spirálami za chodu kompresoru.

#### 7.3.4 Turbokompresory

Jak již bylo uvedeno na obrázku číslo 5 (Obr. 5 Rozdělení kompresorů podle pohybu pístu), tak se turbokompresory dělí podle charakteru proudění par chladiva oběžným kolem na axiální a radiální. Tento typ kompresorů se používá především tam, kde jsou potřebné velké chladicí výkony. „Stlačení par chladiva v turbokompresoru je důsledkem snížení vysoké rychlosti par chladiva z oběžného kola v difuzoru kompresoru – pohybová energie par se přemění na tlakovou“. Otáčky turbokompresorů se pohybují v širokém rozmezí v závislosti na průměru oběžného kola a požadovaném výkonu – řádově od tisíce až po desítky tisíc otáček za minutu (Brož, 2014, s. 38). V případě potravinářského chlazení jsou turbokompresory rozšířeny tam, kde jsou potřeba velké chladicí výkony, typicky to mohou být velké chlazené distribuční sklady potravin nebo prodejny o velkém počtu chlazených a mražených pozic. Výhodou turbokompresorů je nízká úroveň hluku při provozu.

### 7.3.5 Sdružené kompresorové jednotky

V praxi se používají sdružené kompresorové chladicí jednotky, kdy je na společném rámu osazeno více kompresorů. Počet kompresorů je závislý na velikosti prodejny a potřebném chladicím či mrazicím výkonu. Kompresory jsou v jednotce spojeny paralelně a nahrazují tak jeden kompresor o velkém výkonu. Při použití více kompresorů menších výkonů je usnadněn také servis a případná oprava, kdy je snadnější vzhledem k hmotnosti vyměnit jeden kompresor menšího výkonu než jeden kompresor o velkém výkonu. Při použití sdružených kompresorových jednotek také vzrůstá provozní spolehlivost systému, kdy při poruše jednoho kompresoru nedojde k výpadku celého chladicího systému. V kompresorové chladicí jednotce (centrální jednotka chlazení) jsou kompresory rozděleny zvlášť pro chladicí a mrazicí okruh. Centrální jednotka chlazení se nejčastěji umísťuje ve strojovně chlazení. Jednotka je také vybavena vysokotlakým odlučovačem oleje na výtlaku kompresoru, jištěním a kompletní provozní automatikou. Součástí jednotky je také integrovaný silový a řídicí rozvaděč. Součástí jednotky je také integrované měření elektrického odběru pro celý chladicí a mrazicí systém. Jednotka se umísťuje na betonový základ, jehož hmotnost je 2x větší než hmotnost centrální chladicí jednotky a to z důvodů utlumení případných vibrací. Tyto jednotky se často vyrábějí na zakázku podle specifických potřeb určitého provozu.



Obr. 8 Příklad sdružené kompresorové jednotky  
Zdroj: Údržba chladicích zařízení (2007, s. 10)

## 7.4 Sběrače a odlučovače chladiva

### 7.4.1 Sběrače chladiva

„Sběrače chladiva jsou jedním z typů tlakových nádob používaných v chladicí technice. Podle konstrukce je lze rozdělit na stojaté nebo ležaté“ (Brož, 2014, s. 78). Sběrače jsou vybaveny hrdly pro připojení do okruhu a měřicími přístroji V potravinářském chlazení, které je, co se týká objemu chladiva velmi rozsáhlé, slouží sběrače chladiva pouze k plnění chladiva do okruhu nebo jako vyrovnávací zásobník kapalného chladiva. V případě zásahu do chladicího systému v podobě opravy je nutno chladivo odsát ze systému do lahví mimo okruh.

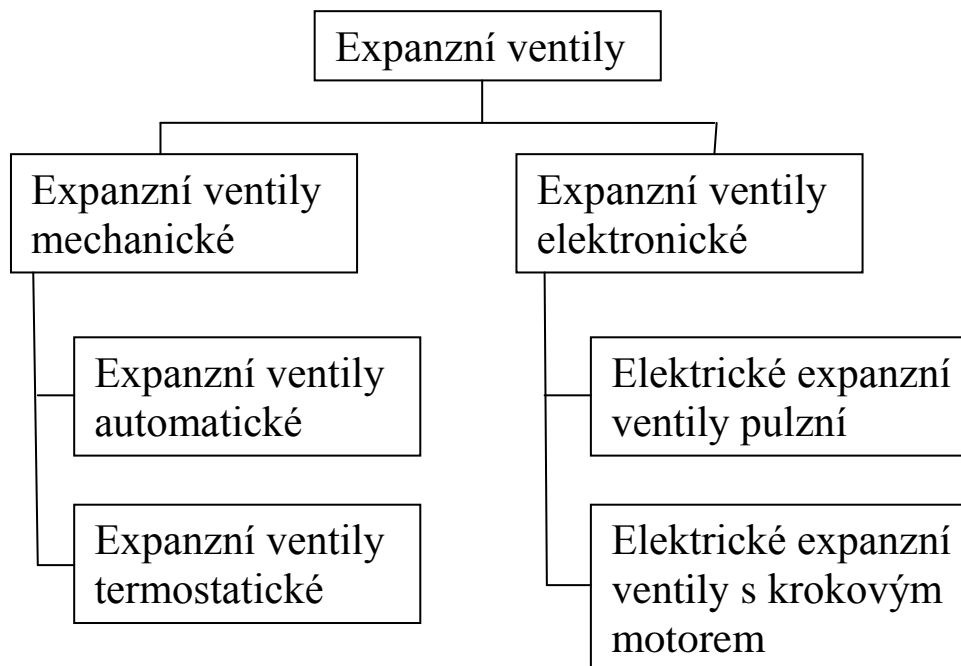
### 7.4.2 Odlučovače oleje

Odlučovač oleje je zařízení, které se osazuje za výtlak z kompresoru. „Za provozu odchází z kompresoru do chladicího okruhu směs par chladiva s určitým množstvím oleje. Olej postupně projde kondenzátorem, sběračem a přes výparník se vrací zpět do kompresoru. Může se stát, že se olej začne shromažďovat ve výparníku a z výparníku do kompresoru je unášeno velmi malé množství oleje (Brož, 2014, s. 19). Při nedostatku oleje v kompresoru může dojít k jeho zadírání pístů nebo mohou vzniknout škody na ložiscích kompresoru. Podle Brože olej nashromážděný ve výparníku pokrývá a postupně zaplavuje teplosměnnou plochu, to způsobuje pokles výkonu výparníku a zvýšenou spotřebu elektrické energie. Pro odloučení kapek oleje od par chladiva se používá snížení rychlosti par chladiva, změna směru proudění nebo uvedení par chladiva do rotačního pohybu. Ve spodní části odlučovače oleje je umístěn plovákový ventil, který odpouští olej ven z ventilu.

## 7.5 Zařízení pro řízení průtoku chladiva

### 7.5.1 Expanzní ventily

„Expanzní ventily vytvářejí v okruhu tlakové rozhraní mezi kondenzačním a vypařovacím tlakem. Zajišťují expanzi kapalného chladiva a dále zaručují, že do výparníku – v závislosti na jeho tepelném zatížení – je přiváděno pouze takové množství expandovaného chladiva, které se ve výparníku zcela vypaří“ (Brož, 2014, s. 81). Dělení expanzních ventilů podle funkce a konstrukce uvádí následující obrázek.



Obr. 9 Rozdělení expanzních ventilů  
Zdroj: Vlastní zpracování

V současné době se používají především elektronické expanzní ventily pulzní, proto budou v další části práce popsány. Přesto se v potravinářském chlazení vyskytují provozy, kde jsou stále osazeny termostatické expanzní ventily.

„Teplota a tlak chladiva na konci výparníku jsou snímány teplotním a tlakovým čidlem, toto čidlo předává řídicí jednotce ventilu informace o okamžitém stavu chladiva. Řídicí jednotka pak následně předává elektrické pulzní signály do příslušného ventilu“ (Brož, 2014, s. 95). Elektronické expanzní ventily jsou zahrnuty do centrálního elektronického systému řízení chlazení, kde lze zobrazit aktuální stav ventilu. Elektronické expanzní ventily mají tyto výhody:

- Nízká hlučnost
- Velký regulační rozsah
- Možnost použití jednoho ventilu pro více druhů chladiva



## 7.6 Potrubní rozvody

Potrubní rozvody chladiva slouží k propojení jednotlivých zařízení v chladicím systému, těmito zařízeními jsou výparníky osazené v chlazených a mražených boxech, distribuční nábytek na prodejní ploše, kondenzátor a v poslední době stále více využívaná rekuperace tepelné energie z chladicího systému. „*Dimenzování, způsob vedení a konstrukce mají vliv na hospodárnost, správnou funkci a bezpečnost při provozu zařízení*“ (Dvořák, 1971, s. 135). Jako materiál pro konstrukci se nejčastěji používá měď, která vyhovuje z hlediska pevnosti a těsnosti. Spojování potrubí se provádí tvrdou AG pájkou. Potrubní rozvody chladiva bývají vedeny nad podhledem prodejny na zavěšených lávkách, které jsou kotveny do stropní konstrukce. Všechny části potrubních rozvodů musí být přístupné pro pravidelné kontroly dle EN 378. Podle Dvořáka (1971, s. 138) se při navrhování potrubí musí respektovat následující zásady:

- Potrubí má být co nejkratší a nejpřímější, avšak pružné, tak aby zachycovalo dilatace a vibrace.
- Sací potrubí musí zabraňovat stržení kapalného chladiva do kompresoru.
- Sklon potrubí nesmí dávat nežádoucí směr stékání kapaliny.

Veškeré sací a kapalinové potrubí chladiva musí být včetně armatur od výparníku až ke sdružené kompresorové jednotce izolováno. Izolované potrubí vedené ve venkovním prostoru se opatřuje nátěrem, který chrání izolaci před UV zářením. Následující tabulka uvádí přehled používaných typů potrubních rozvodů chladiva a jejich definici.

Tab. 1 Základní pojmy potrubních rozvodů chladiva

Název sekce	Funkce a definice
Výtlačné potrubí	Přivádí stlačené páry chladiva z výtlaku kompresoru do kondenzátoru.
Potrubí kondenzátu	Přivádí kapalně chladivo z kondenzátoru do sběrače.
Kapalinové potrubí	Přivádí směs kapalného chladiva a oleje ze sběrače k expanznímu ventilu.
Potrubí expandovaného chladiva	Přivádí expandované chladivo z expanzního ventilu do výparníku.
Sací potrubí	Přivádí přehřáté páry a obíhající olej z výparníku do sání kompresoru.
Potrubí odtávání horkými parami chladiva	Přivádí stlačené horké páry chladiva z výtlaku kompresoru do odtávaných výparníků.

Zdroj: Chladicí a klimatizační technika (2014, s. 147)

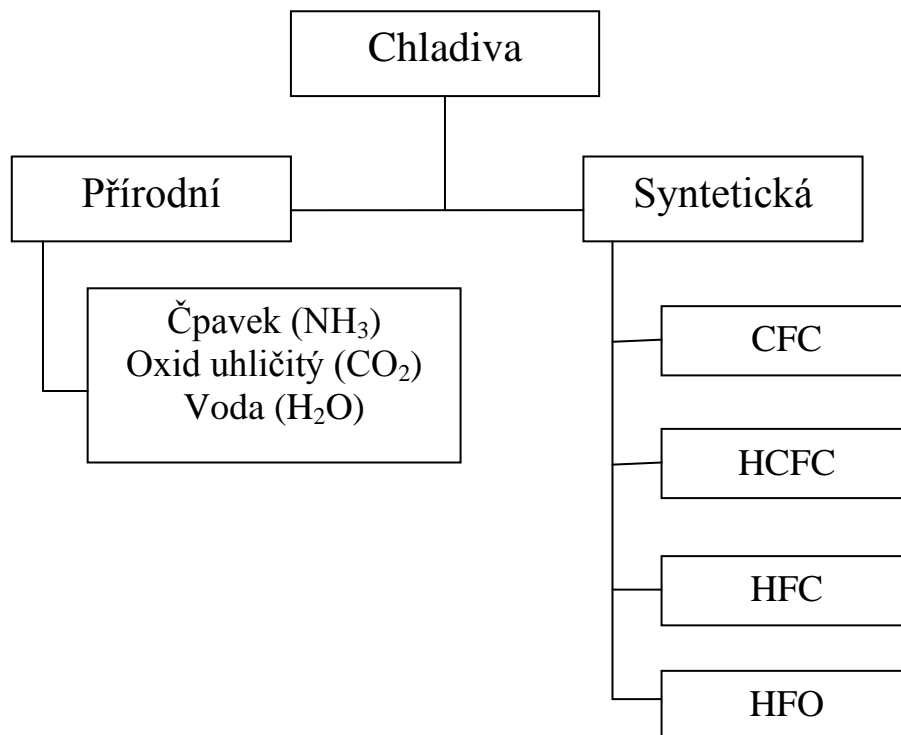
Rozhodujícím faktorem pro dimenzování jednotlivých sekcí potrubí je druh použitého chladiva, chladicí výkon, směr proudění chladiva a délka a členitost jednotlivých úseků sekce.

## 7.7 Chladiva

Jako chladivo je označována látka, která „přejímá teplo z okolí pro své vypařování při teplotě požadované pro chlazení a odevzdává teplo při kondenzaci za vyšší teploty a vyššího tlaku než při vypařování“. „Chladiva jsou jednoznačně označena svými chemickými značkami a názvy“ (Dvořák, 1971, s. 33). U halogenových uhlovodíkových chladiv a jiných organických chladiv je toto označení velice složité a proto mezinárodní normalizační komise (ISO) vydala nařízení, aby se chladiva označovala názvem chladivo (v příslušné řeči) nebo písmenem R a trojmístným číslem a písmenem na konci. Přírodní chladiva jsou označeny číslicí 7 na prvním místě za písmenem R. Druh použitého chladiva může významně ovlivnit technické parametry použitých kondenzátorů a výparníků v chladicím okruhu. Druh použitého chladiva také ovlivňuje dimenzi potrubního rozvodu chladiva. Požadavky na chladiva lze podle Dvořáka shrnout do pěti bodů a to na požadavky:

- Termodynamické (požadavky na tlaky, chladihost)
- Fyzikální (hořlavost, výbušnost, rozpustnost ve vodě)
- Chemické (působení na materiály, chemická stabilita, jedovatost)
- Environmentální (působení na životní prostředí a lidský organismus)
- Cena a dodací možnosti

Chladiva lze rozdělit podle způsobu jejich výroby nebo vzniku. Jak je uvedeno dále na obrázku číslo 10 (Obr. 10 Rozdělení chladiv), tak se chladiva dělí na přírodní a syntetická. Mezi přírodní chladiva se řadí čpavek (R717), oxid uhličitý (R744), voda (R718), V současné době se z přírodních chladiv nejvíce používá čpavek a oxid uhličitý. *„Voda je vynikající chladivo, velkým problémem však je u vody rozsah pracovních tlaků“* (Brož, 2014, s. 138). Syntetická chladiva se vyrábějí z uhlovodíků. *„Do molekuly přírodního uhlovodíku se přidávají atomy chloru, fluoru a případně bromu. Obecně se tato skupina nazývá halogenové uhlovodíky. Jejich fyzikální vlastnosti se výrazně mění podle druhu a počtu přidaných atomů chloru a fluoru“* (Brož, 2014, s. 138). Syntetická chladiva typu CFC jsou chlorované uhlovodíky. Jedná se především o chladiva R11, R12 a další. Častěji jsou známé jako freony. Chladiva typu CFC jsou z environmentálních důvodů zakázána a to již od roku 1994. Syntetická chladiva typu HCFC jsou hydrochlorfluorovodíková chladiva, typickým představitelem je chladivo R22. Tato chladiva se dlouhou dobu užívala ve víře, že jsou ideální a bezpečná vzhledem k životnímu prostředí. V roce 2000 se začala chladiva typu HCFC postupně omezovat, v současné době se nesmí používat. Chladiva typu HFC jsou fluorovodíky a nejvýznamnějším představitelem je chladivo R134a. Chladiva typu HFO patří do nově vyvinuté generace chladiv a v současné době nejsou příliš rozšířena. Zástupcem chladiv HFO je chladivo R1234yf a jedná se o fluoro – olefin a je povoleno jako chladivo do automobilů. Při hodnocení ekologického vlivu chladiv se používají tři ukazatele a to GWP, ODP a TEWI (vysvětlení viz kapitola 5 Zkratky a pojmy v chlazení).



Obr. 10 Rozdělení chladiv  
Zdroj: Vlastní zpracování

Jak již bylo uvedeno v kapitole 5 Zkratky a pojmy v chlazení, tak se chladiva dělí na zeotropická a azeotropická.

Podle Brože (2014, s. 140) jsou zeotropická chladiva tvořena dvěma nebo více složkami. Zeotropní chladivo se neustále chová jako směs dvou různých látek. Toho se využívá v chladicích systémech, kdy se nejprve vypaří nejtěkavější složka chladiva a poté se vypaří složka s nejvyšší vypařovací teplotou. Zeotropická chladiva mají označení R4xxx (příkladem může být R407F, R410A atd.). „Zeotropická chladiva se do okruhu musí vždy plnit v kapalném skupenství. Při úniku chladiva z okruhu je nutné celou náplň odsát a naplnit nové chladivo“ (Brož, 2014, s. 140).

Podle Brože (2014, s. 140) jsou azeotropická chladiva tvořena dvěma složkami a tyto složky se chovají jako čisté jednosložkové chladivo, z toho vyplývá, že tyto chladiva nemají rozptyl vypařovací teploty. Pro azeotropická chladiva je charakteristické označení začínající R5xxx (příkladem může být R507, R508 atd.). „Azeotropická chladiva se do okruhu mohou plnit ve formě páry nebo kapaliny. Při úniku chladiva z okruhu lze bez problémů toto chladivo doplnit“ (Brož, 2014, s. 140).

### 7.7.1 Zjišťování úniku chladiva

„Únik chladiva je nutno zjišťovat indikačními prostředky tehdy, když chladivo nevaruje svým zápachem, když je z bezpečnostních důvodů nutné varování i za nepřítomnosti člověka nebo tam, kde je třeba nalézt místo úniku chladiva“ (Dvořák, 1971, s. 79). Sondy úniku chladiva se umísťují do strojovny chlazení a na prodejní plochu v blízkosti distribučního chladicího nábytku. Elektronické sondy úniku chladiva, které se používají nejčastěji obsahují zvukovou a akustickou signalizaci alarmového stavu. Sondy úniku jsou propojeny s havarijní ventilací, tak že při zjištění úniku chladiva sepne havarijní odvětrání prostoru (strojovny nebo prodejní lochy).

## 7.8 Distribuční chladicí a mrazicí nábytek

Distribuční chladicí a mrazicí nábytek umožňuje vhodnou prezentaci vyloženého zboží a zároveň uchovává potraviny v předepsaných skladovacích teplotách, tak aby potraviny byly čerstvé a nedocházelo k jejich degradaci. V praxi se používají vitríny, které jsou napojeny na centrální potrubní rozvod chladiva, ale používají se i vitríny, které pracují se svým chladivem v okruhu vitríny (nejsou napojeny na centrální potrubní rozvod chladiva, tzv. zásuvkové vitríny). Distribuční chladicí a mrazicí nábytek je již z výroby vybaven řídicími a regulačními pozicemi, zobrazovacím displejem, teplotními sondami, vstřikovacím ventilem chladiva a potřebnou provozní automatikou. Pod každým chladicím a mrazicím nábytkem musí být umístěn odpad vybavený proti – zápachovou uzávěrkou pro odvod kondenzátu. Osazená provozní automatika zabezpečuje pravidelné odtávání výparníku (elektrické nebo prodlouženým chodem ventilátoru výparníku).

Kromě dělení distribučního nábytku na chladicí a mrazicí se nábytek může ještě dále dělit podle obslužnosti prodeje na:

- Vitríny obslužné
- Vitríny samoobslužné
- Vitríny kombinované

Podle provedení na:

- Vitríny uzavřené
- Vitríny otevřené

Podle umístění výparníku:

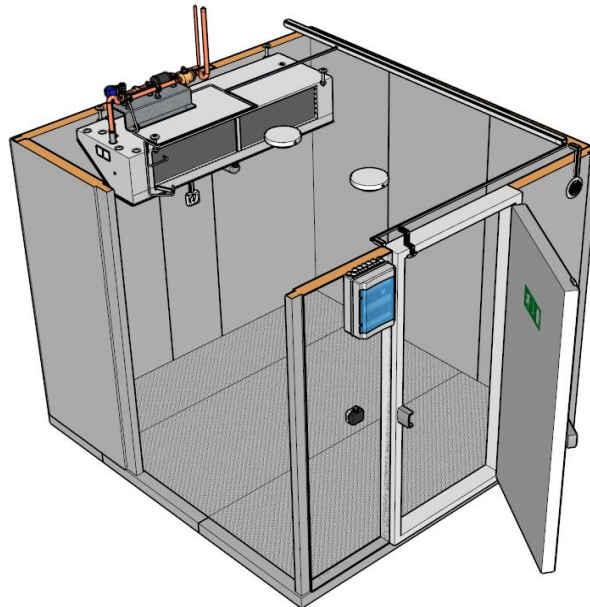
- Vitríny s výparníkem v zadní stěně
- Vitríny s výparníkem v dolním prostoru
- Vitríny s výparníkem v horní prostoru

Obslužné vitríny jsou určeny především pro prodej čerstvého masa, masných výrobků, uzenin, sýrů a cukrářských výrobků. Čelní strana z pohledu zákazníka je opatřena vysokým prosklením, vnitřní výbavu obslužných vitrín tvoří variabilní desky, rošty, stupně a dělicí stěny. Strana obsluhy je tvořena pracovní deskou, která umožňuje připevnit různé příslušenství (váhy, kráječe, pokladny). Vitríny jsou vychlazovány nucenou cirkulací vzduchu. Samoobslužné vitríny jsou určeny k prodeji mléka a mléčných výrobků, balených uzeniny a sýrů. Vitríny mohou být osazeny prosklenými dveřmi pro snížení spotřeby chladicího výkonu nebo vzduchovými clonami. Kombinované vitríny jsou zvláštním druhem nábytku, který při bočním pohledu připomíná kaskádu, kdy z pohledu zákazníka je v zadní části obslužný prodej (například uzenin) a v přední části je samoobslužný prodej (například sýrů).

## 7.9 Chladicí a mrazicí boxy

Chlazené komory v zázemí prodejen se sestavují ze sendvičových izolačních panelů a soustav rohových sloupků. Izolační jádro panelů je tvořeno polyuretanovou PUR pěnou. Tloušťka panelů se pohybuje od 60 do 130 mm, kdy pro mrazicí boxy se používají panely o větší tloušťce. Boxy se skládají z dílců, které se spojují systémem na bázi excentrických zámků, a umožňuje sestavit box o prakticky libovolné velikosti. V ostatních, starších potravinářských provozech (mlékárny, masný průmysl) se vyskytují i zděné chlazené komory. Jednotlivé chlazené komory jsou vybaveny výparníkem napojeným na potrubní rozvod chlazení, který zajišťuje vlastní chlazení komory. Dále jsou chlazené komory vybaveny provozní automatikou a řídicím rozvaděčem s elektronickým regulátorem. Řídicí automatika zabezpečuje vstřikování chladiva do výparníku a jeho pravidelné odtávání. Chladicí i mrazicí boxy jsou vybaveny systémem „MvK“, tedy muž v komoře. Tento systém obsahuje prosvícené tlačítko umístěné uvnitř boxu, které při stisknutí informuje obsluhu na vzdáleném monitoringu chlazení o uzavření osoby uvnitř boxu. Signalizace je jednak zvuková (přímo v zázemí prodejny) i systémová (vzdálený monitoring chlazení). Systém „MvK“ musí být ze zákona použit u prostor s podnulovou teplotou – mrazicích boxech. V chladicích boxech se tento systém osazuje na přání investora. Pro odvod zkondenzované vody z výparníku jsou chladicí i mrazicí boxy vybaveny odpadem s proti – zápachovou uzávěrkou. Odpadní potrubí v mrazicích boxech je vybaveno topným kabelem, který zabraňuje zamrznutí zkondenzované vody z výparníku, přičemž zápachová uzávěrka musí být z důvodu rizika zamrznutí

umístěna mimo mrazicí box. Mrazicí boxy jsou vybaveny dveřními tepelně izolačními clonami (vzduchovými nebo PVC clonami) pro udržení optimální teploty při otevřených dveřích do boxu. Mrazicí boxy jsou vybaveny tepelně vyhřívanými zárubněmi, aby nedocházelo k jejich zamrznutí. Mrazicí i chladicí boxy jsou vybaveny dveřními snímači, tyto snímače zabezpečují vypnutí výparníku na předem nastavenou dobu při otevřených dveřích boxu.



Obr. 11 Stavebnicový chladicí/mrazicí box  
Zdroj: Údržba chladicích zařízení

## 8 Praktická část a výsledky práce

Praktická část diplomové práce je rozdělena do dvou souvisejících kapitol. První kapitola praktické části má za úkol technicky a ekonomicky popsat současný stav vybraného potravinářského provozu. V druhé kapitole praktické části je navrženo optimalizační řešení potravinářského chlazení.

Z důvodu ochrany údajů zákazníka není v další části práce uveden název potravinářského řetězce a není ani specifikováno umístění potravinářského provozu, na kterém je provedena technickoekonomická analýza.

### 8.1 Technickoekonomická analýza současného stavu vybraného provozu

#### 8.1.1 Specifikace vybraného provozu

Jako potravinářský provoz k provedení technické a ekonomické analýzy byla vybrána prodejna, která je popsána v následující tabulce.

Tab. 2 Parametry potravinářského provozu

Parametry potravinářského provozu	
Rok uvedení do provozu	2002
Venkovní výpočtová teplota - letní	+ 36 °C
Výpočtová teplota vzduchu na prodejně	+ 25 °C
Výpočtová vlhkost na prodejně	do 60 %
Velikost prodejní plochy	1 200 m <sup>2</sup>
Použité chladivo	R 404A
GWP R404A	3780
Množství chladiva	350 kg

Zdroj: Vlastní zpracování

Koncepčně je stávající stav chlazení řešeno dvěma chladicími okruhu, jeden okruh je určen pro chladicí část a druhý okruh je určen pro mrazicí část. Jako zdroj chladu jsou použity dvě identické sdružené kompresorové jednotky (popis v kapi-



tole 8.1.2) vybavené dvěma externími vzduchem chlazenými kondenzátory (popis v kapitole 8.1.3). Technologie je vybavena elektronickým řízením. Jednotlivé chladicí boxy jsou vybaveny výparníky s elektronickými vstřikovacími ventily. Uvedená technologie pracuje s náplní chladiva R404A. Chlazení je provedeno přímým odpařením chladiva ve výparnicích v chladicím a mrazicím distribučním nábytku a ve výparnicích umístěných v chlazených a mražených boxech.

Obrázek číslo 12 (Obr. 12 Přehled chlazených a mražených zařízení) udává přehled o rozmístění distribučního nábytku a chlazených a mražených komor. Na obrázku lze rozeznat, že daný provoz obsahuje šest chladicích boxů a dva mrazicí boxy. Chladicí a mrazicí boxy jsou z polyuretanových sendvičových panelů spojených excentrickými zámkami. Šířka panelů chladicích boxů je 60 mm a šířka panelů mrazicích boxů je 100 mm. Dále je prodejna vybavena jedenácti chladicími přístěnnými vitrínami, čtyřmi obsluhovanými vitrínami a třemi kusy mrazicích přístěnných vitrín. Každé chladicí zařízení je označeno písmenem N a dvoumístným číslem. U každé pozice je znázorněna aktuální teplota, žlutě podbarvené teploty znázorňují právě probíhající odtávání výparníků.

Následující tabulka (Tab. 3 a 4) udává přehled o energetické náročnosti jednotlivých zařízení, která jsou připojená na chladicí a mrazicí okruh. Tabulka je rozdělena na část chladicí a na část mrazicí, tyto části jsou dále rozděleny na distribuční nábytek a na boxy. Označení prostoru specifikuje druh prodáváných potravin, aplikace specifikuje použitý distribuční nábytek, v případě boxů aplikace specifikuje osazený výparník. Chladicí nábytek není vybaven otevíracími dveřmi, ale pouze jednoduchými vzduchovými clonami, které nejsou schopny zabránit úniku chladu stejně efektivně jako dvojitě vzduchové clony nebo prosklené dveře s tepelně izolační výplní. Osazení chladicího nábytku dvojitými vzduchovými clonami pro snížení energetické náročnosti bude jedním z optimalizačních řešení. Chladicí výkon jednotlivých částí distribučního nábytku a výparníků vychází z dostupných datových listů.

Tab. 3 Specifikace technologie mražených pozic

N	Pozice	Typ	Označení prostoru	Aplikace	Doba chodu	Chladicí výkon
-	-	-	-	-	[h]	[W]
1	N 10	Mrazicí box	Pečivo	LUC 550E	18	3 150
2	N 13	Mrazicí box	Potraviny	LUC 550E	18	3 500
3	N 35	Mrazicí kombinace	Mražené produkty	Baltic 3750	22	2 750
4	N 36	Mrazicí kombinace	Mražené produkty	Baltic 3750	22	2 750
5	N 37	Mrazicí kombinace	Mražené produkty	Baltic 2500	22	1 850
<b>Součet chladicího výkonu jednotlivých pozic</b>						<b>14 000</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

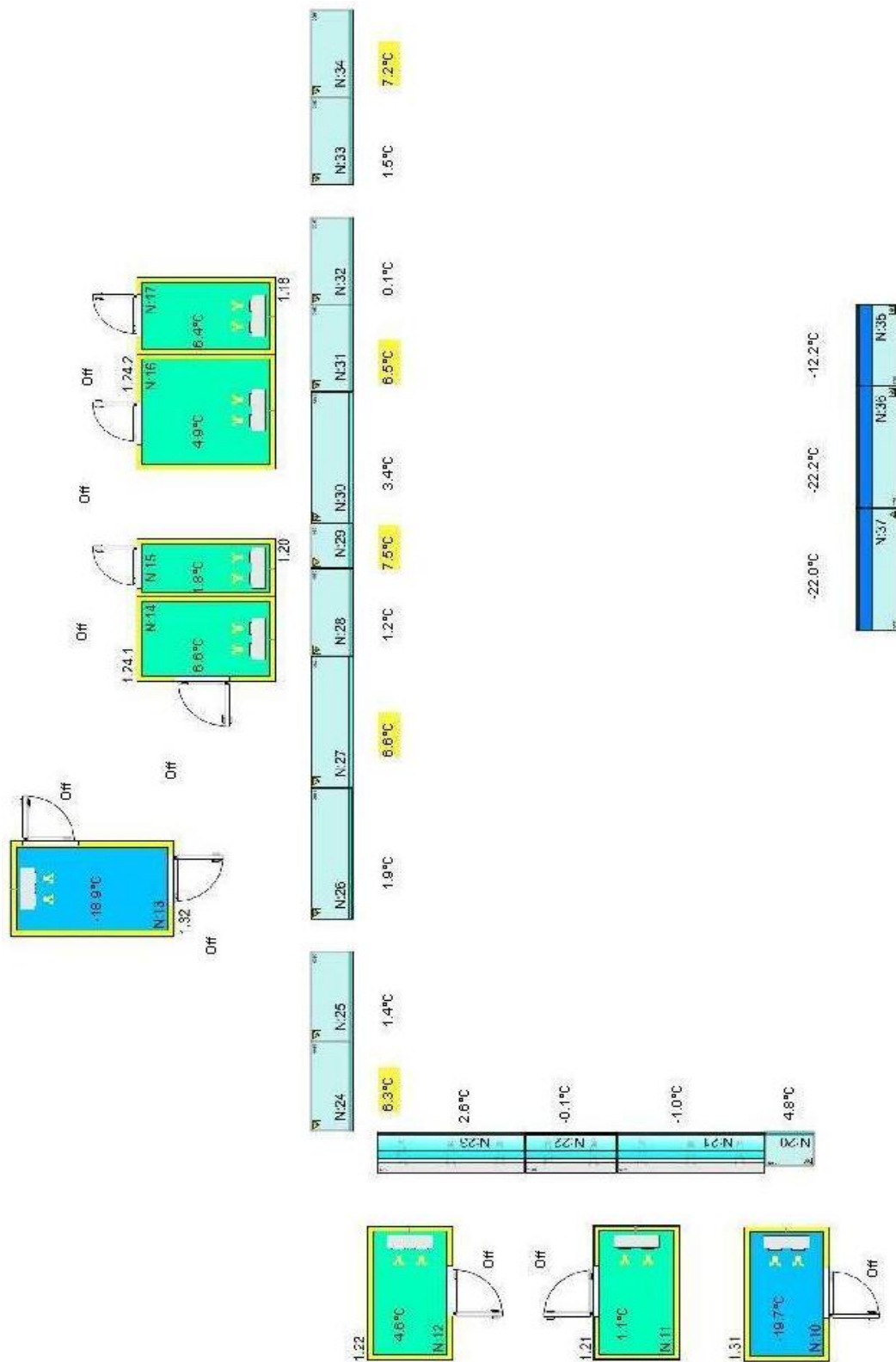
Uvedený chladicí výkon mražených pozic je stanoven na základě dostupných datových listů dané technologie. Chladicí výkon je stanoven při vypařovací teplotě  $-35\text{ °C}$ , při této vypařovací teplotě je prostorová teplota v distribučním nábytku a mrazicích boxech  $-21$  až  $-23\text{ °C}$ . Tato prostorová teplota je vhodná k dlouhodobému skladování mražených potravin. Uvedené výparníky jsou od výrobce Friga – Bohn a uvedený distribuční mrazicí nábytek je od výrobce Ahmet Yar.

Uvedený chladicí výkon chlazených pozic (Tab. 4) je stanoven na základě dostupných datových listů. Chladicí výkon je stanoven při vypařovací teplotě  $-10\text{ °C}$ , při této vypařovací teplotě je prostorová teplota v distribučním chladicím nábytku a chladicích boxech v rozmezí  $0$  až  $+6\text{ °C}$ . Uvedené výparníky jsou od výrobce Friga – Bohn a distribuční nábytek je od výrobce Ahmet Yar.

Tab. 4 Specifikace technologie chlazených pozic

N	Pozice	Typ	Označení prostoru	Aplikace	Doba chodu	Chladicí výkon
-	-	-	-	-	[h]	[W]
1	N 11	Chladicí box	Maso	LUC 440E	17	2 450
2	N 12	Chladicí box	Uzeniny	LUC 440E	17	2 250
3	N 14	Chladicí box	Mléčné	LUC 350E	16	2 380
4	N 15	Chladicí box	Drůbež	LUC 350E	17	2 000
5	N 16	Chladicí box	Mléčné	LUC 550E	16	2 750
6	N 17	Chladicí box	Ovoce a zelenina	LUC 350E	16	2 250
7	N 20	Obslužná vitrína	Zákusky	zB5 1250	22	1 600
8	N 21	Prodejná vitrína	Uzeniny	Tradit3750	22	1 900
9	N 22	Prodejná vitrína	Uzeniny	Tradit 2500	22	1 250
10	N 23	Prodejná vitrína	Sýry	Tradit 3750	22	1 900
11	N 24	Přístěnná vitrína	Uzeniny	TD 2500	22	3 150
12	N 25	Přístěnná vitrína	Uzeniny	TD 2500	22	3 150
13	N 26	Přístěnná vitrína	Mléčné	TD 3750	22	4 750
14	N 27	Přístěnná vitrína	Mléčné	TD 3750	22	4 750
15	N 28	Přístěnná vitrína	Mléčné	TD 2500	22	3 150
16	N 29	Přístěnná vitrína	Promo	TD 1250	22	1 600
17	N 30	Přístěnná vitrína	Mléčné	TD 3750	22	4 750
18	N 31	Přístěnná vitrína	Mléčné	TD 2500	22	3 150
19	N 32	Přístěnná vitrína	Drůbež	TD 2500	22	3 150
20	N 33	Přístěnná vitrína	Maso	TD 2500	22	3 150
21	N 34	Přístěnná vitrína	Ovoce a zelenina	TD 2500	22	3 150
<b>Součet chladicího výkonu jednotlivých pozic</b>						<b>58 630</b>

Zdroj: Vlastní zpracování



Obr. 12 Přehled chlazených a mražených zařízení  
Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka číslo 5 a 6 zobrazuje celkový elektrický příkon při různých režimech chladicího zařízení. Veškerý distribuční nábytek a výparníky osazené v boxech jsou vybaveny elektrickým odtáváním, maximální elektrický příkon při odtávání všech výparníků by byl 26,1 kW v případě chladicí části a 20,8 kW v případě mrazicí části. Odtávání všech výparníků zároveň se v praxi nevyskytuje, výparníky odtávají podle stanoveného časového plánu a proto je relevantnější maximální elektrický příkon pozic podle časového plánu odtávání. U tabulky číslo 6 přibyla položka elektrického příkonu výhřevu hran, a to z toho důvodu, že mrazicí boxy jsou vybaveny elektrickým výhřevem hran zárubní dveří (teploty v distribučním mrazicím nábytku a mrazicích boxech jsou nastaveny na -20 °C).

Tab. 5 Elektrické příkony připojených zařízení chladicí části

Elektrický příkon ventilátorů	2,3 kW
Elektrický příkon odtávání	22,9 kW
Elektrický příkon osvětlení	0,9 kW
Max. elektrický příkon (včetně odtávání)	26,1 kW
Max. elektrický příkon (bez odtávání)	3,2 kW
Max. elektrický příkon (dle časového plánu odtávání)	14,4 kW

Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 6 Elektrické příkony připojených zařízení mrazicí části

Elektrický příkon ventilátorů	0,5 kW
Elektrický příkon odtávání	16,9 kW
Elektrický příkon osvětlení	0,9 kW
Elektrický příkon výhřevu hran	2,5 kW
Max. elektrický příkon (včetně odtávání)	20,8 kW
Max. elektrický příkon (bez odtávání)	3,9 kW
Max. elektrický příkon (dle časového plánu odtávání)	10,3 kW

Zdroj: Vlastní zpracování

### 8.1.2 Specifikace stávající sdružené kompresorové jednotky

Jako zdroj chladu pro distribuční nábytek, chladicí a mrazicí boxy jsou ve stávajícím stavu ve strojovně chlazení osazeny dvě identické sdružené kompresorové jednotky chlazení (dále jen SKJ). Jednotky jsou od výrobce JDK. Jedna SKJ je určena pro chladicí okruh a druhá SKJ je určena pro mrazicí okruh. Každá z dvojice SKJ je vybavena pístovými kompresory, které jsou osazeny na společném rámu jednotky. Dvě SKJ jsou ve strojovně chlazení z důvodu možností tehdejších technologií. Přehled o technických parametrech SKJ udává následující tabulka (Tab. 7 Technické parametry SKJ).

Tab. 7 Technické parametry stávající SKJ

<b>Sdružená kompresorová jednotka chladicí</b>	
Chladicí výkon	72 kW (při $t_o - 8\text{ °C}$ )
Počet kompresorů	3
Hmotnost	1280 kg
Délka	2600 mm
Šířka	1200 mm
Výška	2100 mm
Hladina akustického tlaku	86 dB
<b>Sdružená kompresorová jednotka mrazicí</b>	
Mrazicí výkon	16,5 kW (při $t_o - 36\text{ °C}$ )
Počet kompresorů	3
Hmotnost	1280 kg
Délka	2600 mm
Šířka	1200 mm
Výška	2100 mm
Hladina akustického tlaku	86 dB

Zdroj: Vlastní zpracování

### 8.1.3 Specifikace stávajících kondenzátorů

Stávající stav technologie chlazení obsahuje dva vzduchem chlazené kondenzátory od výrobce Friga Bohn. Dva kondenzátory byly navrženy s ohledem na zvolenou technologii chlazení (dvě sdružené kompresorové jednotky) a s ohledem na tehdejší technologické možnosti. Jeden kondenzátor je navržen pro chladicí okruh a druhý kondenzátor je navržen pro mrazicí okruh. Následující tabulka udává přehled o technických parametrech kondenzátorů.

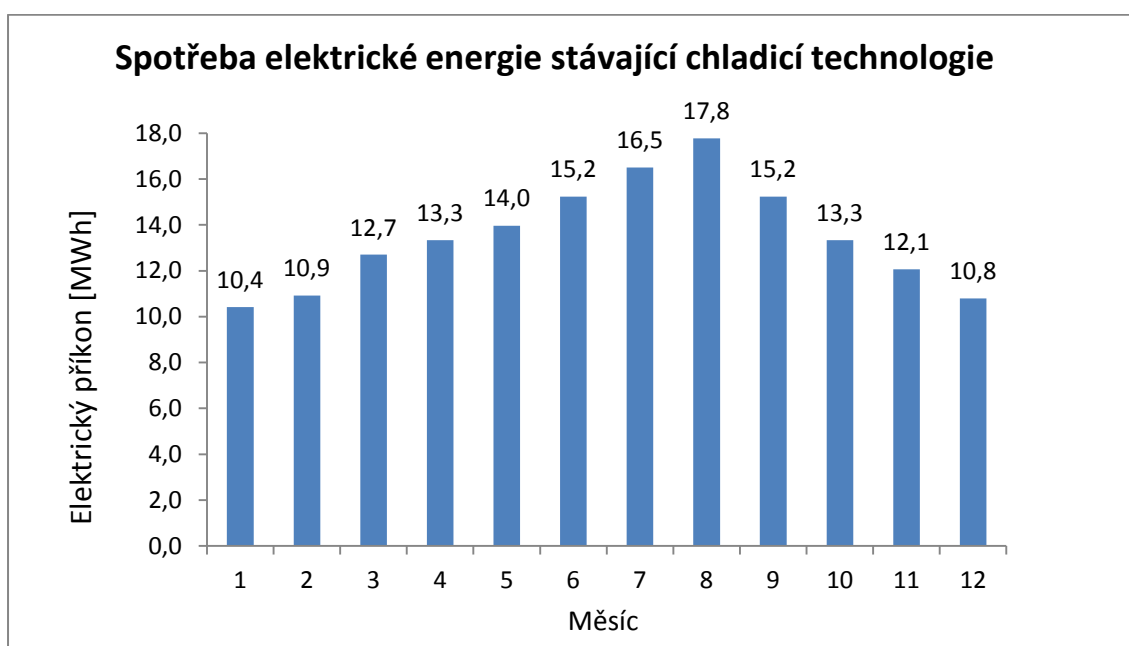
Tab. 8 Technické parametry stávajících kondenzátorů

<b>Kondenzátor chladicí</b>	
Typ kondenzátoru	ECA 223 P06 12P
Délka	4496
Šířka	2309
Výška	1181
Hmotnost	855 kg
Teplosměnná plocha	652 m <sup>2</sup>
Hladina akustického výkonu	80 dB
Hladina akustického tlaku	42 dB
<b>Kondenzátor mrazicí</b>	
Typ kondenzátoru	ECS 065 L02 16P
Délka	3094
Šířka	1260
Výška	1181
Hmotnost	400 kg
Teplosměnná plocha	271 m <sup>2</sup>
Hladina akustického výkonu	65 dB
Hladina akustického tlaku	27 dB

Zdroj: Vlastní zpracování

### 8.1.4 Spotřeba elektrické energie technologie chlazení stávajícího stavu

Ke stanovení spotřeby elektrické energie technologie chlazení stávajícího stavu byl použit monitorovací program chladicí technologie Zabbix. Tento program vyhodnocuje poruchové stavy chladicí technologie, vyhláší alarmy v případě poruchového stavu a měří spotřebu elektrické energie chladicí technologie. Následující graf (Obr. 13) udává velikost celkové spotřeby elektrické energie chladicí technologie v jednotlivých měsících.



Obr. 13 Graf spotřeby elektrické energie technologie chlazení v MWh  
Zdroj: Vlastní zpracování

Z grafu je zřejmé, že spotřeba elektrické energie chladicí technologie narůstá s rostoucí venkovní teplotou. Kdy v zimních a podzimních měsících spotřeba technologie dosahuje nejnižších hodnot, zatím co v letních měsících spotřeba technologie vykazuje nejvyšší hodnoty. Celkovou roční spotřebu elektrické energie chladicí technologie uvádí následující tabulka. Roční spotřeba elektrické energie chladicí technologie je 162,3 MWh.



Tab. 9 Spotřeba elektrické energie stávající technologie chlazení

Roční spotřeba elektrické energie	162,3 MWh
Průměrná elektrická spotřeba měsíční	13,52 MWh
Průměrná elektrická spotřeba denní	0,444 MWh

Zdroj: Vlastní zpracování

## 8.2 Navrhované optimalizační parametry chlazení potravinářského provozu

### 8.2.1 Popis navrhovaného stavu

S ohledem na vzrůstající ceny energií bylo zvoleno provozně úsporné technické řešení technologie chlazení. Stejně jako ve stávajícím stavu, tak i při navrhovaném novém stavu bude chlazení provedeno přímým odparem chladiva ve výparnicích v chladicím a mrazicím prodejním nábytku a ve výparnicích umístěných v chlazených a mražených prostorech. Prvním optimalizačním řešením pro úsporu energie bude využití odpadního kondenzačního tepla, které vzniká při chlazení pro ohřev TUV a ohřev části prodejní plochy. Jako zdroj chladu pro chladicí i mrazicí okruh je navržena kompaktní sdružená kompresorová jednotka vybavená externím vzduchem chlazeným kondenzátorem. Technologie bude vybavena elektrickým mikroprocesorovým řízením a elektrickými vstřikovacími ventily. Navržená technologie bude pracovat s náplní chladiva R407F, které splňuje ekologické i hygienické požadavky a vyhovuje požadavkům zákona o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb.. Dalšími optimalizačními řešeními pro úsporu energie je výměna distribučního chladicího nábytku za úspornější typy a oprava boxů.

Pro lepší přehlednost je uveden výčet navržených optimalizačních řešení:

- Výměna kondenzátorů
- Využití odpadního tepla chlazení pro ohřev TUV
- Výměna sdružené kompresorové jednotky
- Výměna chladiva R404A za chladivo R407F
- Výměna distribučního nábytku

Chladicí zařízení tvoří vlastní chladicí a mrazicí distribuční nábytek, chladicí a mrazicí boxy, chladiče vzduchu (výparníky), sdružená kompresorová jednotka, vzduchem chlazený kondenzátor chladiva, řídicí rozvaděče jednotlivých pozic, monitorovací systém včetně vyhodnocení poruchových stavů a vzdáleného přístupu,

propojovací měděné potrubí a elektroinstalace mezi řídicím rozvaděčem a chladičím zařízením.

### 8.2.2 Specifikace navrhovaného stavu

Z hlediska rozmístění a počtu distribučního chladičoho a mrazicoho nábytku a boxů zůstává navrhovaný stav stejný jako stav stávající. Označení jednotlivých pozic a prodávaného zboží zůstává nadále stejné jako ve stávajícím stavu před modernizací. V navrhovaném stavu dojde k výměně výparníků v boxech a k výměně distribučního nábytku za úspornější typy, které budou vybaveny dvojitými vzduchovými clonami za účelem zmenšení energetické náročnosti. Následující tabulka (Tab. 10 Specifikace navržené technologie mražených pozic) udává přehled o navržených typech výparníků a distribučního nábytku a o jejich chladičím výkonu. Tabulka číslo 11 (Tab. 11 Specifikace navržené technologie chlazených pozic) udává přehled navržené technologie chlazených pozic.

Tab. 10 Specifikace navržené technologie mražených pozic

N	Pozice	Typ	Označení prostoru	Aplikace	Doba chodu	Chladičí výkon
-	-	-	-	-	[h]	[W]
1	N 10	Mrazicí box	Pečivo	GDF 030.1C/27	18	3 700
2	N 13	Mrazicí box	Potraviny	GDF 030.1C/27	18	3 700
3	N 35	Mrazicí kombinace	Mražené produkty	Pelican 3750	22	1200
4	N 36	Mrazicí kombinace	Mražené produkty	Pelican 3750	22	1 200
5	N 37	Mrazicí kombinace	Mražené produkty	Pelican 2500	22	900
<b>Součet chladičoho výkonu jednotlivých pozic</b>						<b>10 700</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Uvedený chladicí výkon mražených pozic je stanoven na základě dostupných datových listů této technologie. Navrhovaná vypařovací teplota je  $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$ , prostorová teplota je  $-18$  až  $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Navržené výparníky jsou od výrobce Guntner a distribuční nábytek je navržen od výrobce Arneg.

Tab. 11 Specifikace navržené technologie chlazených pozic

<b>N</b>	<b>Pozice</b>	<b>Typ</b>	<b>Označení prostoru</b>	<b>Aplikace</b>	<b>Doba chodu</b>	<b>Chladicí výkon</b>
-	-	-	-	-	[h]	[W]
1	N 11	Chladicí box	Maso	GDF 030.1C/14	17	2 300
2	N 12	Chladicí box	Uzeniny	GDF 030.1C/14	17	2 300
3	N 14	Chladicí box	Mléčné	GDF 030.1C/14	16	2300
4	N 15	Chladicí box	Drůbež	GDF 030.1B/14	17	1 800
5	N 16	Chladicí box	Mléčné	GDF 020.1C/24	16	2 800
6	N 17	Chladicí box	Ovoce a zelenina	GDF 030.1C/14	16	2 300
7	N 20	Obslužná vitrína	Zákusky	Sydney 3 H150 1250	22	1 100
8	N 21	Prodejní vitrína	Uzeniny	Sydney 3 VCB 3750	22	750
9	N 22	Prodejní vitrína	Uzeniny	Sydney 3 VCB 2500	22	500
10	N 23	Prodejní vitrína	Sýry	Sydney 3 SELF 3750	22	950
11	N 24	Přístěnná vitrína	Uzeniny	Berlino CLF 2500	22	2 850
12	N 25	Přístěnná vitrína	Uzeniny	Berlino CLF 2500	22	2 850
13	N 26	Přístěnná vitrína	Mléčné	Berlino 3 CLF 3750	22	4 250
14	N 27	Přístěnná vitrína	Mléčné	Berlino 3 CLF 3750	22	4 250
15	N 28	Přístěnná vitrína	Mléčné	Berlino 3 CLF 2500	22	2 850
16	N 29	Přístěnná vitrína	Promo	Berlino 3 CLF 1250	22	1 400

17	N 30	Přístěnná vitrína	Mléčné	Berlino 3 CLF 3750	22	4 250
18	N 31	Přístěnná vitrína	Mléčné	Berlino 3 CLF 2500	22	2 850
19	N 32	Přístěnná vitrína	Drůbež	Berlino 3 CLF 2500	22	2 850
20	N 33	Přístěnná vitrína	Maso	Berlino 3 CLF 2500	22	2 850
21	N 34	Přístěnná vitrína	Ovoce a zelenina	Berlino 3 CLF 2500	22	2 850
<b>Součet chladicího výkonu jednotlivých pozic</b>						<b>51 200</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Uvedený chladicí výkon chlazených pozic je stanoven na základě dostupných datových listů výše uvedené technologie. Navrhovaná vypařovací teplota je  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , při této vypařovací teplotě je prostorová teplota v chlazených prostorech v rozmezí  $+2$  až  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Následující tabulky (Tab. 12 a 13) uvádějí náročnost na elektrické energie navržené technologie.

Tab. 12 Elektrické příkony připojených zařízení chladicí části – navrhovaný stav

Elektrický příkon ventilátorů	1,7 kW
Elektrický příkon odtávání	6,5 kW
Elektrický příkon osvětlení	0,7 kW
Max. elektrický příkon (včetně odtávání)	8,9 kW
Max. elektrický příkon (bez odtávání)	2,4 kW
Max. elektrický příkon (dle časového plánu odtávání)	5,9 kW

Tab. 13 Elektrické příkony připojených zařízení mrazicí části

Elektrický příkon ventilátorů	0,3 kW
Elektrický příkon odtávání	17,5 kW
Elektrický příkon osvětlení	0,5 kW
Elektrický příkon výhřevu hran	2,5 kW
Max. elektrický příkon (včetně odtávání)	20,8 kW
Max. elektrický příkon (bez odtávání)	3,9 kW
Max. elektrický příkon (dle časového plánu odtávání)	8,3 kW

Zdroj: Vlastní zpracování

Porovnáme-li tabulky elektrických příkonů připojených zařízení stávající technologie a navržené, tak zjistíme, že navržená technologie je méně náročná na příkony elektrické energie.

### 8.2.3 Specifikace navrhované sdružené kompresorové jednotky

Jako zdroj chladu pro distribuční nábytek a chladicí a mrazicí boxy je navržena centrální kompresorová jednotka. Chladicí jednotka obsahuje na společném rámu čtyři hermetické scroll kompresory ZS 56 pro chladicí část a tři hermetické scroll kompresory ZF 15 pro mrazicí část. Jednotka je vybavena vysokotlakým odlučováním oleje na výtlaku kompresoru a kompletní provozní automatikou. Navržená sdružená kompresorová jednotka je od společnosti JDK.

Tab. 14 Technické parametry navrhované SKJ

Typ SKJ	SME - S4 - ZS56/SLE - S3 - ZF15
Chladicí výkon	54,48 kW
Příkon (chladicí část)	21,52 kW
Vypařovací teplota (chladicí)	-10 °C
Mrazicí výkon	14 kW
Příkon (mrazicí část)	8,85 kW
Vypařovací teplota (mrazicí)	-33 °C
Hmotnost	1307 kg
Délka	2550 mm
Šířka	750 mm
Výška	1550 mm
Hladina akustického tlaku	58 dB/Lp
Chladivo	R407F
GWP R407F	1824
Množství chladiva	150 kg

Zdroj: Datové listy JDK

#### 8.2.4 Specifikace navrhovaného kondenzátoru

Pro odvod kondenzačního tepla z technologie centrální chladicí jednotky je navržen vzduchem chlazený kondenzátor. Kondenzátor je vybaven soustavou čtyř axiálních ventilátorů, které zvyšují účinnost odvodu odpadního tepla. Ventilátory jsou vybaveny plynulou regulací počtu otáček, podle požadavků regulátoru ze sdružené kompresorové jednotky. Tento typ kondenzátoru je určen pro vertikální montáž a je navržen od společnosti JDK.

Tab. 15 Specifikace navrhovaného kondenzátoru

Typ	KNO 250 - 4x550
Chladicí výkon	82,0 kW
Elektrický příkon	2,56 kW
Hmotnost	267 kg (bez náplně chladiva)
Délka	1800 mm
Šířka	700 mm
Výška	1865 mm
Hladina akustického tlaku	56 dB/Lp

Zdroj: Datové listy JDK

### 8.2.5 Specifikace rekuperace

Odpadní teplo, které produkují chladicí zařízení je tvořeno teplem odebraným z jednotlivých chlazených prostorů a je doplněno o vlastní práci kompresorů jako tepelného stroje. Obě dvě složky jsou u běžných technologií odváděny pomocí par chladiva do kondenzátoru, kde dochází k jejich ochlazení a kondenzaci. Toto teplo je odpadní a běžně se odvádí do okolních prostor (voda, vzduch). Rekuperační technologie umožňuje využít energii přehřátých par chladiva pro ohřev teplé užitkové vody. Rekuperační technologie je tvořena izolovaným zásobníkem pro teplou užitkovou vodu, deskovým výměníkem pro odebrání tepla z chladicího okruhu a veškerou provozní automatikou a regulací. Při běžném provozu chladicí technologie lze očekávat tepelný výkon rekuperace 6 až 25 kW. Provoz rekuperace zohledňuje venkovní teplotu, kdy v letním období je preferován výhřev zásobníku pouze z odpadního tepla technologie chlazení, zatímco v zimním období bude využíván přehřev na konkrétní nastavenou teplotu a dohřev pomocí integrované topné tyče.

Rekuperace odpadního tepla z technologie chlazení je dodávkou firmy zabezpečující potravinářské chlazení. Je ovšem potřeba zdůraznit, že osazení rekuperace se neprojeví na snížení spotřeby elektrické energie technologie chlazení, ale na snížení spotřeby energie pro potřebu ohřevu teplé vody. Z tohoto důvodu lze rekuperaci odpadního tepla z technologie chlazení považovat za přidanou hodnotu při modernizaci potravinářského chlazení.



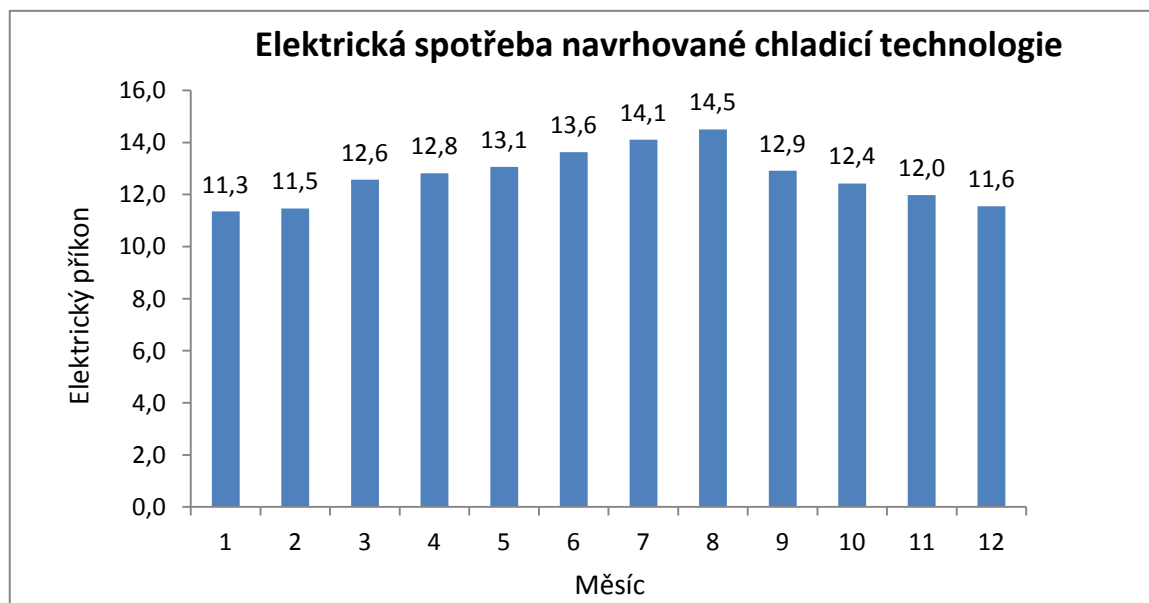
Tab. 16 Specifikace technologie rekuperace

Typ	ROT - 400/25 - L4 (zásobník OKC 400 NTR/HP)
Tepelný výkon (letní)	15 až 25 kW
Tepelný výkon (zimní)	6 kW
Hmotnost	185 kg
Průměr	700 mm
Výška	2200 mm
Teplota vody	45 až 55 °C
Elektrický příkon	6 kW (pomocný výhřev)

Zdroj: Vlastní zpracování

### 8.2.6 Spotřeba elektrické energie technologie chlazení navrhovaného stavu

Ke stanovení spotřeby elektrické energie technologie chlazení navrhovaného stavu byl použit výpočet, jehož zdrojem byly dostupné datové listy navržené technologie.



Obr. 14 Spotřeba elektrické energie navrhovaného stavu

Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 17 Spotřeba elektrické energie navrhované technologie chlazení v jednotlivých měsících

Měsíc	Denní spotřeba energie [MWh]	Noční spotřeba energie [MW]	Součet
Leden	8,79	2,56	11,35
Únor	8,97	2,5	11,47
Březen	9,81	2,76	12,57
Duben	10,02	2,80	12,81
Květen	10,22	2,83	13,06
Červen	10,43	3,20	13,63
Červenec	10,74	3,38	14,11
Srpen	11,04	3,46	14,51
Září	10,12	2,80	12,92
Říjen	9,71	2,72	12,43
Listopad	9,30	2,68	11,98
Prosinec	8,99	2,56	11,55
Roční spotřeba elektrické energie			152,4 MWh

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka číslo 17 a obrázek číslo 14 udávají vypočítanou elektrickou spotřebu navrhované technologie chlazení v jednotlivých měsících. Elektrická spotřeba technologie v tabulce je rozdělena na spotřebu během dne a během noci. Kdy se během noci uvažuje nižší příkon z důvodu vypnutého osvětlení u distribučního nábytku a nižší potřeba chladu. Nižší potřeba chladu je uvažována z vícera důvodů. Prvním důvodem je nulová potřeba chladu na zchlazení doplněného zboží do distribučního nábytku a chladicích/mrazicích boxů, dále je distribuční nábytek opatřen nočními roletami, které snižují ztráty chladu a nulové ztráty chladu z důvodu otevřených dveří boxů při manipulaci se zbožím. Při výpočtu je uvažován denní provoz s dobou chodu chladicího zařízení 16 hodin a noční provoz je uvažován na 8 hodin chodu.

### 8.3 Ekonomická analýza

V této části práce je stávající a navrhovaný stav porovnán z hlediska provozu. Je porovnávána především spotřeba elektrické energie a na základě údajů o spotřebách elektrické energie je vypočítána návratnost do investice - modernizace technologie potravinářského chlazení.

Prostá návratnost investice se vypočítá podle následujícího vztahu:

$$DN = \frac{IN}{CF}$$

Kde jsou:

IN – jednorázové investiční náklady na realizaci úspor

CF – roční peněžní toky (úspora nákladů v důsledku investice)

Tab. 18 Porovnání stávajícího a navrhovaného stavu

	<b>Stávající stav</b>	<b>Navrhovaný stav</b>
<b>Roční elektrická spotřeba</b>	162,3 MWh	152,4 MWh
<b>Průměrná měsíční spotřeba</b>	13,53 MWh	12,7 MWh
<b>Průměrná denní spotřeba</b>	0,444 MWh	0,417 MWh
<b>Cena elektřiny</b>	5,00 Kč/kWh	
<b>Roční náklady na provoz</b>	811 500,- Kč	762 000,- Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka číslo 18 (Tab. 18 Porovnání stávajícího a navrhovaného stavu) udává porovnání stávajícího a navrhovaného stavu chladicí technologie z pohledu spotřeby elektrické energie. Cena elektřiny byla stanovena na základě průměrné ceny elektrické energie za rok 2014. Denní a měsíční spotřeba je samozřejmě závislá na aktuální venkovní teplotě, kdy za zvýšených teplot v letních měsících je elektrická spotřeba jednotlivých zařízení (sdružené kompresorové jednotky a kondenzátoru) vyšší.

$$DN = \frac{3\,000\,000}{49\,500} = 60 \text{ let}$$

Při uvažované ceně elektrické energie 5,00 Kč/kWh je rozdíl mezi stávajícím a navrhovaným stavem 49 500,- Kč. U takto rozsáhlého systému by bylo velmi obtížné sestavit podrobný rozpočet nákladů, proto je uvažovaná cena za modernizaci stanovena na základě poznatků z praxe. Při uvažované ceně za modernizaci potravinářského chlazení ve výši 3 000 000,- Kč je návratnost této investice 60 let. Návratnost investic by byla pravděpodobně kratší a to z důvodu vzrůstajících cen za elektrickou energii a díky úsporám získaným na ohřevu teplé vody při využití rekuperace. Tyto úspory, zde v tomto případě nejsou vidět (nejedná se o celkovou spotřebu energie prodejny, ale pouze o spotřebu energie systému chlazení). Tyto úspory by se projeví při ohřevu teplé vody.

Je ovšem potřeba zdůraznit, že nový distribuční nábytek je dodávkou investora a ne firmy zabývající se potravinářským chlazením. V ceně za modernizaci je zahrnuta veškerá technologie (SKJ, kondenzátor, výparníky), materiál (potrubí, spojovací materiál, izolace atd.) a práce.

## 9 Diskuze

Z výsledků praktické části práce je zřejmé, že došlo ke značné energetické úspoře při provozu chladicího zařízení. V důsledku optimalizačních řešení, které měly za úkol snížit spotřebu energie potřebné pro chlazení došlo k úspoře 9,9 MWh za rok. Z hlediska doby návratnosti investic nelze soudit, že by návratnost investic byla primárním důvodem k modernizaci systému potravinářského chlazení. Dalšími důvody k modernizaci je zvýšená provozní spolehlivost, kdy zejména dnešní sdružené kompresorové jednotky se spirálovými kompresory jsou spolehlivější, účinnější a tišší než dříve používané pístové kompresory. Dalším důvodem k modernizaci je přechod k digitalizaci systému chlazení, kdy v dnešní době lze na dálku řídit a kontrolovat jednotlivé pozice chladicího systému. V neposlední řadě jsou důvodem k modernizaci také legislativní a environmentální důvody. Z praktické části práce lze odvodit prakticky využitelná doporučení ke snížení energetické spotřeby, které by se mohla využívat při návrhu potravinářského chlazení.

- Navrhovat energeticky úsporný distribuční nábytek
- Osazení distribučního nábytku dveřmi s izolačními skly nebo alespoň osazení dvojitých vzduchových clon
- Navrhovat izolace boxů s nízkým součinitelem prostupu tepla
- Navrhovat rekuperaci odpadní energie systému chlazení

Výše uvedená doporučení zajistí nižší spotřebu chladu, který je nutný dodat pro dodržení optimálních skladovacích teplot zboží. Od nižší spotřeby chladu při provozu zařízení se odvíjí, nižší nároky na ostatní komponenty chladicího systému, zejména potom na sdruženou kompresorovou jednotku a kondenzátor. Osazení distribučního nábytku izolačními skly je optimálním řešením pro snížení ztrát tepla chladicího nábytku. Toto řešení ovšem může znamenat nižší zisky pro prodejce a to z důvodu, že zboží není pro zákazníka tolik přístupné, mohou se také zvýšit servisní náklady a to z důvodu poškozených nebo rozbitých dveří nepozornými zákazníky. Pokud se distribuční nábytek osadí dveřmi s izolačními skly, tak se mohou zvýšit nároky na klimatizaci prodejní plochy. Uniklý chlad z distribučního nábytku často zajišťuje ochlazování prodejní plochy a to zejména v letních měsících.

Další doporučení se týkají zejména zvolené technologie chlazení. Správně zvolené komponenty chlazení (kondenzátor, výparníky, potrubní rozvody) značně ovlivňuje množství chladiva v okruhu. Z legislativních důvodů se preferuje požívá-

ní chladiva s co nejmenší hodnotou GWP a s limitním množstvím chladiva v okruhu.

Optimalizace kompresorového chlazení je rozebrána v diplomové práci „*Možnosti energetických úspor při chlazení mléka*“ (Ing. Vlastimil Nejtek, 2013). Autor se v praktické části zabývá měřeními a výpočtem deskových průtokových chladičů pro chlazení mléka. Autorovi vychází návratnost investic v řádech měsíců a to z důvodu menší velikosti chladicího systému.

Problematika kompresorového chlazení je dále rozebrána v diplomové práci „*Chladič vody pro stropní chlazení*“ (Ing. Jan Havlíček, 2013). Autor v práci navrhuje jednotlivé komponenty chladicího systému. Autor v práci navrhuje stejně, jako zde spirálové kompresory, které mají vysokou účinnost a vysoký chladicí faktor.

Chlazení všeobecně je popsáno v bakalářské práci „*Principy chlazení, chladicí zařízení v průmyslu komerční bezpečnosti*“ (Bc. Roman Bartoň, 2012). Autor v práci porovnává kompresorové a absorpční chlazení z hlediska spotřeby energií při provozu. Autorovi vychází kompresorové chlazení výrazně úspornější z hlediska spotřeby elektrické energie (až 6x úspornější) i z hlediska spotřeby vody nutné k chlazení (2x úspornější). Kompresorové chlazení je také méně investičně náročné.

Výše uvedené práce potvrzují správný výběr systému chlazení a technologie, která byla použita pro optimalizaci vybraných parametrů kompresorového chlazení v praktické části práce.

## 10 Závěr

V teoretické části této diplomové práce bylo cílem vypracovat přehled souvisejících právních a normativních předpisů. V praktické části práce bylo cílem provést technickoekonomickou analýzu současného stavu vybraného potravinářského provozu a na tento vybraný provoz navrhnout optimalizační řešení, v důsledku kterých dojde ke snížení energetické náročnosti chladicího zařízení vybraného provozu. Jako potravinářský provoz k provedení technické a ekonomické analýzy byla vybrána prodejna o velikosti prodejní plochy 1 200 m<sup>2</sup>. Tato prodejna obsahuje dva mrazicí boxy a šest chladicích boxů. Na prodejní ploše je umístěno celkem 18 kusů distribučního nábytku, z toho jsou tři kusy určeny pro prodej mraženého zboží. Tento počet chlazených a mražených pozic zůstal po navrhovaném stavu zachován. Optimalizační řešení zahrnovala především návrh energeticky úspornějšího distribučního nábytku, v důsledku toho se snížily výkonové požadavky na sdruženou kompresorovou jednotku a kondenzátor. Dále byla navržena výměna stávajícího chladiva za chladivo, které je ekologičtější. Dalším optimalizačním řešením by návrh osazení rekuperace, kdy jsou horké páry chladiva využity pro ohřev teplé vody. Tato navržená optimalizační řešení zajistila úsporu 9,9 MWh za rok provozu. Data pro stanovené elektrické spotřeby stávajícího stavu byly získány pomocí monitorovacího systému Zabbix, ke stanovení elektrické spotřeby navrhovaného stavu byl použit výpočet (viz příloha).

## 11 Seznam literatury

- BARTOŇ, Roman. 2012. Principy chlazení, chladicích zařízení v průmyslu komerční bezpečnosti. Zlín. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
- BROŽ, Jiří et al. Chladicí a klimatizační technika: Učební texty svazu CHKT. Praha: Svaz chladicí a klimatizační techniky, 2014, 181 s.
- DVOŘÁK, Zdeněk. Chladicí technika: učebnice pro vysoké školy. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1971, 214 s.
- Güntner [online]. 2015 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.guentner.eu/>
- HAVLÍČEK. Chladič vody pro stropní chlazení. Brno, 2013. Diplomová práce. Vysoké učené technické v Brně.
- CHLUMSKÝ, Vladimír. Technika chlazení: Určeno též studujícím strojního oboru. 1. vyd. Praha: SNTL, 1971, 550, [1] s.
- IBL, Vladimír. Chladicí technika v potravinářství. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1971, 451 s.
- KAMINSKÝ, Jaroslav, Kamil KOLARČÍK a Oto PUMPRLA. *Kompresory*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2004, 122 s. ISBN 80-248-0704-1.
- KOPECKÝ, Pavel. Údržba chladicích zařízení: Příručka uživatele [Pdf]. Nové Město na Moravě, 2007, 29 s.
- NEJTEK, Vlastimil. Možnosti energetických úspor při chlazení mléka. Brno, 2013. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně.
- PAPEŽ, Karel. Energetické a ekologické systémy budov 2: vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 284 s. ISBN 978-80-01-03622-8.
- Zkratky a pojmy z chlazení. Zpravodaj JDK. 2008, 4-08. Dostupné z: [http://www.jdk.cz/system/files/ftp/ar\\_articles/AR002\\_CZ%2520Refrigeration\\_Terms.pdf](http://www.jdk.cz/system/files/ftp/ar_articles/AR002_CZ%2520Refrigeration_Terms.pdf)



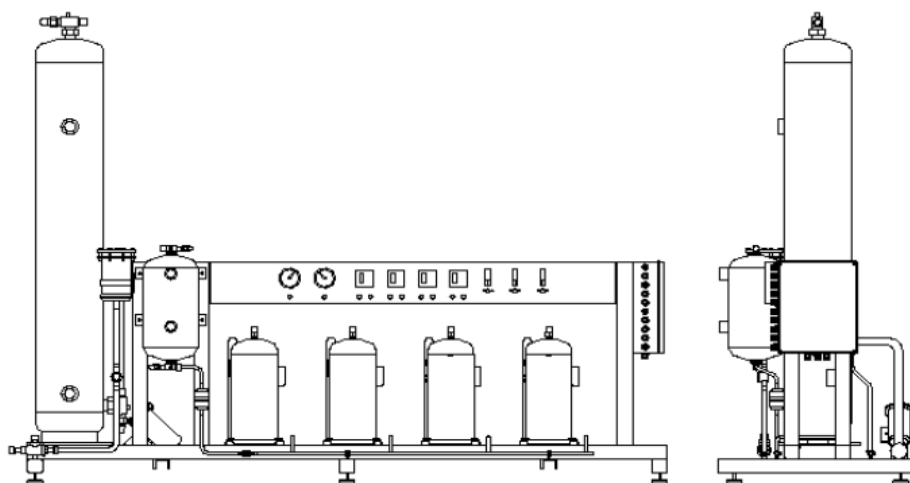
# **Přílohy**

# A Datový list navržené SKJ (chladicí)

## SME - S4 - ZS56



Sdružená kompresorová jednotka Standardní provedení	Central multicompressor unit Standard
Maximální pracovní tlak v jednotce	Max. working pressures
Výtlačk	High pressure 28,8 bar
Sání	Low pressure 18,0 bar
Typ používaných kompresorů	Type of motor compressor ZS56K4E-TWD
Počet kompresorů	Number of compressors 4,00 ks
Jmenovité otáčky kompresorů (50 Hz)	Nominal speed (50 Hz) 1450,00 min <sup>-1</sup>
Chlazení elektromotoru nasátými parami	Motor cooling by suction gas
Nasátý objem	Displacement, theor. (50 Hz) 87,4 m <sup>3</sup> /min
Použitý olej	Grade of oil ICI Emkarate RL 32 CF Mobil Arctic 22 CC
Základní náplň oleje	Oil charge 16,0 l
Výměnné vložky filtrů	Interchangeable solid core of filter
Vložka filtru sání	Suction line A3F 1 ks
Vložka filtru kapaliny	Liquid line H48 1 ks
Odlučování oleje	Oil separatoring
Standard	Standard
Krytí	Enclosure class IP 43
Elektrická data	Electrical data
Napájení	Voltage 380 - 420 / 3 / 50 V / Hz
Max. operační proud	Max. operating current 60 A
Proud při zablokovaných rotorech	Locked rotor current 396 A



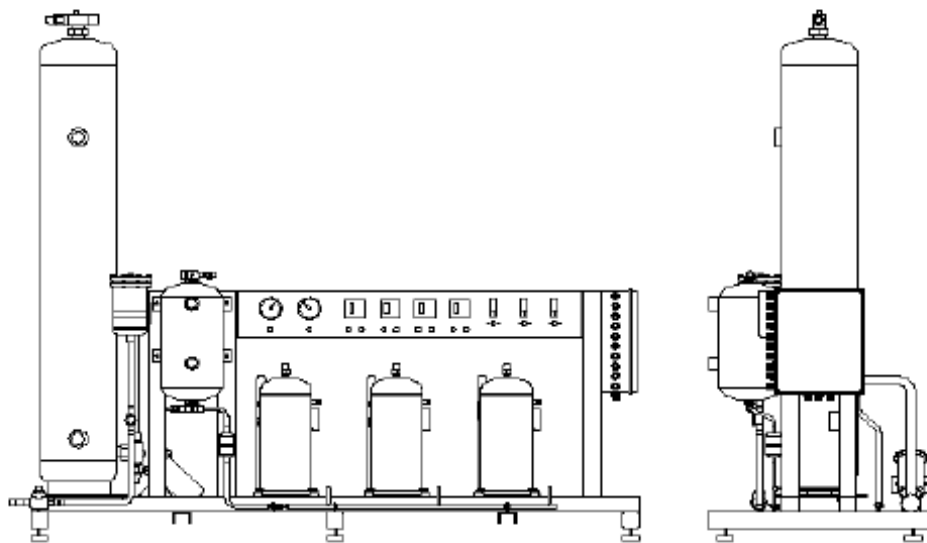
Vnější rozměry	Technical data
Šířka "d"	Width "d" 2550 mm
Hloubka "h"	Depth "h" 750 mm
Výška "v"	Height "v" 1550 mm
Připojení	Connection
Sání	Suction line 54 mm
Výtlačk	Discharge line 42 mm
Kapalina	Liquid line 28 mm
Velikost sběrače	Receiver 70 dm <sup>3</sup>
Hmotnost	Weight 665,1 kg
Hlučnost	Acoustic 95,1 db/1m
Rada jednotek	Line of unit Scroll line

## B Datový list navržené SKJ (mrazicí)

### SLE - S3 - ZF15



Sdružená kompresorová jednotka Standardní provedení	Central multicompressor unit Standard		
Maximální pracovní tlak v jednotce	Max. working pressure		
Vytlač	High pressure	28	bar
Sání	Low pressure	22,5	bar
Typ používaných kompresorů	Type of motor compressor	ZF15K+E-TFD	
Počet kompresorů	Number of compressors	3	ks
Imanovité otáčky kompresorů (50 Hz)	Nominal speed (50 Hz)	1450	min <sup>-1</sup>
Chlazení elektromotorů nasávacími parami	Motor cooling by suction gas		
Nasávy objem	Displacement, theor. (50 Hz)	43,35	m <sup>3</sup> /min
Použitý olej	Grade of oil	ICI Emkarate RL 32 CF Mobil Arctic 22 CC	
Základní množství oleje	Oil charge	5,1	l
Výměnné vložky filtrů	Interchangeable solid core of filter		
Vložka filtru sání	Suction line	A3F	1 ks
Vložka filtru kapaliny	Liquid line	H48	1 ks
Odlučovač oleje	Oil separatoring		
Standard	Standard		
Kryt	Enclosure class	IP-43	
Elektrická data	Electrical data		
Napětí	Voltage	380 - 420 / 3 / 50	V / Hz
Max. operační proud	Max. operating current	33	A
Proud při zablokovaných rotorech	Locked rotor current	192	A



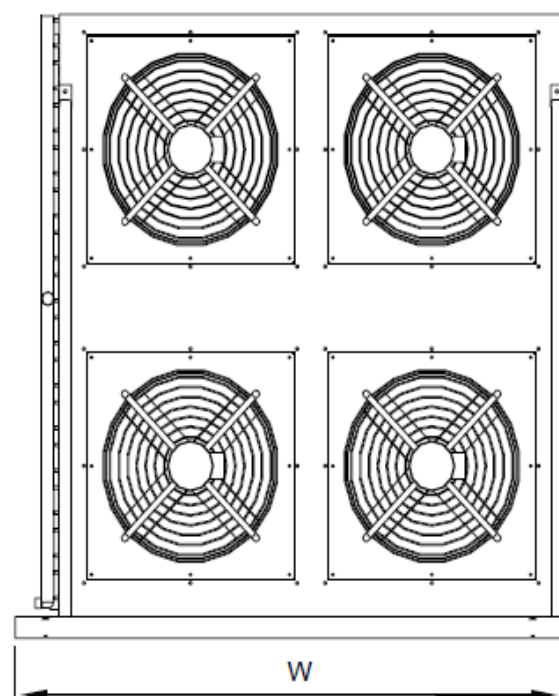
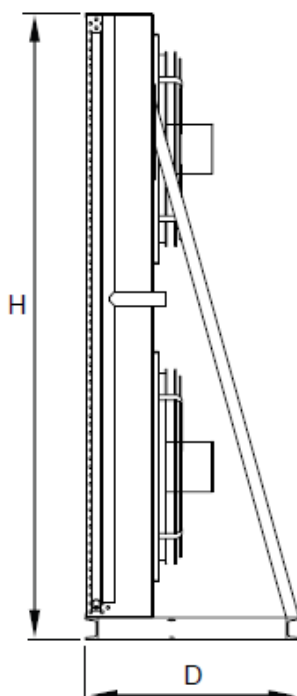
Vnější rozměry	Technical data		
Šířka "d"	Width "d"	1700	mm
Hloubka "h"	Depth "h"	650	mm
Výška "v"	Height "v"	1350	mm
Připojení	Connection		
Sání	Suction line	35	mm
Vytlač	Discharge line	22	mm
Kapalina	Liquid line	12	mm
Velikost sběrače	Receiver	24	dm <sup>3</sup>
Hmotnost	Weight	317	kg
Fluktuace	Acoustic	80,0	dB / m
Rada jednotek	Line of unit	Scroll line	

## C Datový list navrženého kondenzátoru

### Technické parametry

Model	Obj. číslo	Výkon kW <sup>(1)</sup>		Průtok vzduchu m <sup>3</sup> /h	Hlučnost Lp dB(A)/10m	Napájení V/A-50Hz	Max. příkon W	Vnitřní objem L	Hmotnost kg	Rozměry WxDxH mm
		R404A, R134a ΔTl=15K	R407C ΔTl=17K							
KNO 02 - 1x254	1KNV010025	1.7	1.5	600	32	230/0.48	70	0.6	6.6	350 x 200 x 300
KNO 09 - 1x300	1KNV010026	2.1	1.6	965	32	230/0.48	70	0.8	7.9	380 x 220 x 360
KNO 09H - 1x300	1KNV010027	2.4	1.9	1 230	36	230/0.75	120	0.8	10.7	380 x 220 x 360
KNO 18 - 1x350	1KNV010007	3.9	3.4	2 150	37	230/0.85	150	1.1	19.0	680 x 300 x 450
KNO 18 - 2x254	1KNV010028	4.3	3.5	1 500	34	230/0.96	140	1.2	17.5	750 x 300 x 405
KNO 28 - 1x350	1KNV010008	4.8	4.2	1 920	37	230/0.85	150	1.7	20.0	680 x 300 x 450
KNO 28 - 2x254	1KNV010029	4.8	4.8	1 150	34	230/0.96	140	3.6	24.5	750 x 300 x 405
KNO 40 - 2x300	1KNV010009	7.5	6.6	2 900	38	230/1.5	240	1.6	27.3	885 x 240 x 450
KNO 64 - 2x350	1KNV010010	13.5	13.0	4 270	39	230/1.7	300	3.5	38.6	1085 x 320 x 555
KNO 80 - 2x400	1KNV010011	16.0	15.3	5 575	42	230/2.7	520	3.5	39.5	1085 x 320 x 555
KNO 100 - 2x450	1KNV010012	20.6	18.7	8 940	46	230/3.6	710	3.8	52.5	1295 x 405 x 655
KNO 125 - 2x450	1KNV010013	24.0	22.0	8 440	46	230/3.6	710	5.1	55.0	1295 x 405 x 655
KNO 160 - 2x500	1KNV010024	37.4	33.9	14 140	50	400/3.6	1 400	7.3	107.0	1800 x 700 x 885
KNO 200 - 2x500	1KNV010018	42.2	41.7	14 190	50	400/3.6	1 400	18.7	155.0	1800 x 700 x 885
KNO 200 - 2x550	1KNV010017	46.1	45.4	16 230	53	400/4.4	1 280	18.7	158.0	1800 x 700 x 1165
KNO 200 - 2x600	1KNV010014	53.2	52.3	20 410	55	400/6.0	2 760	18.7	167.0	1800 x 700 x 1165
KNO 250 - 4x550	1KNV010015	84.1	82.0	31 355	56	400/8.8	2 560	31.2	267.0	1800 x 700 x 1165
KNO 250 - 4x600	1KNV010016	95.2	92.7	38 450	58	400/12.0	5 520	31.2	287.0	1800 x 700 x 1865

KNO xx-4V



## D Výpočet spotřeby energie navrženého stavu

	Příkon (kW)		Leden		Unor		Březen		Duben		Květen	
	Den	Noc	Den	Noc	Den	Noc	Den	Noc	Den	Noc	Den	Noc
SKJ včetně kondenzátoru	32,83	19,70	14,77	22,32	15,76	16,42	22,98	16,42	23,64	16,74	24,29	17,07
Odtávání	14	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
Ostatní (osvětlení, ventilátory, výhřevy)	5,7	4,28	2,35	4,28	2,35	4,28	2,35	4,28	2,35	4,28	2,35	4,28
Celkový maximální příkon (kW)	52,53	28,17	21,32	30,80	22,31	22,97	31,46	22,97	32,11	23,29	32,77	23,62
Výpočtový příkon (kW)	18,31	10,66	10,66	20,02	11,15	11,48	20,45	11,48	20,87	11,65	21,30	11,81
Výpočtová spotřeba (kWh)	8 790	2 559	2 559	8 969	2 499	2 756	9 814	2 756	10 019	2 795	10 224	2 835

	Červenec		Srpen		Září		Říjen		Listopad		Prosinec	
	Den	Noc	Den	Noc	Den	Noc	Den	Noc	Den	Noc	Den	Noc
24,95	17,73	25,94	19,04	26,92	19,70	23,97	16,74	22,65	16,09	21,34	15,76	14,77
4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
4,28	2,35	4,28	2,35	4,28	2,35	4,28	2,35	4,28	2,35	4,28	2,35	4,28
33,43	24,28	34,41	25,59	35,40	26,25	32,44	23,29	31,13	22,64	29,81	22,31	21,32
21,73	13,35	22,37	14,08	23,01	14,44	21,09	11,65	20,23	11,32	19,38	11,15	10,66
10 429	3 205	10 736	3 378	11 043	3 465	10 122	2 795	9 712	2 717	9 302	2 677	2 559

