

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

SYSTÉMY PŘÍMÉHO CHLAZENÍ
V POTRAVINÁŘSKÝCH PROVOZECH
DIRECT COOLING SYSTEMS IN FOOD PROCESSING PLANTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

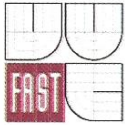
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. PETR KOTÁSEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MARIAN FORMÁNEK, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Petr Kotásek


Název Systémy přímého chlazení v potravinářských provozech

Vedoucí diplomové práce Ing. Marian Formánek, Ph.D.

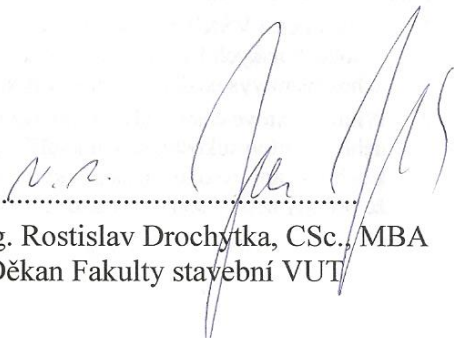
Datum zadání diplomové práce 31. 3. 2015

Datum odevzdání diplomové práce 15. 1. 2016

V Brně dne 31. 3. 2015


.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu




.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

C. Experimentální řešení a zpracování výsledků.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Marian Formánek, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá systémy přímého chlazení potravinářských provozů. Práce se zaměřuje na popis jednotlivých komponentů chladicího okruhu s důrazem na volbu chladiva. Výsledkem práce je návrh systému přímého chlazení v potravinářském závodě ve variantě s chladivem R717 a R404A. Práce popisuje výhody a nevýhody jednotlivých variant. Součástí práce je experimentální část, která se zabývá měřením a zpracováním veličin skutečného chladicího okruhu a vzájemného srovnání dvou měřených zdrojů chladu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Přímé chlazení, kompresorová jednotka, výparník, kondenzátor, chladicí cyklus, potravinářské provozy, tepelná zátěž, chladivo, čpavek, plynové tepelné čerpadlo

ABSTRACT

Diploma thesis deals with direct cooling systems in food processing plants. The work focuses on the description of the components of the refrigerant cycle, with emphasis on the choice of refrigerant. The result is a design of direct cooling system in the food factory in the variants with refrigerant R404A and R717. The work describes the advantages and disadvantages of various options. The work includes an experimental section which deals with the measurement and processing of the actual values of the refrigerant cycle and the comparison of two cold sources.

KEY WORDS

Direct cooling, compressor unit, evaporator, condenser, refrigerant cycle, food plants, heat load, refrigerant, ammonia, gas heat pump

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Petr Kotásek *Systémy přímého chlazení v potravinářských provozech*. Brno, 2016. 137 s., 93 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marian Formánek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2016

.....
podpis autora
Bc. Petr Kotásek

PODĚKOVÁNÍ:

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Marianu Formánkovi Ph.D. za odbornou pomoc, ochotu a čas, který mi věnoval. Také bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu. Děkuji rovněž firmě Steinex a.s. za poskytnutou projektovou dokumentaci a informace potřebné pro návrh chlazení.

OBSAH

ÚVOD	12
A. ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ	13
A.1 ANALÝZA ZADANÉHO TÉMATU, NORMOVÉ A LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY	14
A.2 AKTUÁLNÍ TECHNICKÁ ŘEŠENÍ V PRAXI	15
A.2.1 CHLADIČE VZDUCHU – VÝPARNÍKY	16
A.2.2 EXPANZNÍ VENTILY	16
A.2.3 KOMPRESOROVÉ A KONDENZAČNÍ JEDNOTKY	17
A.2.3.1 KOMPRESORY	17
A.2.3.2 SDRUŽENÉ KOMPRESOROVÉ JEDNOTKY	19
A.2.3.3 ODDĚLENÉ KONDENZÁTORY	19
A.2.3.4 KONDENZAČNÍ JEDNOTKY	20
A.2.4 VYUŽITÍ ODPADNÍHO TEPLA	21
A.3 CÍL PRÁCE, ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ	22
A.3.1 POPIS VARIANT	22
A.3.2 CHLADIVA	23
A.3.2.1 ROZDĚLENÍ CHLADIV	23
A.3.2.2 SMĚSI CHLADIV	23
A.3.2.3 ZNAČENÍ CHLADIV	24
A.3.2.4 VLIV CHLADIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	24
A.3.2.5 BUDOUCNOST CHLADIV	25
A.3.3 ODLIŠNOSTI VARIANT	25
A.3.4 POSTUP NÁVRHU	26
A.4 TEORETICKÉ ŘEŠENÍ	26
A.4.1 OBRÁCENÝ CARNOTŮV CYKLUS	26
A.4.2 CLAUSIUS-RANKINŮV CYKLUS	28
A.4.3 SKUTEČNÝ CHLADICÍ CYKLUS	29
A.5 EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ	30
A.6 ŘEŠENÍ VYUŽÍVAJÍCÍ VÝPOČETNÍ TECHNIKU	31
B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ	32
B.1 ANALÝZA OBJEKTU	33
B.1.1 POPIS OBJEKTU	33
B.1.2 KONCEPCE CHLAZENÍ	33
B.1.3 POPIS VARIANT	33
B.1.4 NÁVRHOVÉ PARAMETRY	33
B.2 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE A POTŘEBY CHLADICÍHO VÝKONU	36
B.2.1 PROSTUP TEPLA KONSTRUKCEMI	36
B.2.1.1 VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA	36
B.2.1.2 TEPELNÁ ZÁTĚŽ PROSTUPEM TEPLA KONSTRUKCEMI	38
B.2.2 TEPLO ODNÍMANÉ OCHLAZOVANÉMU ZBOŽÍ	40
B.2.3 TEPLO VNÁŠENÉ PRONIKAJÍCÍM OKOLNÍM VZDUCHEM	41
B.2.4 PRODUKCE TEPLA OD LIDÍ	43
B.2.5 PRODUKCE TEPLA OD SVÍTIDEL	44
B.2.6 TEPLO OD VENTILÁTORŮ	45

B.2.7	TEPLO OD ODTÁVACÍHO ZAŘÍZENÍ	47
B.2.8	PRODUKCE TEPLA OD STROJŮ	49
B.2.9	CELKOVÁ TEPELNÁ ZÁTĚŽ	50
B.2.10	POTŘEBA CHLADICÍHO VÝKONU	51
B.3	NÁVRH VÝPARNÍKŮ	55
B.3.1	POSTUP NÁVRHU	55
B.3.2	VOLBA VYPAŘOVACÍCH TEPLŮ	55
B.3.3	VOLBA PROVEDENÍ VÝPARNÍKU	56
B.3.4	NÁVRH VÝPARNÍKŮ	56
B.4	NÁVRH KOMPRESOROVÝCH JEDNOTEK	60
B.4.1	ROZDĚLENÍ OKRUHŮ	60
B.4.2	NÁVRH	60
B.4.3	DALŠÍ NÁVRHOVÉ PARAMETRY	61
B.4.4	SDRUŽENÉ KOMPRESOROVÉ JEDNOTKY PRO CHLADIVO R717	61
B.4.5	SDRUŽENÉ KOMPRESOROVÉ JEDNOTKY PRO CHLADIVO R404A	63
B.4.6	DALŠÍ ZAŘÍZENÍ	64
B.4.6.1	NÁVRH SBĚRAČE CHLADIVA	64
B.5	NÁVRH EXPANZNÍCH VENTILŮ	67
B.6	NÁVRH KONDENZÁTORU	68
B.6.1	NÁVRH KONDENZÁTORU PRO CHLADIVO R717	68
B.6.2	NÁVRH KONDENZÁTORU PRO CHLADIVO R404A	70
B.7	DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ	72
B.7.1	STANOVENÍ ROZMĚRU POTRUBÍ	72
B.7.2	VÝPOČET TLAKOVÉ ZTRÁTY	74
B.7.3	DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ PRO CHLADIVO R717	75
B.7.4	DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ PRO CHLADIVO R404A	78
B.8	NÁVRH TEPELNÉ IZOLACE POTRUBÍ	80
B.8.1	NÁVRH TEPELNÉ IZOLACE PRO POTRUBÍ S CHLADIVEM R717	80
B.8.2	NÁVRH TEPELNÉ IZOLACE PRO POTRUBÍ S CHLADIVEM R404A	81
B.9	HODNOCENÍ VARIANT	83
B.9.1	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	83
B.9.1.1	POŘIZOVACÍ NÁKLADY	83
B.9.1.2	PROVOZNÍ NÁKLADY	85
B.9.1.3	CELKOVÉ EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	86
B.9.2	DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	86
B.9.3	BEZPEČNOST PROVOZU	86
B.9.4	DALŠÍ HLEDISKA HODNOCENÍ	87
B.9.5	CELKOVÉ ZHODNOCENÍ	87
B.10	IDEOVÉ ŘEŠENÍ NAVAZUJÍCÍCH PROFESÍ TZB (ZTI, UT, VZT)	87
B.10.1	ZDRAVOTNĚ-TECHNICKÉ INSTALACE	87
B.10.2	VYTÁPĚNÍ	87
B.10.3	VZDUCHOTECHNIKA	87
B.10.3.1	VĚTRÁNÍ STROJOVNY	88
B.11	TECHNICKÉ ZPRÁVY	89
B.11.1	TECHNICKÁ ZPRÁVA PRO VARIANTU S CHLADIVEM R717	89
B.11.1.1	ÚVOD	89
B.11.1.2	PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ	89

B.11.1.3	VÝPOČTOVÉ HODNOTY	89
B.11.1.4	KONCEPCE CHLAZENÍ.....	91
B.11.1.5	TEPELNÁ ZÁTĚŽ A CHLADICÍ VÝKON V CHLAZENÝCH MÍSTNOSTECH.....	92
B.11.1.6	PARAMETRY CHLADIVA	92
B.11.1.7	VÝPARNÍKY.....	93
B.11.1.8	PARAMETRY CHLADICÍCH OKRUHŮ	93
B.11.1.9	KOMPRESOROVÉ JEDNOTKY	94
B.11.1.10	KONDEZÁTORY	94
B.11.1.11	ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ.....	94
B.11.1.12	POTRUBNÍ ROZVODY.....	95
B.11.1.13	ZKOUŠKY.....	96
B.11.1.14	BEZPEČNOST PRÁCE.....	96
B.11.1.15	VŠEOBECNÉ POŽADAVKY.....	96
B.11.1.16	POŽADAVKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE.....	96
B.11.2	TECHNICKÁ ZPRÁVA PRO VARIANTU S CHLADIVEM R404A.....	98
B.11.2.1	ÚVOD	98
B.11.2.2	PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ	98
B.11.2.3	VÝPOČTOVÉ HODNOTY	98
B.11.2.4	KONCEPCE CHLAZENÍ.....	100
B.11.2.5	TEPELNÁ ZÁTĚŽ A CHLADICÍ VÝKON V CHLAZENÝCH MÍSTNOSTECH.....	101
B.11.2.6	PARAMETRY CHLADIVA	101
B.11.2.7	VÝPARNÍKY.....	102
B.11.2.8	PARAMETRY CHLADICÍCH OKRUHŮ	102
B.11.2.9	EXPANZNÍ VENTILY	103
B.11.2.10	KOMPRESOROVÉ JEDNOTKY	103
B.11.2.11	KONDEZÁTORY	104
B.11.2.12	ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ.....	104
B.11.2.13	POTRUBNÍ ROZVODY.....	104
B.11.2.14	ZKOUŠKY.....	105
B.11.2.15	BEZPEČNOST PRÁCE.....	105
B.11.2.16	VŠEOBECNÉ POŽADAVKY.....	106
B.11.2.17	POŽADAVKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE.....	106
C.	EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ	107
C.1	CÍL MĚŘENÍ	108
C.2	POPIS MĚŘENÍ.....	108
C.2.1	MÍSTO MĚŘENÍ.....	108
C.2.2	MĚŘENÍ Č. 1 – KOMPRESOROVÁ JEDNOTKA.....	108
C.2.2.1	MĚŘICÍ TECHNIKA.....	109
C.2.2.2	MĚŘENÉ VELIČINY	110
C.2.2.3	VNĚJŠÍ PODMÍNKY	110
C.2.2.4	POSTUP MĚŘENÍ.....	110
C.2.3	MĚŘENÍ Č. 2 – PLYNOVÉ TEPELNÉ ČERPADLO	111
C.2.3.1	MĚŘICÍ TECHNIKA.....	112
C.2.3.2	MĚŘENÉ VELIČINY	112
C.2.3.3	VNĚJŠÍ PODMÍNKY	114
C.2.3.4	POSTUP MĚŘENÍ.....	114

C.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ	114
C.3.1	NAMĚŘENÉ HODNOTY	114
C.3.1.1	MĚŘENÍ 1 – KOMPRESOROVÁ JEDNOTKA.....	114
C.3.1.2	MĚŘENÍ 2 – PLYNOVÉ TEPELNÉ ČERPADLO	115
C.3.2	ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT	116
C.3.2.1	MĚŘENÍ 1 – KOMPRESOROVÁ JEDNOTKA.....	116
C.3.2.2	MĚŘENÍ 2 – PLYNOVÉ TEPELNÉ ČERPADLO	117
C.3.3	CHARAKTERISTICKÉ BODY CHLADICÍHO CYKLU.....	118
C.3.3.1	MĚŘENÍ 1 – KOMPRESOROVÁ JEDNOTKA.....	118
C.3.3.2	MĚŘENÍ 2 – PLYNOVÉ TEPELNÉ ČERPADLO	120
C.3.4	VÝPOČTY	122
C.3.4.1	MĚŘENÍ 1 – KOMPRESOROVÁ JEDNOTKA.....	122
C.3.4.2	MĚŘENÍ 2 – PLYNOVÉ TEPELNÉ ČERPADLO	123
C.4	VYHODNOCENÍ.....	124
C.5	ZÁVĚR MĚŘENÍ	126
ZÁVĚR	127
POUŽITÉ ZDROJE	128
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ	132
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A VZTAHŮ	134
SEZNAM PŘÍLOH	139
A.	VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA	140
B.	VÝPOČET PROSTUPU TEPLA	142
C.	OCHLAZENÍ ZBOŽÍ	153
D.	VÝMĚNA VZDUCHU	155
E.	NÁVRH VÝPARNÍKŮ – R717	164
F.	NÁVRH VÝPARNÍKŮ – R404A.....	187
G.	PARAMETRY KOMPRESOROVÝCH JEDNOTEK – CHLADIVO R717	210
H.	PARAMETRY KOMPRESOROVÝCH JEDNOTEK – CHLADIVO R404A	211
I.	PARAMETRY NAVRŽENÝCH KONDENZÁTORŮ – CHLADIVO R717.....	213
J.	PARAMETRY NAVRŽENÝCH KONDENZÁTORŮ – CHLADIVO R404A	216
K.	DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ PRO CHLADIVO R717.....	219
L.	DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ PRO CHLADIVO R404A	226

ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá návrhem systému přímého chlazení v budově potravinářského závodu, jejíž součástí jsou skladovací a výrobní prostory. Cílem práce je zhodnotit možné varianty návrhu zařízení s důrazem na výběr vhodného chladiva. Práce je rozdělena na tři části.

První část diplomové práce analyzuje téma potravinářských provozů z hlediska legislativních požadavků, dále pojednává o běžně používaných chladicích systémech a možném výběru jednotlivých zařízení chladicího okruhu. Součástí analytické části práce je rovněž popis zvolených variant pro aplikaci na zadané budově. V teoretickém řešení se práce věnuje popisu základních teoretických chladicích cyklů a vztahům, kterými lze srovnat jednotlivé chladicí okruhy.

Po teoretické části následuje část aplikace tématu na zadané budově, jejímž výsledkem je návrh a porovnání dvou variant systémů přímého chlazení. V práci jsou porovnávány obdobné systémy, které se však liší použitím rozdílných chladiv. Výpočtová část zahrnuje návrh koncepce chlazení, výpočet tepelné zátěže a stanovení potřebného chladicího výkonu, návrh výparníků, návrh zdrojů chladu, kondenzátorů, dimenzování potrubí a návrh dalších zařízení. V závěru druhé části jsou obě navržené varianty zhodnoceny po stránce ekonomické, bezpečnostní ale třeba také z hlediska vlivu na životní prostředí.

Třetí částí práce je experimentální řešení, která se zabývá měřením chladicích okruhů dvou skutečných chladicích systémů a jejich srovnání. Cílem měření je ověřit si teoretické poznatky a popsat chování jednotlivých systémů včetně jejich odlišností.

Výsledkem druhé části práce jsou technické zprávy obou navržených variant a projektová dokumentace na úrovni projektu pro stavební povolení.

A.ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ

A.1 Analýza zadaného tématu, normové a legislativní požadavky

Fungování potravinářských provozů je poměrně podrobně popsáno legislativními požadavky. Je totiž klíčové, zajistit hygienu potravin na všech stupních její výroby – od zemědělské prvovýroby přes zpracování, výrobu, balení skladování a dopravu, až po nabídku spotřebiteli. Zásadní je zajistit zdravotní nezávadnost potravin.

K základním povinnostem provozovatelů všech potravinářských podniků (výrobců, dovozců aj.) patří dodržování požadavků na zdravotní nezávadnost a jakost, na přepravu a skladování a na technologická opatření stanovených zákonem, vyhláškami a dalšími právními předpisy nebo požadavků založených na rozhodnutí příslušných správních úřadů. Je např. nutno fyzicky oddělit prostory určené pro výrobu potravin od jiných prostor, zajistit předepsané hygienické podmínky a určit ve výrobním procesu kritické body s největším rizikem porušení zdravotní nezávadnosti a udržovat je pod kontrolou. [22]

Tato práce se věnuje návrhu chlazení masozávodu a právě zpracování masa má svá jasně daná pravidla. Jedním ze základních předpisů, který stanovuje kromě výrobních postupů také stavební požadavky na potravinářský provoz, je Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 853/2004 [25]. To mimo jiné nařizuje, jak má potravinářský závod pro zpracování masa vypadat. Důležité je zajistit, aby nedocházelo ke kontaminaci masa zejména umožněním plynulého postupu činností, dále je potřeba zajistit oddělené prostory pro balené a nebalené maso či hygienické zařízení pro zaměstnance. Nařízení rovněž stanovuje teploty, za kterých smí být maso zpracováváno a uchováváno. Právě teploty jsou pro návrh chladicího zařízení klíčové.

Během bourání/porcování, vykostování, ořezávání, krájení na plátky nebo kostky, prvního balení a dalšího balení je udržována teplota masa nejvýše 3°C u drobů a 7°C u ostatního masa, a to pomocí okolní teploty nejvýše 12°C nebo jiným systémem s rovnocenným účinkem.

Provozovatelé potravinářských podniků vyrábějící mleté maso, masné polotovary nebo mechanicky oddělované maso musí zajistit, aby použité maso mělo teplotu nejvýše 4 °C u drůbeže, 3°C u drobů a 7°C u ostatního masa.

Ihned po vyrobení musí být mleté maso a masné polotovary zabaleny do prvního obalu nebo do dalšího obalu a musí být zchlazeny na vnitřní teplotu nepřekračující 2°C u mletého masa a 4°C u masných polotovarů. [25]

Jak uvádí vyhláška č. 289/2007 Sb. [4] při návrhu provozu, ve kterém se zachází s živočišnými produkty, je důležité zajistit další technické záležitosti nutné pro hygienický provoz takového podniku. Zejména se jedná o úpravu podlah a kanalizační systém umožňující pravidelné čištění jednotlivých prostor, hygienické zázemí pro zaměstnance, zásobování pitnou vodou, způsob třídění a bezpečného ukládání odpadů, desinfekce prostor včetně ukládání používaných prostředků.

Všechny tyto a mnohé další legislativní požadavky vyústí v poměrně komplikovaný návrh takových provozů. Z hlediska návrhu takového objektu je důležité vhodně zvolit dispozici takového objektu, aby nedocházelo ke kontaminaci masa na různých úrovních jeho zpracování. Rovněž je důležité zvolit vhodné materiály, které jsou vhodné pro styk s potravinami a které umožní

snadné čištění. Stěny, podlahy i stropy takových prostor jsou proto zpravidla navrhovány z polyuretanových panelů, které v sobě spojují výhody tepelně izolační a hygienické.

Vnitřní a vnější povrch panelu nejčastěji tvoří pozinkovaný lakovaný plech libovolného odstínu. Vnitřek panelu tvoří izolační vrstva polyuretanu. Panely se k sobě spojují po obvodu zapěněnými speciálními zámkami. Tvrdá polyuretanová pěna PUR je nejlepší známý tepelný izolant s koeficientem tepelné vodivosti $\lambda = 0,0226 \text{ W/m K}$. [29]

Z dalších legislativních dokumentů lze uvést také nařízení vlády č. 93/2012, které stanovuje zejména požadavky na přestávky pro zaměstnance pracující v chlazených provozech. *Při práci v udržované operativní nebo výsledné teplotě jako technologickém požadavku nebo korigované teplotě musí být práce zaměstnance upravena tak, aby doba jejího nepřetržitého trvání při teplotě od 4 do -10°C nepřesáhla 2 hodiny, při teplotě vzduchu od $-10,1$ do -20°C 1 hodinu a od $-20,1$ do -30°C 30 minut. Bezpečnostní přestávka musí trvat nejméně 10 minut.*[5]

Nařízení vlády rovněž stanovuje hodnoty minimálního množství vzduchu přiváděného na pracoviště. Zpracování masa je dle nařízení vlády č. 93/2012 ve třídě práce IIIa, požadované množství vzduchu je tedy rovno $70\text{m}^3/\text{h}$ na zaměstnance. Tato hodnota je nezbytná pro návrh nuceného větrání výrobních prostor, které zajistí profese vzduchotechniky. Její návrh není součástí této práce.

Potravinářské provozy podléhají pravidelným kontrolám krajských hygienických stanic a dalších orgánů státní správy, které se kromě kvality potravin zaměřují také na způsob skladování zejména s ohledem na teplotu. Z hlediska chlazení, tedy hlavní náplně této práce, je proto klíčové zajistit požadovanou teplotu v chlazeném prostoru a odvést veškerou tepelnou zátěž.

Z hlediska návrhu a provozu chladicích zařízení je zapotřebí splnit požadavky normy ČSN EN 378 1-4 Chladicí zařízení a tepelná čerpadla – Bezpečnostní a environmentální požadavky. Tato norma udává mimo jiné maximální množství náplně chladiva pro jednotlivé systémy, nutná bezpečnostní opatření strojoven nebo způsob zkoušení jednotlivých komponentů chladicího okruhu.

A.2 Aktuální technická řešení v praxi

Řešení systému chlazení potravinářských provozů je dnes zpravidla řešeno pomocí přímého chlazení. Přímé chlazení je takové, kdy teplo z chlazeného prostoru přechází přímo do chladiva. Na rozdíl od chlazení nepřímého zde není použito sekundárního okruhu s teplotněstabilní látkou. Hlavním důvodem pro použití tohoto systému je možnost provozování systému při teplotách hluboko pod bodem mrazu, což je zejména pro chlazení mražení, kde je požadována teplota kolem -20°C , nezbytné. Navíc díky tomuto systému odpadají problémy s dopouštěním teplotněstabilní látky, její úpravy, filtrace apod.

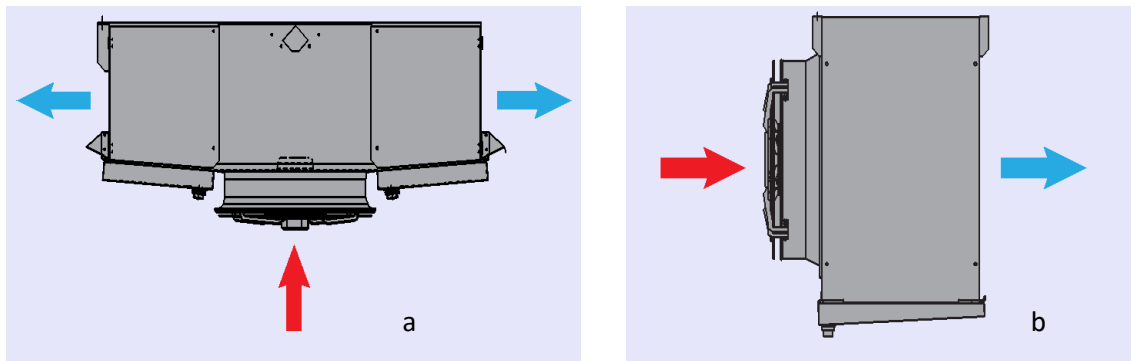
Hlavními součástmi každého chladicího cyklu přímého chlazení jsou chladiče vzduchu – výparníky, expanzní ventily, kompresory a kondenzátory.

A.2.1 Chladiče vzduchu – výparníky

Při využití přímého chlazení je výparník chladicího okruhu současně chladičem vzduchu. Existuje však široká škála chladičů vzduchu.

Podle konstrukčního uspořádání lze chladiče rozdělit na:

- nástěnné – s jednostranným výfukem
- podstropní – s dvoustranným výfukem



Obr. 1 Provedení výparníků [18]
a – dvoustranný výfuk lamelovou plochou, b – jednostranný výfuk lamelovou plochou

Podle způsobu průtoku vzduchu:

- nucený průtok vzduchu (ventilátorové chladiče) – ventilátor může být v sacím resp. tlačném uspořádání
- přirozený průtok vzduchu (chladiče pro „klidné chlazení“)

Dle způsobu odtávání

- elektrické
- odtávání horkými parami chladiva
- prodloužením doby chodu ventilátorů

Chladiče mohou mít různou rozteč lamel. Pro mrazírny a chladírny masa se používá rozteč lamel od 6 do 8,5mm. Prostory s teplotou nad 2°C se používá rozteč lamel mezi 4-5mm. Chladiče mohou být provedeny z různých materiálů. Pro běžná chladiva se používá měděných potrubí a hliníkových žebber. Pro čpavek je pak nutné použít potrubí nerezové s hliníkovými nebo nerezovými žebry.

Volba výparníku závisí zejména na druhu chlazeného prostoru. Pro rychlochlazovny se volí chladiče s vysokým průtokem vzduchu tak, aby se dosáhlo dobrého přestupu tepla na zboží. Naopak do zpracovatelských místností se zpravidla umísťují výparníky s menším pohybem vzduchu (podstropní chladiče, chladiče pro „klidné chlazení“).

A.2.2 Expanzní ventily

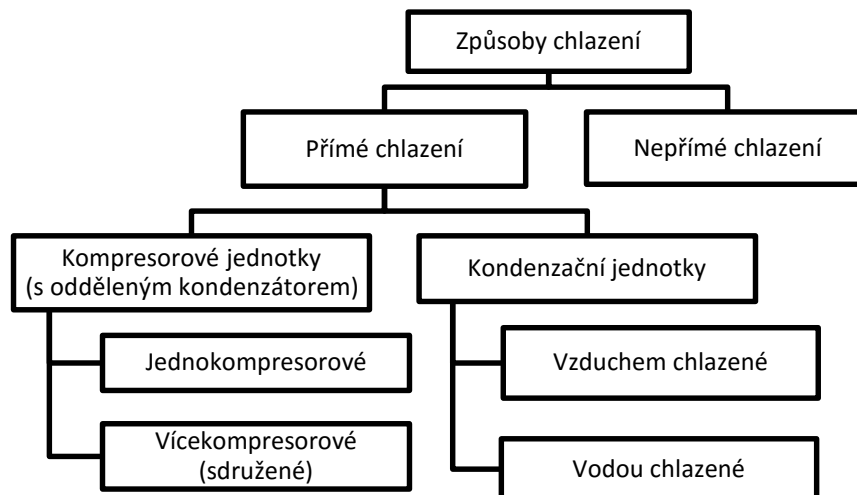
Expanzní ventil je nezbytnou součástí chladicího okruhu. Je umístěn v kapalinovém potrubí na vstupu do výparníku. Udrží tlakový rozdíl mezi vysokotlakou a nízkotlakou stranou chladicího

okruhu a regulací průtoku chladiva udržují přehřátí chladiva za výparníkem. To je důležité kvůli ochraně kompresoru.

Jestliže kompresor nasává neodpařené chladivo, může dojít k tzv. kapalným rázům. Jedná se o náhlý vzestup tlaku ve chvíli odpaření kapalné složky chladiva vlivem vysoké teploty v kompresoru. Odpařením kapaliny vznikne velký objem páry, mnohonásobně větší, než by kompresor normálně nasál. Dojde k přetížení kompresoru a hrozí nebezpečí zničení. [21]

A.2.3 Kompresorové a kondenzační jednotky

Hlavní a nezbytnou součástí každého chladicího okruhu je zdroj chladu. V systémech přímého chlazení se nejčastěji používají kompresorové jednotky. Jejich provedení se může v dnešních aplikacích lišit. Pokud kompresorovou jednotku spojíme v jednom zařízení s kondenzátorem, hovoříme o kondenzačních jednotkách. Kompresorové jednotky s odděleným kondenzátorem mohou obsahovat jeden nebo více kompresorů. Součástí kompresorových jednotek je zpravidla sběrač chladiva a další zařízení, která zejména zabezpečují správné mazání kompresorů. Výběr kompresorové jednotky, resp. kondenzační jednotky závisí zejména na potřebném chladicím výkonu, počtu chlazených míst, požadované přesnosti parametrů, na spotřebě energie či prostorových možnostech.



Obr. 2 Přehled možné volby chladicího zařízení

A.2.3.1 Kompresory

V chladicí technice odsává kompresor páry chladiva z výparníku tak, aby tam udržoval žádaný tlak, a stlačuje je na tlak kondenzace. [12]

Při ideálním stavu lze uvažovat, že práce, kterou kompresor koná, probíhá při adiabatickém ději. To znamená, že se při ní nevyměňuje energie s okolím, entropie je tedy konstantní. Reálný děj však není přesně adiabatický a nazývá se dějem polytropickým.

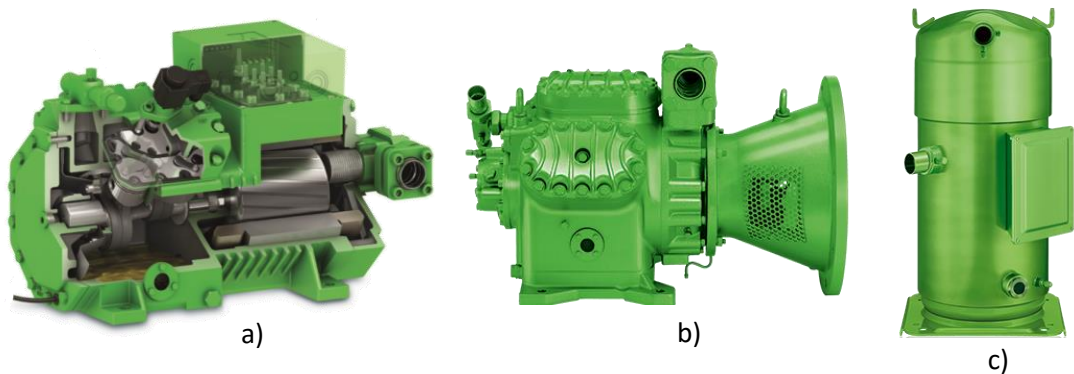
Kompresorů existuje na trhu v dnešní době velké množství. Lze je rozdělit podle několika kritérií:

Podle principu činnosti

- kompresory objemové – stlačení se dosahuje nasátím plynu do prostoru, který se uzavře a zmenšuje
 - s vratným pohybem pístu - pístové
 - s rotačním pohybem pístu – křídlové, spirálové, šroubové, zubové
- kompresory rychlostní – nasátý vzduch je urychlován a jeho kinetická energie se v difuzoru mění na tlakovou
 - lopatkové – turbokompresory
 - proudové

Dle provedení

- Oddělené – motor je oddělen od kompresoru, přenos energie je realizován pomocí hřídele. Používají se pro kompresory větších výkonů. Musí být doplněny samostatným motorem – elektrickým nebo spalovacím.
- Polohermetické – kompresor je s motorem uzavřen v neprodyšném plášti, některé součásti jsou ovšem demontovatelné, kompresor je tak možné opravovat. Polohermetické provedení kompresorů se v chladicí technice používá pro pístové a šroubové kompresory.
- Hermetické – motor i kompresor je uložen v tlakové hermeticky uzavřené nádobě. Kompresory nelze opravovat. Používají se pro pístové kompresory menších výkonů, nebo pro kompresory scroll (spirálové).



Obr. 3 Typy kompresorů [2]: a) - polohermetický pístový, b) - oddělený pístový, c) - hermetický scroll kompresor

Dle počtu stupňů stlačovacích stupňů

- jednostupňové
- vícestupňové

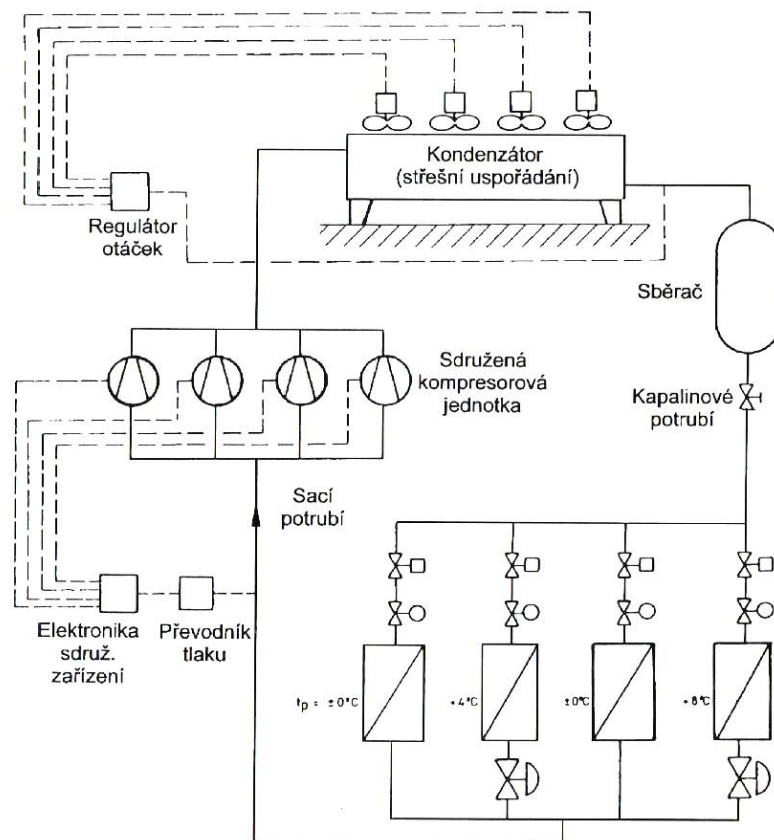
Dle zdroje energie

- elektrický motor
- spalovací motor

A.2.3.2 Sdružené kompresorové jednotky

Sdružením více kompresorů do jedné jednotky lze získat sdruženou kompresorovou jednotku. Ta je charakterizována tím, že více kompresorů pracuje v jednom společném chladicím okruhu. Návrh takového zařízení je účelný zejména tam, kde existuje větší množství malých chlazených míst. Jednotka umožňuje též přizpůsobit výkon aktuální spotřebě pomocí zapínání a vypínání jednotlivých kompresorů. Návrh sdružené jednotky zpravidla šetří náklady v porovnání s montáží jednotlivých zařízení. Výhodou je rovněž udržení nouzového chodu při výpadku některého z kompresorů. Naopak nevýhodou je složitější regulační zařízení a výpadek chlazení ve všech chlazených místech při výpadku celé jednotky. Využití takových jednotek je zejména pro aplikace potravinářství (chlazené sklady, mrazicí sklady, zchlazování a zmrazování potravin), dále pak ve strojírenském a chemickém průmyslu (chlazení kapalin, velmi nízké teploty).

Sdružená kompresorová jednotka by měla být napojena na místa se stejnou nebo podobnou vypařovací teplotou. Nezbytné je oddělení chladírenské a mrazírenské části. [43]

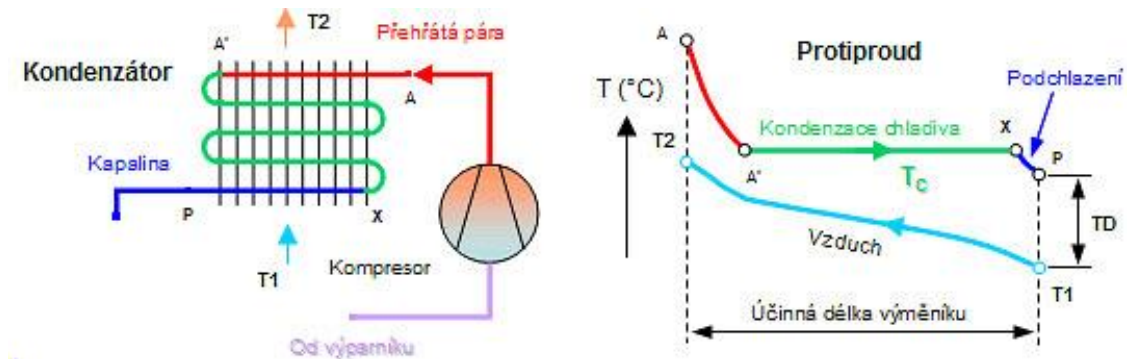


Obr. 4 Schéma zapojení sdruženého chladicího zařízení [43]

A.2.3.3 Oddělené kondenzátory

Chladicí okruh s jednokompresorovými či vícekompresorovými (sdruženými) jednotkami využívá k odvedení kondenzačního tepla zpravidla oddělený kondenzátor. Úkolem kondenzátoru je ochlazovat a zkapalňovat přehřáté páry chladiva, které byly stlačeny v kompresoru. Kondenzátor může být chlazený vzduchem nebo vodou. Nejběžnější aplikací je použití vzduchem chlazeného kondenzátoru v provedení buď se svislým, nebo vodorovným prouděním vzduchu. V obou případech je kondenzátor vybaven ventilátory, které obstarávají proudění venkovního vzduchu

přes lamelovou plochu. Na Obr. 5 je vidět, že přehřáté páry chladiva vstupují do kondenzátoru v bodě A. Po rychlém zchlazení horkých par dosáhne chladivo kondenzační teploty (bod A') a začíná kondenzovat. V bodě X se dostane veškeré chladivo do kapalného stavu. Kapalina je však průtokem vzduchu ještě podchlazena až do bodu P, kde chladivo opouští kondenzátor.



Obr. 5 Schéma práce vzduchem chlazeného kondenzátoru [21]

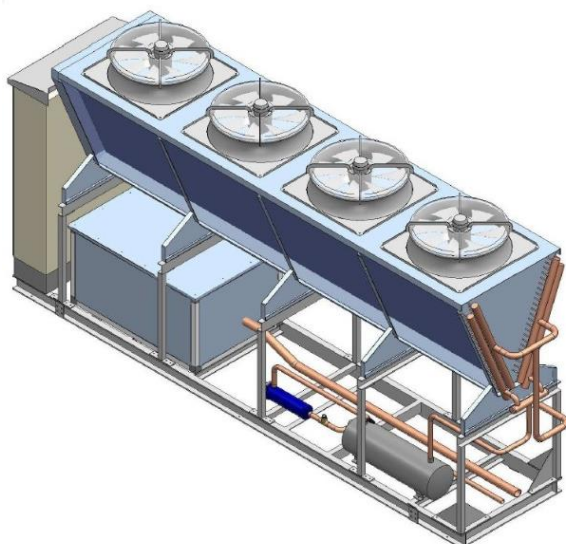
A.2.3.4 Kondenzační jednotky

Pro menší výkony (od 1 do 90kW) se s oblibou využívají malé kondenzační jednotky. Díky rozmístění všech hlavních komponentů (kompresor, vzduchem chlazený kondenzátor, sběrač chladiva) na společné ocelové základně je řešení konstrukčně velmi jednoduché. Jednotky se vyrábí v provedení do interiéru i do exteriéru. [21]

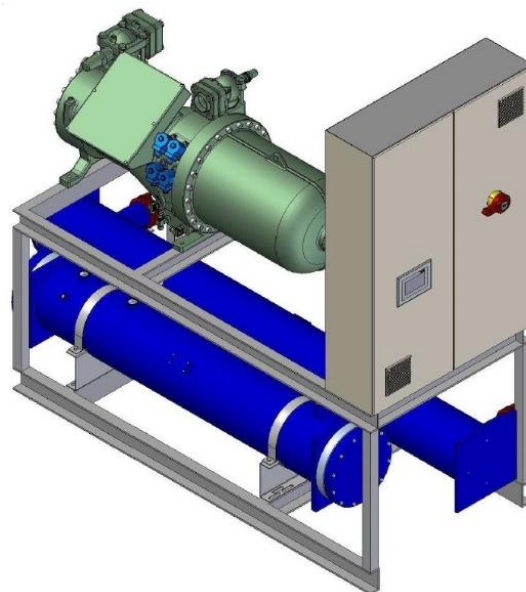


Obr. 6 Kondenzační jednotka malého výkonu [21]

Výrobci chladicích zařízení nabízejí i kondenzační jednotky pro větší výkony (viz Obr. 7). Ty v sobě kombinují kompresory, vzduchem chlazený kondenzátor a elektrický rozvaděč. Jejich umístění je tak vhodné např. na střechu. Dosažitelné výkony se pohybují od 200 do 1400kW.



Obr. 7 Kondenzační jednotka se vzduchem chlazeným kondenzátorem [31]



Obr. 8 Kondenzační jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem [31]

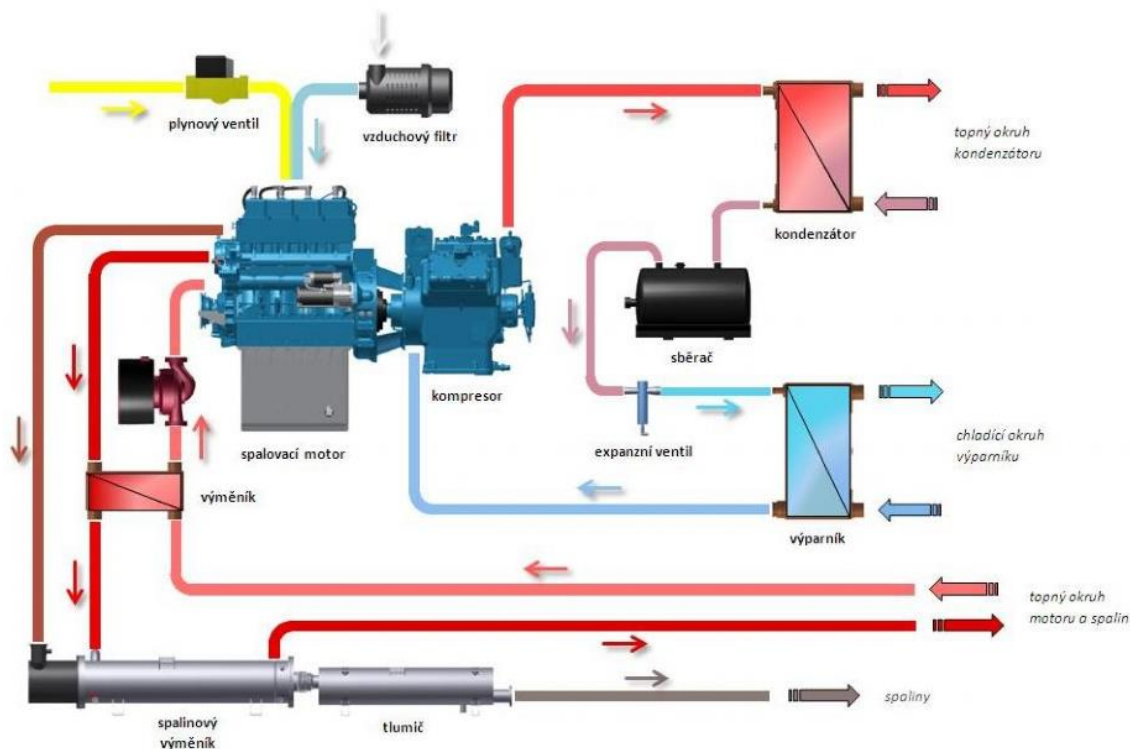
Kondenzační jednotky existují rovněž v provedení s vodou chlazeným kondenzátorem (viz Obr. 8), který se uplatní při velkých výkonech (200 – 2500 kW), kde není vzduchem chlazený kondenzátor dostatečný. V takovém případě je kondenzátor chlazen chladicí vodou ochlazovanou v různých typech chladičů, např. v otevřených chladičích věžích, uzavřených chladičích věžích, hybridních chladičích, adiabatických chladičích nebo suchých chladičích. [31]

A.2.4 Využití odpadního tepla

V dnešní době se klade poměrně značný důraz na ekonomické úspory, díky tomu se výrobci snaží přicházet s technickými řešeními, která ušetří uživateli nemalé finanční prostředky. Jedním z takových řešení je využití odpadního tepla vzniklého při výrobě chladu.

Jednou z výhodných možností využití odpadního tepla je tzv. plynové tepelné čerpadlo. *Plynové tepelné čerpadlo najde uplatnění všude tam, kde jsou požadavky na dodávku chladu a kde lze současně využít i teplo. V řadě míst však plynové tepelné čerpadlo může pracovat i v čistě topném režimu. Mezi typická místa nasazení patří např.: potravinářské závody, průmyslové podniky, kancelářské budovy, zimní stadiony, nemocnice, školy, hotely apod.* [28]

Základem jednotky je plynový spalovací motor, který pohání kompresor, který je spolu s výparníkem a kondenzátorem základem chladivového okruhu. Na jedné straně tak jednotka dodává chlad z výparníku, na druhé straně dodává teplo uvolněné v kondenzátoru, bloku motoru a ze spalin.



Obr. 9 Schéma plynového tepelného čerpadla [28]

A.3 Cíl práce, zvolené metody řešení

Cílem práce je navrhnout vhodný systém chlazení pro zadaný objekt potravinářského provozu, který se zabývá zpracováním masa.

Mezi dílčí kroky návrhu chladicího systému patří:

- výpočet tepelné bilance – výpočet tepelné zátěže a potřebného chladicího výkonu
- návrh optimálního technického zařízení, které zajistí požadovaný stav chlazených prostorů
- posouzení navržených variant z hlediska uživatelského, ekonomického, z hlediska prostorových nároků a vlivu na životní prostředí.
- experimentální měření – ověření platnosti teoretických poznatků

A.3.1 Popis variant

Jak bylo uvedeno v kapitole A.2, obvyklým řešením chladicího systému pro potravinářský provoz je systém přímého chlazení se suchými výparníky, kompresorovou jednotkou a vzduchem chlazeným kondenzátorem. Toto řešení je jak z hlediska návrhu tak zejména údržby nejnvhodnější. V práci bylo přistoupeno k návrhu dvou variant stejného systému ovšem s použitím rozdílných chladiv. Přestože se to na první pohled jeví jako nepatrná změna, je výběr chladiva klíčový a značně ovlivní návrh všech dílčích zařízení.

A.3.2 Chladiva

Chladivem je látka, která přijímá 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. [12]

Existuje řada chemických látek a různých směsí, které lze použít jako chladivo, ale ne všechny mají vhodné vlastnosti, aby je bylo možné bez problému použít i v praxi.

Jak uvádí Dvořák [12], o účelném použití chladiva rozhodují zejména:

- termodynamické vlastnosti (tlaky, chladivost, termodynamická dokonalost)
- fyzikální vlastnosti (elektrické vlastnosti, rozpustnost s vodou a oleji, hořlavost a výbušnost)
- chemické vlastnosti (působení na materiály)
- fyziologické působení na člověka
- cena a dodací možnosti.

A.3.2.1 Rozdělení chladiv

Chladiva lze rozdělit do dvou velkých skupin na chladiva přírodní a syntetická.

Přírodní chladiva

Mezi přírodní chladiva řadíme čpavek (NH_3), vodu (H_2O), oxid uhličitý (CO_2) a další. Jejich hlavní předností je, že nepoškozují ozonovou vrstvu, mají buď nulový, nebo nízký skleníkový efekt, problémem je hořlavost a výbušnost některých z nich.

Syntetická chladiva

Syntetická chladiva dále dělíme na:

Chlorfluorované uhlovodíky (CFC)

Označují se také jako „tvrdé freony“. Patří mezi ně např. chladivo R11, R112, R502. Jejich používání je od 1. 1. 2010 zakázáno.

Částečně chlorované uhlovodíky (HCFC)

Jejich představitelem je chladivo R22. Mají v molekule atom vodíku, díky tomu se v atmosféře rychleji rozkládají. Tyto látky se od 1. 1. 2015 nesmí uvádět na trh a používat pro údržbu a opravu stávajících chladicích zařízení. [26]

Částečně fluorované uhlovodíky (HFC)

Jedná se o chladiva neobsahující chlor. Tato chladiva nepoškozují ozonovou vrstvu. Označují se také jako tzv. F-plyny. Mezi ně patří chladiva: R134a, R404A, R407A, B, C a další.

A.3.2.2 Směsi chladiv

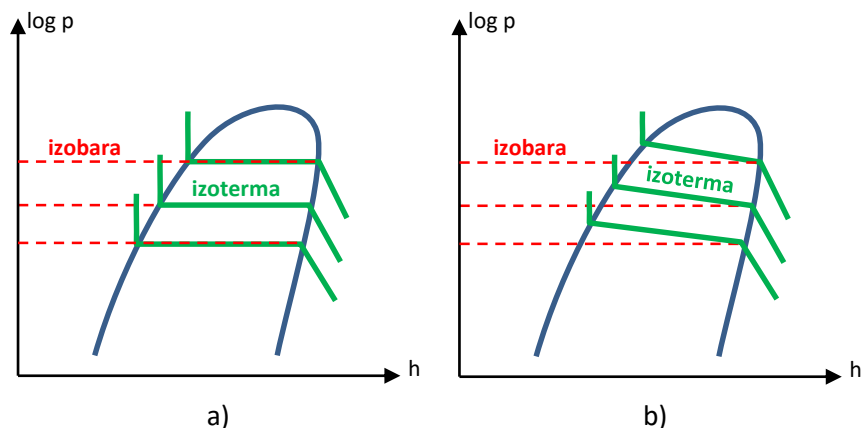
Chemicky čistá chladiva jsou označována jako jednosložková, pokud se použije více jednosložkových chladiv, hovoříme o směsi. Tím vznikne chladivo s ideálními vlastnostmi. Směsi můžeme rozdělit na azeotropní a zeotropní.

Azeotropní směs

Směs se chová jako jednosložkové chladivo. Chladiva mají při rovnovážném stavu stejné složení páry i kapaliny. Při změně skupenství za konstantního tlaku se nemění teplota. Mezi představiteli azeotropních směsí patří např. chladivo R502.

Zeotropní směs

Vyznačují se teplotním skluzem, který vyjadřuje teplotní rozpětí mezi kondenzací a odpařováním. V důsledku různých bodů varu jednotlivých složek má parní i kapalná fáze při rovnováze různé složení. Typickým představitelem zeotropních směsí je chladivo R407A. Pokud je teplotní skluz velmi malý, hovoříme o chladivech blíže azeotropních. Patří mezi ně např. chladivo R404A.



Obr. 10 Rozdíl mezi a) azeotropními a b) zeotropními chladiv

A.3.2.3 Značení chladiv

Kvůli přehlednosti byl zaveden systém číslování chladiv. Chladiva se označují písmenem R a třímístným číslem. V případě halogenovaných uhlovodíků:

$$R \ X \ Y \ Z$$

kde:

X ... je číslo o 1 menší než počet atomů uhlíku

Y ... je číslo o 1 větší než počet atomů vodíku

Z ... je počet atomů fluoru

Směsi chladiv se značí R400 a výše (zeotropní) a R500 a výše (azeotropní)

Ostatní chladiva (přírodní) se značí R 7XY, kde XY je zaokrouhlená molová hmotnost.

A.3.2.4 Vliv chladiv na životní prostředí

Z hlediska dopadu na životní prostředí se chladiva srovnávají na základě dvou ukazatelů ODP a GWP.

ODP (Ozone depletion potential)

Potenciál vyčerpání ozonu vztažený ke chladivu R11. $ODP_{R11}=1$. Koeficient ODP se uplatní pouze v případě, že by chladivo uniklo do atmosféry.

GWP (Global warming potential)

Potenciál globálního oteplování GWP udává poměrný oteplovací účinek daného chladiva v porovnání s účinkem čistého CO₂. GWP se počítá jako stoletý potenciál oteplování jednoho kilogramu plynu v poměru k jednomu kilogramu CO₂. $GWP_{CO_2}=1$

A.3.2.5 Budoucnost chladiv

Od 1. 1. 2015 vstoupilo v platnost nařízení ES č. 817/2014, které má za cíl postupné snižování množství F-plynů na trhu EU a současně postupně zakazuje chladiva s vysokým GWP v určitých oblastech trhu. Toto nařízení klade rovněž důraz na omezování úniků chladiv a nařizuje vybraným provozovatelům pravidelné kontroly těsnosti. Nařízení rovněž zavádí certifikační programy a školení pro osoby provádějící instalaci a servis chladicích zařízení.

Toto všechno pravděpodobně povede k prosazování alternativních chladiv nebo takových F - plynů, které mají nízké GWP. Velice pravděpodobně budou zavedeny poplatky a daně za F - plyny, čímž dojde k nárůstu ceny F-plynů. [37]

A.3.3 Odlišnosti variant

Pro zadaný objekt a navržený systém přímého chlazení byla vybrána chladiva R717 a R404A, tedy zástupce přírodních chladiv a zástupce jednoho z nejběžnějších F-plynů. Zhodnocení obou variant je uvedeno v kapitole B.9 ve výpočtové části práce. Zde jsou popsány hlavní odlišnosti, na které bylo při návrhu třeba pamatovat.

Čpavek NH₃ – R717

Čpavek je jedním z nejstarších chladiv. Je výhodný zejména pro svoji vysokou objemovou chladivost, přiměřené tlaky a nízkou cenu. Jeho hlavní nevýhodou je jeho výbušnost, hořlavost a jedovatost. Díky pronikavému zápachu však snižuje nebezpečí tím, že vytváří nesnesitelné ovzduší již při nízkých koncentracích. Již s velmi malým množstvím vody napadá mnoho kovů. Zvláště nepříznivě narušuje mosaz mezikrystalickou korozi. Pro všechny části přicházející do styku s kapalinou se nesmí používat měď a její slitiny. [12]

Vhodným materiálem je proto nerez. To významně ovlivní návrh, kde je potřeba navrhovat veškerá zařízení (výparníky, kompresory, kondenzátory) ve speciálním provedení určeném pro čpavek.

Díky své velké hmotnostní chladivosti se na rozdíl od běžných chladiv výrazně snižuje potřebný hmotnostní průtok, který je v porovnání s chladivem R404A zhruba desetinný. To vede spolu s možnými vyššími rychlostmi k výraznému zmenšení dimenzí potrubí.

Chladivo R404A

Jak již bylo uvedeno výše, jedná se o blízce azeotropní chladivo s malým tepleným skluzem složené ze tří složek R125, R134a a R143a. Na rozdíl od čpavku není výbušné ani jedovaté. Chladivo

je velmi málo korozivní, díky tomu lze bez problémů použít potrubí a bloky zařízení z mědi. Nevýhodou jsou jeho vyšší výrobní náklady a v porovnání se čpavkem menší hmotnostní chladivost. Při návrhu je tedy možné použít běžně dostupná zařízení (výparníky, kompresory a kondenzátory).

A.3.4 Postup návrhu

Návrh systému chlazení pro varianty s oběma chladivami zahrnuje:

- Stanovení návrhových parametrů (teploty, relativní vlhkosti...)
- Stanovení tepelných zisků
- Výpočet potřebného chladicího výkonu v jednotlivých místnostech
- Stanovení výparných teplot
- Návrh výparníků
- Návrh kompresorových jednotek
- Návrh kondenzátorů
- Řešení rozvodů chladiva, stanovení dimenzí potrubí
- Návrh doplňkových zařízení
- Zhodnocení variant

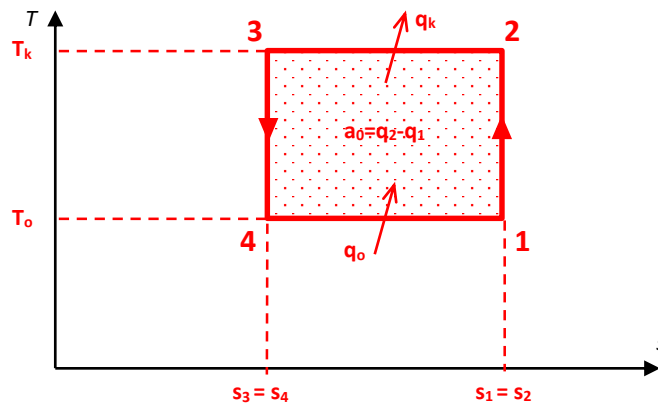
A.4 Teoretické řešení

Chlazení je založeno na 2. termodynamickém zákonu, podle kterého může teplo samovolně přecházet pouze z vyšší teploty na nižší. Principem chlazení je tedy odnímání tepla předmětům nebo látkám, které se tím buď ochlazují na teploty nižší než okolní, nebo se mění jejich skupenství.

A.4.1 Obrácený Carnotův cyklus

Základním teoretickým chladicím okruhem je obráceně pracující Carnotův cyklus. Ten využívá stejné termodynamické procesy jako tepelný stroj, ale probíhá opačným směrem. Hovoříme o levotočivém cyklu. Carnotův cyklus se využívá pro možné porovnání různých chladicích zařízení. Jak je vidět na Obr. 11 tento cyklus je sestaven ze čtyř termodynamických jevů:

- adiabatická komprese
- izotermická komprese
- adiabatická expanze
- izotermická expanze



Obr. 11 Carnotův cyklus v T-s diagramu

Chladicí látka o teplotě T_o přijímá teplo q_1 . Dodáním práce a_o se chladicí látka stlačí na teplotu T_k . Následně je z cyklu odvedeno teplo q_2 . Adiabatickou expanzí se sníží teplota chladicí látky opět na teplotu T_o .

Tepelné toky lze vyjádřit pomocí vztahů:

$$q_o = T_o(s_1 - s_4) = T_k(s_2 - s_3) \quad (1)$$

$$q_k = T_k(s_2 - s_3) \quad (2)$$

kde:

q_o ... teplo přivedené, které se odebere chlazené látce ve výparníku [J/kg]

q_k ... teplo odvedené z kondenzátoru [J/kg]

T_o ... teplota vypařovací [K]

T_k ... teplota kondenzační [K]

s ... entropie daného stavu [J/(kg·K)]

Adiabatická práce kompresoru je dána:

$$a_o = q_k - q_o \quad (3)$$

kde:

a_o ... měrná adiabatická práce kompresoru [J/kg]

Chladicí faktor, který vyjadřuje poměr mezi teplem odvedeným a prací, kterou je do systému potřeba dodat, je pak dán vztahem:

$$\varepsilon_{ch\,CARNOT} = \frac{q_o}{a_o} = \frac{q_o}{q_k - q_o} = \frac{T_o(s_2 - s_3)}{T_k(s_2 - s_3) - T_o(s_2 - s_3)} = \frac{T_o}{T_k - T_o} \quad (4)$$

kde:

$\varepsilon_{ch\,CARNOT}$... chladicí faktor obráceného Carnotova cyklu [-]

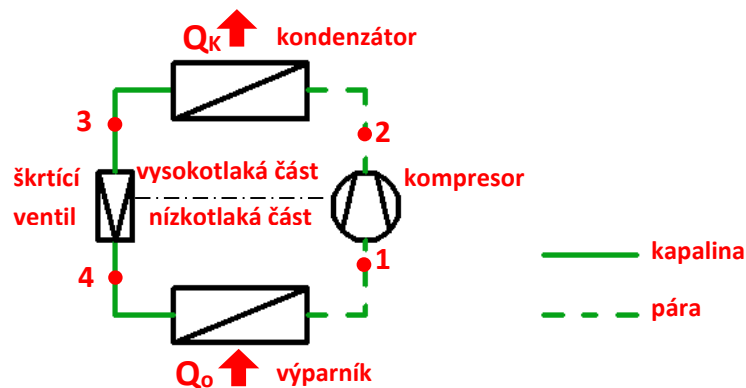
Chladicí faktor Carnotova cyklu je výchozí hodnotou pro stanovení účinnosti skutečného chladičího zařízení.

A.4.2 Clausius-Rankinův cyklus

Teoretickým základem kompresorového chlazení, tedy nejběžnějšího systému výroby chladu, je obrácený Clausius-Rankinův cyklus. Skládá se ze čtyř základních komponentů (kompresor, kondenzátor, škrťací ventil a výparník), ve kterých probíhají následující čtyři termodynamické změny:

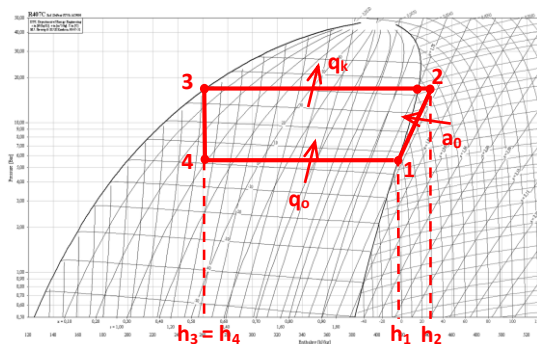
- adiabatická komprese
- ochlazování a kondenzace
- izoentaltické škrťení
- vypařování

Jak je vidět na Obr. 12, cyklus začíná kompresorem, který stlačuje páry chladiva tak, že ze syté páry vzniká pára přehřátá. Tento proces probíhá po křivce konstantní entropie – nazýváme ho tedy adiabatický. Prouděním přes kondenzátor páry chladiva odevzdávají teplo a mění se na sytou kapalinu. Ve škrťacím ventilu probíhá izoentaltické škrťení, což vede k výraznému snížení tlaku chladiva, a tím i ke snížení jeho teploty. Ve výparníku na rozdíl od kondenzátoru chladivo teplo přijímá, což způsobí odpaření chladiva. Páry chladiva pak pokračují opět do kompresoru, čímž se okruh uzavírá.

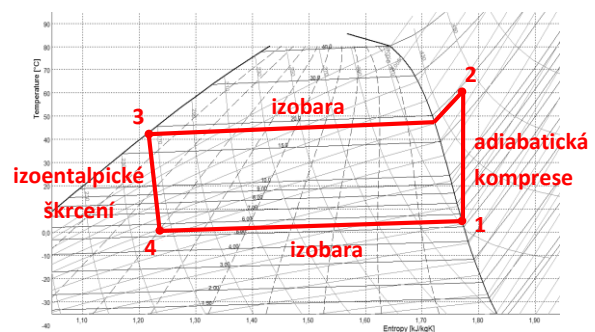


Obr. 12 Schéma kompresorového chlazení

Jednotlivé děje jsou vidět v diagramech p-h (Obr. 13) a T-s (Obr. 14).



Obr. 13 Clausius-Rankinův cyklus v p-h diagramu



Obr. 14 Clausius-Rankinův cyklus v T-s diagramu

Tepelné toky lze vyjádřit pomocí vztahů:

$$q_o = h_1 - h_4 \quad (5)$$

$$q_k = h_2 - h_3 \quad (6)$$

kde:

q_o ... teplo přivedené, které se odebere chlazené látce ve výparníku [J/kg]

q_k ... teplo odvedené z kondenzátoru [J/kg]

h ... entalpie daného stavu [J/kg]

Měrná práce kompresoru je dána:

$$a_o = q_k - q_o = h_2 - h_1 \quad (7)$$

kde:

a_o ... měrná práce kompresoru [J/kg]

Chladicí faktor, který vyjadřuje poměr mezi teplem odvedeným a prací, kterou je do systému potřeba dodat, je pak dán vztahem:

$$\varepsilon_{ch} = \frac{q_o}{a_o} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (8)$$

kde:

ε_{ch} ... chladicí faktor [-]

A.4.3 Skutečný chladicí cyklus

Skutečná chladicí zařízení s jednostupňovou kompresí přesně neodpovídají teoretickému Clausius-Rankinovu cyklu. Liší se zejména v přehřívání par nasávaných kompresorem, podchlazení chladiva v kapalném stavu a také kompresí par chladiva.

Jak je vidět na Obr. 15, kompresor nasává chladivo ve stavu 1, které představuje přehřátou páru. To je výhodné proto, aby kompresor nenasával kapičky chladiva, čímž by mohlo docházet k jeho většímu opotřebení. Přehřátí se dosáhne správným nastavením termostatického expanzního ventilu.

Podchlazení je dáno polohou bodu 4, který je oproti teoretickému cyklu posunut. Tím se získá větší chladivost ale především správné fungování škrtkícího ventilu.

Další odlišností skutečného okruhu od teoretického je v kompresi chladiva. V teoretickém Clausius-Rankinově cyklu se uvažuje komprese jako izoentropická. Ve skutečnosti se však část

energie s okolím vyměňuje, dochází tedy ke kompresi polytropické. Při výpočtech skutečných oběhů se proto zavádí izoentropická účinnost. Tu lze vypočítat ze vztahu:

$$\eta_{ie} = \frac{P_{ie}}{P_i} \quad (9)$$

kde:

η_{ie} ... izoentropická účinnost kompresoru

P_{ie} ... teoretický izoentropický příkon [W]

P_i ... indikovaný příkon kompresoru [W]

Efektivnost skutečného chladicího cyklu je dána podílem chladicího faktoru skutečného chladicího cyklu a chladicího faktoru obráceného Carnotova cyklu.

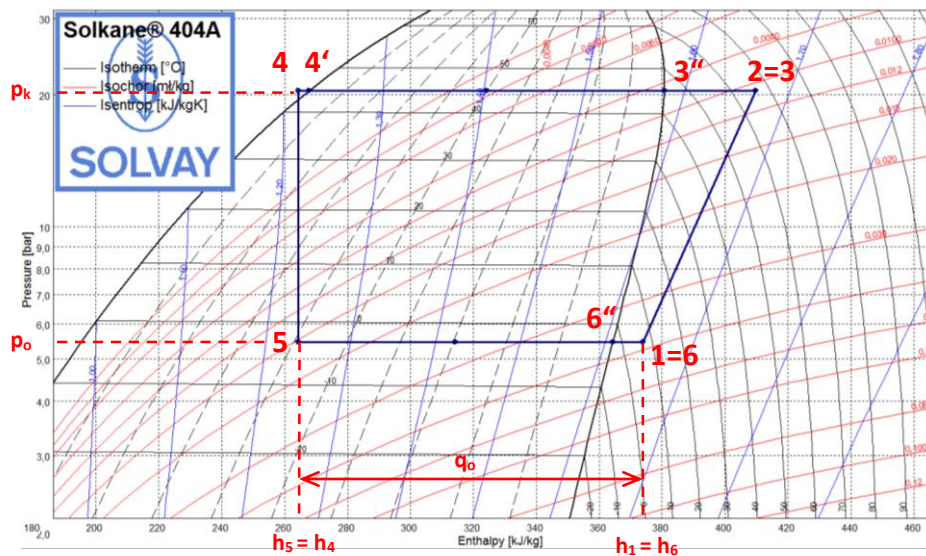
$$\eta_R = \frac{\varepsilon_{ch}}{\varepsilon_{ch_{CARNOT}}} \quad (10)$$

kde:

η_R ... účinnost chladicího cyklu [-]

ε_{ch} ... chladicí faktor skutečného cyklu [-]

$\varepsilon_{ch_{CARNOT}}$... chladicí faktor obráceného Carnotova cyklu [-]



Obr. 15 Skutečný chladicí cyklus v diagramu log p-h [36]

A.5 Experimentální řešení

Teoretické vztahy uvedené v kapitole A.4 byly použity při výpočtech chladicích faktorů a dalších veličin popisujících skutečné chladicí okruhy měřené v rámci experimentální části této práce. Popis průběhu měření, včetně použité měřicí techniky a postupu zpracování výsledků je uveden v části C této práce.

A.6 Řešení využívající výpočetní techniku

Náplní práce je zejména návrh jednotlivých zařízení chladicího okruhu. Jejich výběr byl realizován za pomoci návrhových softwarů výrobců jednotlivých zařízení. Pro návrh výparníků a kondenzátorů byl použit návrhový software firmy GEA [16]. Parametry kompresorů byly stanoveny ze softwarů Bitzer [2], Frigopol [15] a Dorin [11].

Výpočtové hodnoty jednotlivých veličin chladicích okruhů, potřebné jednak pro dimenzování v rámci výpočtové části, současně pro možnost porovnání výsledků experimentální části práce, byl proveden v softwaru Solkane [36], který umožnil současně vykreslení chladicího cyklu do diagramu chladiva. Jelikož program Solkane [36] neumožňuje práci s chladivem R717 a R407F, byly pro potřeby výpočtů těchto chladiv použity další softwary Genetron Properties [16] nebo Refrigeration Utilities [32].

Pro účely výpočtu teplených zisků či statistického vyhodnocení experimentální části byl využit tabulkový program Microsoft Excel.

B.APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

B.1 Analýza objektu

B.1.1 Popis objektu

Cílem této části diplomové práce je navrhnout optimální systém chlazení potravinářského provozu. Jedná se o objekt masozávodu, který se skládá ze dvou částí – administrativní a provozní. Provozní část objektu je skeletová montovaná hala ze železobetonových prefabrikátů. Je dvou-podlažní, obdélníkového půdorysu o rozměrech 80,82 x 54,6 m. Opláštění haly a stěny mezi jednotlivými místnostmi jsou provedeny z polyuretanových panelů. V prvním podlaží se nachází výrobní a skladovací prostory, v podstřešním prostoru se nachází prostory pro technologie – zejména strojovna chlazení, strojovna vzduchotechniky či rozvodna. Na provozní část objektu navazuje třípodlažní administrativní část, která je navržena jako zděná s plochou střechou. V této části se nachází hygienické prostory pro personál, šatny, dále jídelna, kuchyně a kanceláře. Náplní diplomové práce je návrh systému chlazení pouze pro provozní část objektu.

B.1.2 Koncepce chlazení

V budově je navržen systém přímého chlazení. S chlazením je počítáno pouze v místnostech, které vzhledem k hygienickým požadavkům na zpracování masa vyžadují udržovat teplotu na stanovených hodnotách. Strojovna chlazení bude umístěna v místnosti 110 ve 2.NP. V ní jsou navrženy sdružené kompresorové jednotky s odděleným kondenzátorem umístěným na ploché střeše.

Horizontální rozvody budou zavěšeny pod stropem a budou procházet chlazenými prostory, vertikální budou probíhat strojovnou chlazení.

Součástí návrhu chlazení není návrh zdroje chladu pro vzduchotechniku ani pro další technologická zařízení. Tyto zdroje chladu pracují s jinou vypařovací teplotou, navíc není znám jejich požadovaný výkon. Jejich případný návrh by proto byl řešen samostatně a není obsažen v této práci.

B.1.3 Popis variant

V rámci práce jsou srovnány dvě varianty. Liší se ve zvoleném chladivu. Varianta č. 1 uvažuje použití chladiva R717 (čpavek) a varianta č. 2 předpokládá použití chladiva R404A.

B.1.4 Návrhové parametry

Pro určení klimatických podmínek byly použity hodnoty pro město Brno. Hodnota návrhové teploty exteriéru je uvedena v Tab. 1. Požadované teplotní parametry pro chlazené místnosti v interiéru byly zvoleny na základě komunikace se zástupcem firmy Steinex, která plánuje zpracovávaný objekt realizovat. Hodnoty teplot sousedních nechlazených místností a prostorů potřebné pro výpočet prostupu tepla byly zvoleny odhadem. Ve výpočtu tepelných zisků nemají rozhodující vliv. Návrhové parametry chlazených prostorů uvádí Tab. 2. Pro výpočet tepelné zátěže jsou podstatné výpočtové teploty ostatních místností, s kterými chlazené místnosti sousedí. Ty jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 1 Návrhové parametry exteriéru [33]

Brno	Teplota [°C]	Entalpie [kJ/kg]
LÉTO	29	56,2

Tab. 2 Návrhové parametry chlazených místností v interiéru

Místnosti		Požadovaná teplota	Návrhová teplota	Výpočtová relativní vlhkost
Č. m.	Popis	[°C]	[°C]	[%]
2	Příjem masa	4-6	5	85
5	Chladírna	0-2	1	85
6	Chladírna	0-2	1	85
8	Manipulační chodba	10-12	10	85
9	Kosti – chlazený sklad	4-6	5	85
10	Čisté přepravky	10-12	10	85
14	Chladírna střev	do 8	7	85
16	Předmrazírna	0-2	1	85
17	Mrazírna masa	-20	-20	85
19	Výrobní chladírna	0-2	1	85
20	Chladírna – masírky + nastř. masa	0-2	1	85
21	Bourárna	do 10	10	85
22	Expediční chladírna masa	0-2	1	85
23	Expediční chladírna baleného masa	0-2	1	85
24	Míchárna, kutr	do 10	10	85
25	Chladírna zamíchané suroviny	do 10	10	85
26	Koření	do 10	10	85
27	Obaly	do 10	10	85
28	Narážkárna	do 10	10	85
29	Výroba specialit	do 10	10	85
34	Chladírna nar. šunky	0-2	1	85
35	Zchlazování	2-4	3	85
44	Balení nářezů	6-8	7	85
45	Balení, etiketování	6-8	7	85
46	Expediční chladírna výroby	2-4	3	85
47	Vychystávání	2-4	3	85
50	Nakládka	4-6	5	85
52	Mrazírna	-25	-25	85
53	Chodba		15	60
54	Kartonování	6-8	7	85

Tab. 3 Výpočtové teploty sousedních nechlazených prostorů

Místnosti a prostory		Výpočtová teplota	Výpočtová relativní vlhkost
Č. m.	Popis	[°C]	[%]
ZEM	Teplota zeminy	5	-
PŮD	Podstřešní prostor	29	-
3	Řidiči	24	50
4	Kancelář	24	50
7	Špinavé obaly	24	50
11	Mytí přepravek	24	50
12	Špinavé obaly	24	50
13	Čisticí prostředky	24	50
15	Praní střev	24	50
18	Čisté vozíky + Mytí	24	50
30	Manipulační chodba	24	50
31	Udírnny, varné komory	24	50
33	Vařená výroba	24	50
40	Sklad MTZ	24	50
48	Kancelář expedice	24	50
49	Hygienická bariéra	24	50
51	Řidiči	24	50
55	Hygienická bariéra	24	50
56	Pitný režim	24	50
110	Šatna bílá – ženy	24	50
113	Předsíň + WC	24	50
116	Schodiště bílý personál	24	50

B.2 Výpočet tepelné zátěže a potřeby chladicího výkonu

Pro výpočet potřeby chladicího výkonu jsou rozhodující zejména tyto tepelné zátěže: prostup tepla konstrukcemi, teplo potřebné na zchlazení zboží, teplo od pronikajícího vzduchu, teplo od lidí, teplo od ventilátorů, teplo od odtávacího zařízení a dalších strojů.

B.2.1 Prostup tepla konstrukcemi

Pro tepelnou zátěž prostupem stěnami a konstrukcemi je rozhodující plocha stěny, součinitel prostupu tepla a teplota v sousedním prostoru. Výpočet byl proveden pro každou chlazenou místnost samostatně. V případě, že teplota sousední místnosti je nižší než návrhová teplota počítané místnosti, může dojít k tomu, že je prostup tepla záporný. To znamená, že se nejedná o tepelnou zátěž, ale o tepelnou ztrátu. Prostup tepla konstrukcí je dán vztahem:

$$Q_s = U \cdot S \cdot (t_e - t_i) \quad (11)$$

kde:

Q_s ... tepelná zátěž prostupem tepla konstrukcí [W]

U ... součinitel prostupu tepla [W/(m²·K)]

S ... plocha stěny [m²]

t_e ... teplota sousedního prostoru [°C]

t_i ... návrhová teplota interiéru [°C]

B.2.1.1 Výpočet součinitele prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla ovlivní zejména izolační schopnost stěn chlazených prostorů, jejich tloušťka a součinitele přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce. Výpočet součinitele prostupu tepla je daný vztahem:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} \quad (12)$$

U ... součinitel prostupu tepla [W/(m²·K)]

α_i ... součinitel přestupu tepla na straně interiéru [W/ m²·K]

α_e ... součinitel přestupu tepla na straně exteriéru [W/ m²·K]

s ... tloušťka konstrukce [m]

λ ... součinitel tepelné vodivosti [W·m⁻¹·K⁻¹]

Součinitele přestupu tepla na vnitřní a vnější straně je obtížné určit, proto bylo při návrhu použito hodnot uvedených v [43].

Tab. 4 Součinitele přestupu tepla [43]

	[W/(m ² ·K)]	
α_e	29	
α_i	19	při chlazení s nucenou cirkulací vzduchu

Ve výpočtové části jsou uvedeny pouze příklady výpočtu pro tři konstrukce. Výpočty ostatních konstrukcí jsou uvedeny v Příloze A.

Výpočet pro stěnu vnější tl. 200 mm

Skladba:

tl. 200 mm Polyuretanový panel $\lambda = 0,0224 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [29]

Výpočet dle vztahu (12):

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{29} + \sum \frac{0,2}{0,0224} + \frac{1}{19}} = 0,111 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Výpočet pro podlahu mrazírny

Skladba:

tl. 50 mm Roznášecí betonová vrstva $\lambda = 1,36 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [6]

tl. 100 mm Polyuretanové desky $\lambda = 0,022 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [10]

tl. 100 mm Podkladní beton $\lambda = 1,36 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [6]

Výpočet dle vztahu (12):

$$U = \frac{1}{\sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\sum \left(\frac{0,05}{1,36} + \frac{0,1}{0,022} + \frac{0,1}{1,36} \right) + \frac{1}{19}} = 0,212 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Výpočet pro stěnu PUR panel + zdivo 150

Skladba:

tl. 50 mm Polyuretanový panel $\lambda = 0,0224 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [29]

tl. 140 mm Cihelné tvárnice Porotherm $\lambda = 0,28 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [44]

tl. 10 mm Omítka vnitřní $\lambda = 0,45 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [6]

Výpočet dle vztahu (12):

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{19} + \sum \left(\frac{0,05}{0,0224} + \frac{0,14}{0,28} + \frac{0,01}{0,45} \right) + \frac{1}{19}} = 0,345 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Součinitele prostupu tepla okny a dveřmi

Hodnoty součinitelů prostupu tepla okny a dveřmi byly stanoveny na základě hodnot uváděných výrobcí v technických listech výrobků.

Výsledky

Výsledky součinitelů prostupu tepla všech konstrukcí jsou uvedeny v Tab. 5.

Tab. 5 Vypočítané hodnoty součinitele prostupu tepla

Typ konstrukce	Popis	Tloušťka	Součinitel prostupu tepla
		[mm]	[W/m ² K]
Stěny z PUR	Stěna vnitřní	60	0,359
	Stěna vnitřní	80	0,272
	Stěna vnitřní	200	0,111
	Stěna vnější	120	0,184
	Stěna vnější	200	0,111
PUR + zdivo	PUR + zdivo 250mm	300	0,329
	PUR + zdivo 150mm	200	0,345
Stropy	Strop chladírna		0,212
	Strop mrazírna		0,109
Podlahy	Podlaha chladírna		0,411
	Podlaha mrazírna		0,212
Okna	Okno		1,200
Dveře a vrata	Mrazírenské dveře		0,24 [14]
	Chladírenské dveře - posuvné		0,39 [14]
	Chladírenské dveře - otevíravé		0,39 [14]
	Provozní ocelové dveře		0,80 [14]
	Polochladírenské dveře		0,80 [14]
	Sekční vrata zateplená		0,51 [20]

B.2.1.2 Tepelná zátěž prostupem tepla konstrukcemi

Výpočet tepelné zátěže prostupem je proveden dle vztahu (11). Ve výpočtové části je názorný příklad tepelné zátěže prostupem tepla jednotlivými stěnami a dalšími konstrukcemi do místnosti č. 5. Celkový prostup tepla je dán součtem prostupu tepla jednotlivých stěn a konstrukcí. Výpočty dalších místností jsou uvedeny v Příloze B.

Výpočet prostupu tepla stěnami do místnosti č. 5

Tab. 6 Výpočet prostupu tepla stěnami do místnosti č. 5

MÍSTNOST 5 Chladírna					
Teplota interiéru		$t_i =$		1	°C
Světlá výška		s.v. =		4	m
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny	Teplota sousedního prostoru	Součinitel prostupu tepla	Prostup tepla stěnou
		S [m ²]	t_e [°C]	U [W/m ² K]	Q _s [W]
stěna vnější 120mm	EXT	37,16	29	0,184	191,1
stěna vnitřní 80mm	21	18,40	10	0,272	45,0
stěna vnitřní 80mm	6	37,00	1	0,272	0,0
stěna vnitřní 80mm	2	10,10	5	0,272	11,0
stěna vnitřní 80mm	4	8,00	24	0,272	50,0
chladírenské dveře - posuvné	2	2,80	5	0,390	4,4
chladírenské dveře - posuvné	21	2,80	10	0,390	9,8
strop	PŮDA	49,03	29	0,212	291,3
podlaha	ZEM	49,03	5	0,411	80,5
Celkem					683,2

Výsledky

Prostupy tepla konstrukcemi do všech místností jsou uvedeny v Tab. 7. Energie prošlá za časový úsek jednoho dne se stanoví ze vztahu:

$$Q_s = Q_s \cdot \Delta\tau \quad (13)$$

kde:

Q_s ... prostup tepla denně [Wh]

Q_s ... prostup tepla [W]

$\Delta\tau$... časový úsek [h] ... 1 den = 24 h

Tab. 7 Prostup tepla do jednotlivých místností

Místnost	Prostup tepla stěnou	Prostup tepla stěnou za den	Teplota v místnosti
	Q_s [W]	Q_s [Wh]	t_i [°C]
2 Příjem masa	741,4	17794,5	5
5 Chladírna	683,2	16397,0	1
6 Chladírna	453,1	10873,9	1
8 Manipulační chodba	-95,9	-2301,5	10
9 Kosti - chlazený sklad	399,6	9590,5	5
10 Čisté přepravy	399,4	9584,8	10
14 Chladírna stěv	124,9	2997,4	7
16 Předmrazírna	114,1	2739,3	1
17 Mrazírna masa	1317,6	31622,1	-20
19 Výrobní chladírna	1190,7	28576,8	1
20 Masírky + nastř. Masa	2829,6	67910,1	1
21 Bourárna	414,7	9952,2	10
22 Expediční chladírna masa	532,2	12773,9	1
23 Expediční chladírna baleného masa	325,0	7799,2	1
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	908,2	21795,9	10
25 Chladírna zamíchané sur.	8,6	205,3	10
34 Chladírna nar. šunky	738,1	17713,7	1
35 Zchlazování	1506,3	36152,2	3
44 Balení nářezů	1283,5	30803,1	7
45 Balení, etiketování	836,4	20072,6	7
46 Expediční chladírna mas. výroby	2561,4	61473,8	3
47 Vychystávání	2158,5	51804,3	3
50 Nakládka	751,2	18028,8	5
52 Mrazírna	980,4	23529,4	-25
53 Chodba	-168,4	-4041,5	15
54 Kartonování	386,6	9277,6	7
Prostup tepla celkem	20638,8	513125,2	

B.2.2 Teplo odnímané ochlazovanému zboží

Množství tepla potřebného pro ochlazení zboží závisí především na hmotnosti zboží, jeho měrné tepelné kapacitě a rozdílu teplot, o které se má zboží ochladit. Měrná tepelná kapacita se liší podle toho, zda se jedná o zboží před nebo po dosažení bodu mrazu. Ve výpočtech není počítáno s teplem potřebným na překonání fázové změny, jelikož se v mrazírnách uvažuje pouze s dochlazením zboží, nikoli s jeho kompletním zmrazováním.

Výpočet tepla potřebného na ochlazení zboží byl proveden dle vztahu (14), který zohledňuje čas, za který se má požadované množství zboží ochladit o požadovaný rozdíl teplot.

$$Q_z = \frac{m \cdot c_p \cdot \Delta t}{3,6 \cdot \tau} \quad (14)$$

kde:

Q_z ... teplo potřebné k ochlazení zboží [W]

m ... množství zboží [kg]

c_p ... měrná tepelná kapacita zboží [kJ/(kg·K)]

Δt ... rozdíl počáteční a koncové teploty zboží [K]

τ ... čas chlazení [h]

Do výpočtu byly zahrnuty místnosti, ve kterých se uvažuje se zchlazováním masa. Množství zboží a čas zchlazování byl stanoven na základě informací získaných od firmy Steinex. Ve výpočtové části je názorný příklad tepla na ochlazení zboží v místnosti č. 5. Výpočty pro další místnosti jsou uvedeny v Příloze C. Hodnoty měrné tepelné kapacity zboží jsou stanoveny dle [43].

Výpočet tepla pro ochlazení zboží – místnost č. 5

Výpočet byl proveden dle vztahu (14).

Tab. 8 Teplo pro ochlazení zboží – místnost č. 5

MÍSTNOST 5 Chladírna				
Rozdíl počáteční a koncové teploty zboží	$\Delta t =$	3		°C
Čas chlazení	$\tau =$	14		h
Teplo pro ochlazení zboží	Typ zboží	Množství zboží m [kg]	Měrná tepelná kapacita zboží c [kJ/kgK]	Teplo pro ochlazení zboží Q_z [W]
	vepřové maso	8400	2,27	1135

Výsledky

Hodnoty tepla potřebného k ochlazení zboží ve všech místnostech jsou uvedeny v Tab. 9. Energie potřebná za časový úsek jednoho dne se stanoví ze vztahu:

$$Q_z = Q_z \cdot \Delta \tau \quad (15)$$

kde:

Q_z ... teplo k ochlazení zboží denně [Wh]

Q_z ... teplo k ochlazení zboží [W]

$\Delta \tau$... časový úsek [h] ... 1 den = 24 h

Tab. 9 Teplo pro ochlazení zboží

Místnost	Teplo pro ochlazení zboží	Teplo pro ochlazení zboží
	Q_z [W]	Q_z [Wh]
5 Chladírna	1135	27240,0
6 Chladírna	945,8	22700,0
9 Kosti - chlazený sklad	275,9	6620,8
19 Výrobní chladírna	1497,6	35941,7
22 Expediční chladírna masa	3140,2	75364,0
23 Expediční chladírna baleného masa	3140,2	75364,0
25 Chladírna zamíchané sur.	7945,0	190680,0
34 Chladírna nar. šunky	5300,0	127200,0
35 Zchlazování	37200,0	892800,0
46 Expediční chladírna mas. výroby	10333,3	248000,0
17 Mrazírna masa	620,4	14888,9
52 Mrazírna masa	620,4	14888,9
Celkem	72153,7	1731688,3

B.2.3 Teplo vnášené pronikajícím okolním vzduchem

Teplo od pronikajícího vzduchu je dáno četností výměny vzduchu, objemem místnosti a rozdílem entalpií vzduchu pronikajícího a vzduchu v místnosti. Určí se ze vztahu:

$$Q_{vz} = n \cdot V \cdot \rho_e \cdot (h_e - h_i) \quad (16)$$

kde:

Q_{vz} ... teplo pro pokrytí výměny vzduchu [kJ]

n ... četnost výměny vzduchu [1/den]

V ... objem chlazeného prostoru [m³]

ρ_e ... měrná hmotnost vzduchu [kg/m³] – dle vztahu (17)

h_e ... entalpie vzduchu sousední místnosti [kJ/kg] – dle vztahu (18)

h_i ... entalpie vzduchu v interiéru [kJ/kg] – dle vztahu (18)

Četnost vstupů do chlazené místnosti lze určit pomocí přibližných hodnot, které uvádí [43]:

pro chladírny: $n = 70/\sqrt{V}$

pro mrazírny: $n = 50/\sqrt{V}$

$$\rho = \frac{p \cdot (1+x)}{r_D \cdot T \cdot (0,622+x)} \quad (17)$$

kde:

p ... atmosférický tlak [Pa] ($p = 98000$ Pa)

r_D ... plynová konstanta (pro vodní páru $r_D = 461,5$ J/kgK)

x ... měrná vlhkost vzduchu [kg/kg] - dle vztahu (19)

T ... teplota vzduchu [K] – dle vztahu (21)

$$h = 1,01 \cdot t + (2500 + 1,872 \cdot t) \cdot x \quad (18)$$

kde:

t ... teplota vzduchu [°C]

x ... měrná vlhkost vzduchu [kg/kg] – dle vztahu (19)

$$x = 0,622 \cdot \frac{(\varphi \cdot p_D'')}{(p - \varphi \cdot p_D'')} \quad (19)$$

kde:

φ ... relativní vlhkost vzduchu [%]

p ... atmosférický tlak vzduchu [Pa] ($p = 98000\text{Pa}$)

p_D'' ... parciální tlak syté páry [Pa] – dle vztahu (20)

$$p_D'' = \exp\left(77,345 + 5,71133 \cdot 10^{-3} \cdot T - 8,2 \cdot \ln T - \frac{7235,436}{T}\right) \quad (20)$$

kde:

T ... teplota vzduchu [K] – dle vztahu (21)

$$T = 273,15 + t \quad (21)$$

kde:

t ... teplota vzduchu [°C]

Výpočet tepla na výměnu vzduchu – místnost č. 5

Ve výpočtové části je názorný příklad tepla pro pokrytí výměny vzduchu v místnosti č. 5. Výpočty pro další místnosti jsou uvedeny v Příloze D. Hodnoty měrné tepelné kapacity zboží jsou stanoveny dle [43].

Tab. 10 Výpočet tepla pro pokrytí výměny vzduchu v místnosti č. 5

MÍSTNOST 5 Chladírna							
Objem chlazeného prostoru		$V =$	194,4	[m ³]			
Teplota vzduchu v chlazeném prostoru		$t_i =$	1	[°C]			
Relativní vlhkost vzduchu v chlazeném prostor		$\varphi_i =$	85%				
Entalpie vzduchu		$h_i =$	9,91680	[kJ/kg]			
Vnikající vzduch	Z místnosti	Četnost výměny vzduchu	Teplota vnikajícího vzduchu	Relativní vlhkost	Měrná hmotnost vzduchu	Entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	2	5,021	5	85%	1,22	16,94	8383,5
	21	5,021	10	85%	1,20	26,94	19955,3
						Celkem	28338,8

Výsledky

Teplo pro pokrytí výměny vzduchu do všech místností uvádí Tab. 11.

Tab. 11 Teplo pro pokrytí výměny vzduchu

Místnost	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu	
	Q_{vz} [kJ]	Q_{vz} [Wh]
2 Příjem masa	151836,4	42176,8
5 Chladírna	28338,8	7871,9
6 Chladírna	25609,7	7113,8
8 Manipulační chodba	-52703,7	-14639,9
9 Kosti - chlazený sklad	36293,2	10081,5
10 Čisté přepravky	82292,3	22859,0
14 Chladírna střev	9670,7	2686,3
16 Předmrazírna	-4092,8	-1136,9
17 Mrazírna masa	43925,1	12201,4
19 Výrobní chladírna	100027,6	27785,4
20 Masírky + nastř. Masa	145302,0	40361,7
21 Bourárna	-116787,5	-32441,0
22 Expediční chladírna masa	16808,3	4669,0
23 Expediční chladírna baleného masa	3416,0	948,9
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	31758,9	8821,9
25 Chladírna zamíchané sur.	0,0	0,0
34 Chladírna nar. šunky	14879,3	4133,1
35 Zchlazování	82029,2	22785,9
44 Balení nářezů	114946,9	31929,7
45 Balení, etiketování	27449,4	7624,8
46 Expediční chladírna mas. výroby	23265,6	6462,7
47 Vychystávání	242674,9	67409,7
50 Nakládka	89194,0	24776,1
52 Mrazírna	29111,4	8086,5
53 Chodba	1172,2	325,6
54 Kartonování	-1640,9	-455,8
Celkem	1124777,0	312438,1

B.2.4 Produkce tepla od lidí

Pro stanovení množství tepla od osob je zásadní jejich počet, tepelný výkon jedné osoby a doba pobytu osob v chlazené místnosti. S tepelným zatížením od osob je uvažováno pouze ve výrobních prostorech, kde se předpokládá dlouhodobý pobyt pracovníků. Jejich počet byl stanoven na základě informací firmy Steinex. Výpočet produkce tepla byl proveden dle vztahu

$$Q_l = n \cdot q_l \cdot \tau \quad (22)$$

kde:

Q_l ... Produkce tepla od lidí [Wh]

n ... počet osob [-]

q_l ... tepelný výkon předaný jednou osobou [W] – stanoven dle [43] (450W pro bourárny, 230W pro ostatní provozy)

τ ... denní doba pobytu v chlazeném prostoru [h] – uvažována standardní osmihodinová směna

Výsledky

Výsledky výpočtu produkce tepla od lidí pro jednotlivé místnosti uvádí Tab. 12.

Tab. 12 Produkce tepla od lidí

Místnost	Počet osob	Tepelný výkon předaný jednou osobou	Denní doba pobytu v chlazeném prostoru	Teplo od lidí
	n	q_l [W]	τ [h]	Q_l [Wh]
20 Masírky + nastř. masa	4	230	8	7360,0
21 Bourárna	15	450	8	54000,0
22 Expediční chladírna masa	1	230	8	1840,0
23 Expediční chladírna baleného masa	1	230	8	1840,0
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	13	230	8	23920,0
44 Balení nářezů	4	230	8	7360,0
45 Balení, etiketování	4	230	8	7360,0
46 Expediční chladírna mas. výroby	5	230	8	9200,0
47 Vychystávání	4	230	8	7360,0
Celkem				120240,0

B.2.5 Produkce tepla od svítidel

Produkce tepla od svítidel závisí zejména na druhu osvětlení, ploše osvětlovaných prostor a denní době provozu osvětlení. Stanoví se dle vztahu (23). Pro výpočet tepelné zátěže od osvětlení bylo uvažováno se zářivkovým osvětlením s produkcí tepla 20 W/m² [45]. Denní doba provozu svítidel byla odhadnuta v závislosti na typu provozu dané místnosti.

$$Q_{sv} = q_{sv} \cdot S_{osv} \cdot \tau \quad (23)$$

kde:

Q_{sv} ... produkce tepla od svítidel [W]

q_{sv} ... produkce tepla [W/m²]

S_{osv} ... osvětlovaná plocha (= plocha místnosti)

τ ... denní doba provozu svítidel

Výsledky

Produkce tepla od svítidel v jednotlivých místnostech je uvedena v Tab. 13.

Tab. 13 Produkce tepla od svítidel

Místnost	Plocha místnosti	Produkce tepla zářivky	Denní doba provozu svítidel	Teplo od osvětlení
	S_{osv} [m ²]	q_{sv} [W/m ²]	τ [h]	Q_{sv} [Wh]
2 Příjem masa	54,52	20	8	8723,2
5 Chladírna	48,6	20	8	7776,0
6 Chladírna	39,69	20	8	6350,4
8 Manipulační chodba	38,38	20	8	6140,8
9 Kosti - chlazený sklad	29,07	20	8	4651,2
10 Čisté přepravy	101,84	20	8	16294,4
14 Chladírna střev	6,25	20	4	500,0
16 Předmrazírna	17,7	20	4	1416,0
17 Mrazírna masa	78,76	20	2	3150,4
19 Výrobní chladírna	135,68	20	8	21708,8
20 Masírky + nastř. masa	257,07	20	8	41131,2
21 Bourárna	194,65	20	8	31144,0
22 Expediční chladírna masa	34,48	20	8	5516,8
23 Expediční chladírna baleného masa	33,6	20	8	5376,0
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	421,99	20	8	67518,4
25 Chladírna zamíchané sur.	22,51	20	8	3601,6
34 Chladírna nar. šunky	27,02	20	8	4323,2
35 Zchlazování	140,65	20	8	22504,0
44 Balení nářezů	165,56	20	8	26489,6
45 Balení, etiketování	208,07	20	8	33291,2
46 Expediční chladírna mas. výroby	339,56	20	8	54329,6
47 Vychystávání	226,42	20	8	36227,2
50 Nakládka	71,54	20	8	11446,4
52 Mrazírna	39,6	20	2	1584,0
53 Chodba	12,22	20	8	1955,2
54 Kartonování	62,52	20	8	10003,2
CELKEM				439303,2

B.2.6 Teplo od ventilátorů

Teplo od ventilátorů bylo vypočteno dle vztahu (24). Hodnoty příkonů byly stanoveny na základě návrhu výparníků, který je uveden v kapitole B.3 a byl proveden softwarem [17]. Denní doba chodu ventilátorů se shoduje s navrhovanou denní dobou provozu výparníků, která činí 16 hodin. Vzhledem k rozdílnému návrhu výparníků pro chladivo R404A a chladivo R717 se liší počet i příkon ventilátorů. Výpočet tepla je tedy proveden samostatně pro oba typy chladiva.

$$Q_{ve} = n \cdot P_{el} \cdot \tau \quad (24)$$

kde:

Q_{ve} ... teplo od ventilátorů [Wh]

n ... počet ventilátorů [-]

P_{el} ... příkon jednoho ventilátoru [W]

τ ... denní doba chodu ventilátorů [h] – 16 hodin

Výsledky

Vypočtené hodnoty uvádí Tab. 14 (pro chladivo R717) a Tab. 15 (pro chladivo R404A).

Tab. 14 Teplo od ventilátorů – chladivo R717

Místnost	Počet ventilátorů	Příkon ventilátorů	Denní doba chodu ventilátorů	Teplo od ventilátorů
	n	P_{el} [W]	τ [h]	Q_{ve} [Wh]
2 Příjem masa	1	130	16	2080,0
5 Chladírna	1	230	16	3680,0
6 Chladírna	1	230	16	3680,0
8 Manipulační chodba	0	0	0	0,0
9 Kosti - chlazený sklad	1	230	16	3680,0
10 Čisté přepravky	1	130	16	2080,0
14 Chladírna střev	1	230	16	3680,0
16 Předmrazírna	1	230	16	3680,0
17 Mrazírna masa	1	230	16	3680,0
19 Výrobní chladírna	1	130	16	2080,0
20 Masírky + nastř. masa	1	130	16	2080,0
21 Bourárna	1	130	16	2080,0
22 Expediční chladírna masa	1	230	16	3680,0
23 Expediční chladírna baleného masa	1	230	16	3680,0
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	1	130	16	2080,0
25 Chladírna zamíchané sur.	1	230	16	3680,0
34 Chladírna nar. šunky	1	230	16	3680,0
35 Zchlazování	2	540	16	17280,0
44 Balení nářezů	1	130	16	2080,0
45 Balení, etiketování	1	130	16	2080,0
46 Expediční chladírna mas. výroby	2	130	16	4160,0
47 Vychystávání	2	130	16	4160,0
50 Nakládka	1	130	16	2080,0
52 Mrazírna	1	230	16	3680,0
53 Chodba	0	0	0	0,0
54 Kartonování	1	230	16	3680,0
Celkem				88480,0

Tab. 15 Teplo od ventilátorů – chladivo R404A

Místnost	Počet ventilátorů	Příkon ventilátorů	Denní doba chodu ventilátorů	Teplo od ventilátorů
	n	P_{el} [W]	τ [h]	Q_{ve} [Wh]
2 Příjem masa	1	130	16	2080,0
5 Chladírna	1	230	16	3680,0
6 Chladírna	1	90	16	1440,0
8 Manipulační chodba	0	0	0	0,0
9 Kosti - chlazený sklad	1	50	16	800,0
10 Čisté přepravky	1	90	16	1440,0
14 Chladírna střev	1	50	16	800,0
16 Předmrazírna	1	50	16	800,0
17 Mrazírna masa	1	230	16	3680,0
19 Výrobní chladírna	1	130	16	2080,0
20 Masírky + nastř. masa	1	180	16	2880,0
21 Bourárna	1	130	16	2080,0
22 Expediční chladírna masa	2	90	16	2880,0
23 Expediční chladírna baleného masa	1	230	16	3680,0
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	1	130	16	2080,0
25 Chladírna zamíchané sur.	1	230	16	3680,0
34 Chladírna nar. šunky	1	230	16	3680,0
35 Zchlazování	1	1500	16	24000,0
44 Balení nářezů	1	130	16	2080,0
45 Balení, etiketování	1	130	16	2080,0
46 Expediční chladírna mas. výroby	1	340	16	5440,0
47 Vychystávání	1	130	16	2080,0
50 Nakládka	1	130	16	2080,0
52 Mrazírna	1	230	16	3680,0
53 Chodba	0	0	0	0,0
54 Kartonování	1	50	16	800,0
Celkem				80000,0

B.2.7 Teplo od odtávacího zařízení

Teplo od odtávacího zařízení bylo vypočteno dle vztahu (25). Hodnoty příkonů byly stanoveny na základě návrhu výparníků, který je uveden v kapitole B.3 a byl proveden softwarem [15]. Odtávací zařízení je navrženo tak, aby se každou hodinu spustilo na 10 minut. Denně je tak v provozu celkem 4 hodiny. Pro výparníky do jednotlivých místností jsou navrženy různé typy odtávacích zařízení. Pro výparníky s vypařovací teplotou -32°C je navrženo intenzivní elektrické odtávání v bloku i ve vaně výparníku, včetně ohřevu límce ventilátoru. Ve výparnících s výparnou teplotou -7°C je navrženo lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně. Výparníky s vypařovací teplotou -3°C mají navrženo lehké odtávací zařízení pouze v bloku a výparníky s nadnulovými vypařovacími teplotami odtávací zařízení nemají navrženo vůbec. Vzhledem k rozdílnému návrhu výparníků pro chladivo R404A a chladivo R717 se liší i příkon odtávacích zařízení. Výpočet tepla je tedy proveden samostatně pro oba typy chladiva.

$$Q_{od} = P_{el} \cdot \tau \quad (25)$$

kde:

Q_{od} ... teplo od odtávacího zařízení [Wh]

P_{el} ... příkon odtávacího zařízení [W]

τ ... denní doba provozu odtávacího zařízení [h] – 4 hodiny

Výsledky

Vypočtené hodnoty uvádí Tab. 16 (pro chladivo R717) a Tab. 17 (pro chladivo R404A).

Tab. 16 Teplo od odtávacího zařízení – chladivo R717

Místnost	Příkon odtávacího zařízení	Denní doba chodu zařízení	Teplo od odtávacího zařízení
	P_{el} [W]	τ [h]	Q_{od} [Wh]
2 Příjem masa	1260	4	5040,0
5 Chladírna	2680	4	10720,0
6 Chladírna	2680	4	10720,0
8 Manipulační chodba	0	4	0,0
9 Kostí - chlazený sklad	1520	4	6080,0
10 Čisté přepravky	0	4	0,0
14 Chladírna střev	1520	4	6080,0
16 Předmrazírna	2680	4	10720,0
17 Mrazírna masa	4340	4	17360,0
19 Výrobní chladírna	2610	4	10440,0
20 Masírky + nastř. masa	3880	4	15520,0
21 Bourárna	0	4	0,0
22 Expediční chladírna masa	2680	4	10720,0
23 Expediční chladírna baleného masa	2680	4	10720,0
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	0	4	0,0
25 Chladírna zamíchané sur.	0	4	0,0
34 Chladírna nar. šunky	2680	4	10720,0
35 Zchlazování	6590	4	26360,0
44 Balení nářezů	1260	4	5040,0
45 Balení, etiketování	1260	4	5040,0
46 Expediční chladírna mas. výroby	4470	4	17880,0
47 Vychystávání	4470	4	17880,0
50 Nakládka	1260	4	5040,0
52 Mrazírna	4340	4	17360,0
53 Chodba	0	4	0,0
54 Kartonování	1520	4	6080,0
Celkem			225520,0

Tab. 17 Teplo od odtávacího zařízení – chladivo R404A

Místnost	Příkon odtávacího zařízení	Denní doba chodu zařízení	Teplo od odtávacího zařízení
	P_{el} [W]	τ [h]	Q_{od} [Wh]
2 Příjem masa	1270	4	5080,0
5 Chladírna	2680	4	10720,0
6 Chladírna	1630	4	6520,0
8 Manipulační chodba	0	4	0,0
9 Kostí - chlazený sklad	1430	4	5720,0
10 Čisté přepravky	0	4	0,0
14 Chladírna střev	1430	4	5720,0
16 Předmrazírna	1430	4	5720,0
17 Mrazírna masa	4340	4	17360,0
19 Výrobní chladírna	2610	4	10440,0
20 Masírky + nastř. masa	4600	4	18400,0
21 Bourárna	0	4	0,0
22 Expediční chladírna masa	2800	4	11200,0
23 Expediční chladírna baleného masa	2680	4	10720,0
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	0	4	0,0
25 Chladírna zamíchané sur.	0	4	0,0
34 Chladírna nar. šunky	3440	4	13760,0
35 Zchlazování	8130	4	32520,0
44 Balení nářezů	1260	4	5040,0
45 Balení, etiketování	1260	4	5040,0
46 Expediční chladírna mas. výroby	6040	4	24160,0
47 Vychystávání	2610	4	10440,0
50 Nakládka	1260	4	5040,0
52 Mrazírna	5100	4	20400,0
53 Chodba	0	4	0,0
54 Kartonování	1430	4	5720,0
Celkem			229720,0

B.2.8 Produkce tepla od strojů

Produkce tepla od strojů byla vzhledem k nedostatečným informacím o typech strojů a jejich tepelné zátěži stanovena procentuálně z celkové tepelné zátěže dané místnosti. V místnostech s předpokládaným vyšším výskytem strojů a jiných zařízení bylo zvoleno navýšení celkové tepelné zátěže o 10 %, v místnostech s očekávaným nižším výskytem strojů navýšení o 5 %. Procentuální navýšení pro jednotlivé místnosti uvádí Tab. 18.

Tab. 18 Procentuální navýšení celkové tepelné zátěže na provoz strojů

Místnost	% z celkové tepelné zátěže na provoz strojů
2 Příjem masa	5 %
5 Chladírna	5 %
6 Chladírna	5 %
8 Manipulační chodba	0 %
9 Kosti - chlazený sklad	5 %
10 Čisté přepravky	10 %
14 Chladírna střev	10 %
16 Předmrazírna	5 %
17 Mrazírna masa	5 %
19 Výrobní chladírna	5 %
20 Masírky + nastř. masa	10 %
21 Bourárna	10 %
22 Expediční chladírna masa	10 %
23 Expediční chladírna baleného masa	10 %
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	10 %
25 Chladírna zamíchané sur.	5 %
34 Chladírna nar. šunky	5 %
35 Zchlazování	5 %
44 Balení nářezů	10 %
45 Balení, etiketování	10 %
46 Expediční chladírna mas. výroby	10 %
47 Vychystávání	10 %
50 Nakládka	10 %
52 Mrazírna	5 %
53 Chodba	0 %
54 Kartonování	10 %

B.2.9 Celková tepelná zátěž

Celková tepelná zátěž místnosti se stanoví dle vztahu (26) jako součet tepelné zátěže od jednotlivých složek.

$$Q = Q_s + Q_z + Q_{vz} + Q_l + Q_{sv} + Q_{ve} + Q_{od} + Q_{st} \quad (26)$$

kde:

Q ... celková tepelná zátěž [Wh]

Q_s ... prostup tepla konstrukcemi [Wh] – kapitola B.2.1

Q_z ... teplo odnímané ochlazovanému zboží [Wh] – kapitola B.2.2

Q_{vz} ... teplo vnášené pronikajícím vzduchem [Wh] – kapitola B.2.3

Q_l ... teplo od lidí [Wh] – kapitola B.2.4

Q_{sv} ... teplo od osvětlení [Wh] – kapitola B.2.5

Q_{ve} ... teplo od ventilátorů [Wh] – kapitola B.2.6

Q_{od} ... teplo od odtávacího zařízení [Wh] – kapitola B.2.7

Q_{st} ... teplo od strojů [Wh] – kapitola B.2.8

Výsledky

Výsledné hodnoty celkové tepelné zátěže jsou uvedeny v Tab. 19 (pro chladivo R717) a Tab. 20 (pro chladivo R404A).

B.2.10 Potřeba chladicího výkonu

Potřebný chladicí výkon pro jednotlivé chlazené místnosti je dán vztahem (27) a ovlivňuje jej zejména denní doba chodu kompresorů, která byla zvolena $\tau = 16$ hodin.

$$Q_o = \frac{Q}{\tau} \quad (27)$$

kde:

Q_o ... potřebný chladicí výkon [W]

Q ... celková tepelná zátěž [W] – viz kapitola B.2.9

τ ... denní doba chodu kompresorů – $\tau = 16$ h

Výsledky

Chladicí výkon byl vypočítán pro jednotlivé místnosti. Výsledné hodnoty chladicího výkonu jsou uvedeny v Tab. 19 (pro chladivo R717) a Tab. 20 (pro chladivo R404A).

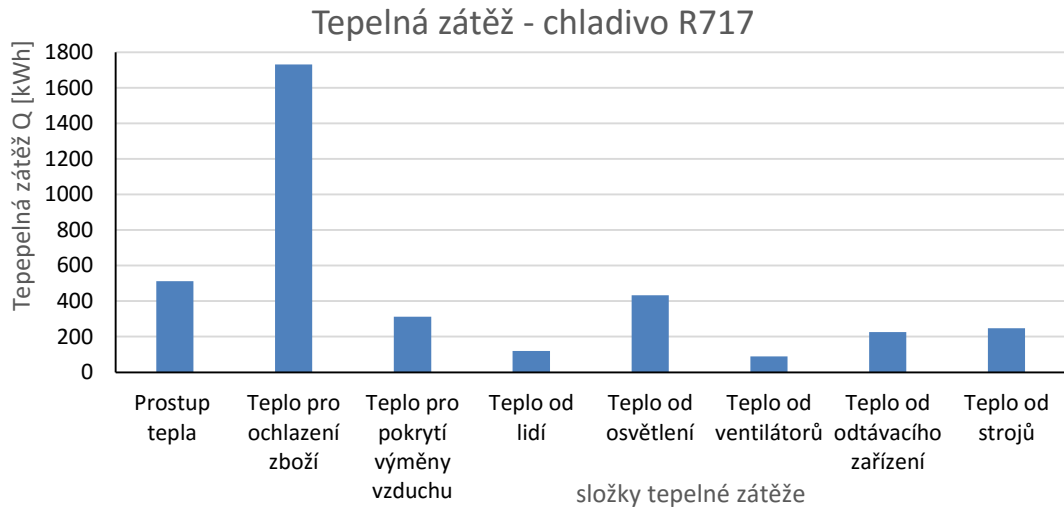
Tab. 19 Celková tepelná zátěž a potřeba chladicího výkonu – chladio R717

Místnost	Teplota v místnosti t_i [°C]	Prostup tepla stěnou Q_s [Wh]	Teplo pro ochlazení zboží Q_z [Wh]	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu Q_{vz} [Wh]	Teplo od lidí Q_l [Wh]	Teplo od osvětlení Q_{sv} [Wh]	Teplo od ventilátorů Q_{ve} [Wh]	Teplo od odtávacího zařízení Q_{od} [Wh]	Teplo od strojů Q_{st} [Wh]	Celková spotřeba chladu Q [Wh]	Chladicí výkon Q_o [W]
2 Příjem masa	5	17794,5	0,0	42176,8	0,0	8723,2	2080	5040	3790,7	79605,2	4975,3
5 Chladírna	1	16397,0	27240,0	7871,9	0,0	7776,0	3680	10720	3684,2	77369,1	4835,6
6 Chladírna	1	10873,9	22700,0	7113,8	0,0	6350,4	3680	10720	3071,9	64510,0	4031,9
8 Manipulační chodba	10	-2301,5	0,0	-14639,9	0,0	6140,8	0	0	0,0	-10800,6	0,0
9 Kosti - chlazený sklad	5	9590,5	6620,8	10081,5	0,0	4651,2	3680	6080	2035,2	42739,2	2671,2
10 Čisté přepravky	10	9584,8	0,0	22859,0	0,0	16294,4	2080	0	5081,8	55900,0	3493,7
14 Chladírna stěv	8	2997,4	0,0	2686,3	0,0	500,0	3680	6080	1594,4	17538,1	1096,1
16 Předmrázírna	1	2739,3	0,0	-1136,9	0,0	1416,0	3680	10720	870,9	18289,4	1143,1
17 Mirázírna masa	-20	31622,1	14888,9	12201,4	0,0	3150,4	3680	17360	4145,1	87048,0	5440,5
19 Výrobní chladírna	1	28576,8	35941,7	27785,4	0,0	21708,8	2080	10440	6326,6	132859,3	8303,7
20 Masírky + nastř. Masa	1	67910,1	0,0	40361,7	7360,0	41131,2	2080	15520	17436,3	191799,2	11987,5
21 Bourárna	10	9952,2	0,0	-32441,0	54000,0	31144,0	2080	0	6473,5	71208,8	4450,5
22 Expediční chladírna masa	1	12773,9	75364,0	4669,0	1840,0	5516,8	3680	10720	11456,4	126020,1	7876,3
23 expediční chladírna baleného masa	1	7799,2	75364,0	948,9	1840,0	5376,0	3680	10720	10572,8	116300,9	7268,8
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	10	21795,9	0,0	8821,9	23920,0	67518,4	2080	0	12413,6	136549,8	8534,4
25 Chladírna zamíchané sur.	10	205,3	190680,0	0,0	0,0	3601,6	3680	0	9908,3	208075,2	13004,7
34 Chladírna nar. šunky	1	17713,7	127200,0	4133,1	0,0	4323,2	3680	10720	8388,5	176158,5	11009,9
35 Zchlazování	3	36152,2	892800,0	22785,9	0,0	22504,0	17280	26360	50894,1	1068776,2	66798,5
44 Balení nářezů	7	30803,1	0,0	31929,7	7360,0	26489,6	2080	5040	10370,2	114072,6	7129,5
45 Balení, etiketování	7	20072,6	0,0	7624,8	7360,0	33291,2	2080	5040	7546,9	83015,5	5188,5
46 Expediční chladírna mas. výroby	3	61473,8	248000,0	6462,7	9200,0	54329,6	4160	17880	40150,6	441656,7	27603,5
47 Vychystávání	3	51804,3	0,0	67409,7	7360,0	36227,2	4160	17880	18484,1	203325,3	12707,8
50 Nakládká	5	18028,8	0,0	24776,1	0,0	11446,4	2080	5040	6137,1	67508,4	4219,3
52 Mirázírna	-25	23529,4	14888,9	8086,5	0,0	1584,0	3680	17360	3456,4	72585,2	4536,6
53 Chodba	15	-4041,5	0,0	325,6	0,0	1955,2	0	0	0,0	-1760,7	0,0
54 Kartonování	7	9277,6	0,0	-455,8	0,0	10003,2	3680	6080	2858,5	31443,4	1965,2
CELKEM		513125,2	1731688,3	312438,1	120240	433152,8	88480,0	225520,0	247148,4	3671792,7	230272,1

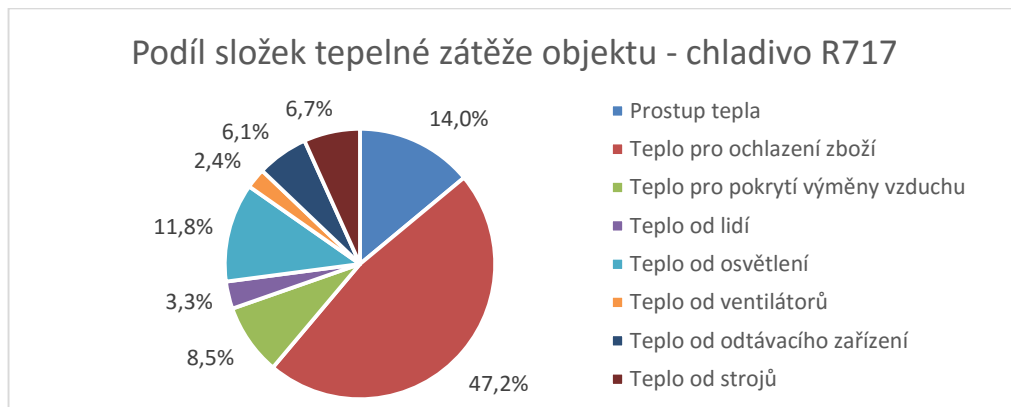
Tab. 20 Celková tepelná zátěž a potřeba chladicího výkonu – chladivo R404A

Místnost	Teplota v místnosti t_i [°C]	Prostup tepla stěnou Q_s [Wh]	Teplo pro ochlazení zboží Q_z [Wh]	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu Q_{vz} [Wh]	Teplo od lidí Q_l [Wh]	Teplo od osvětlení Q_{sv} [Wh]	Teplo od ventilátorů Q_{ve} [Wh]	Teplo od odtávacího zařízení Q_{od} [Wh]	Teplo od strojů Q_{st} [Wh]	Celková spotřeba chladu Q [Wh]	Chladicí výkon Q_0 [W]
2 Příjem masa	5	17794,5	0,0	42176,8	0,0	8723,2	2080	5080	3792,7	79647,2	4977,9
5 Chladírna	1	16397,0	27240,0	7871,9	0,0	7776,0	3680	10720	3684,2	77369,1	4835,6
6 Chladírna	1	10873,9	22700,0	7113,8	0,0	6350,4	1440	6520	2749,9	57748,0	3609,3
8 Manipulační chodba	10	-2301,5	0,0	-14639,9	0,0	6140,8	0	0	0,0	-10800,6	0,0
9 Kostí - chlazený sklad	5	9590,5	6620,8	10081,5	0,0	4651,2	800	5720	1873,2	39337,2	2458,6
10 Čisté přepravky	10	9584,8	0,0	22859,0	0,0	16294,4	1440	0	5017,8	55196,0	3449,7
14 Chladírna střev	8	2997,4	0,0	2686,3	0,0	500,0	800	5720	1270,4	13974,1	873,4
16 Předmrazírna	1	2739,3	0,0	-1136,9	0,0	1416,0	800	5720	476,9	10015,4	626,0
17 Mrazírna masa	-20	31622,1	14888,9	12201,4	0,0	3150,4	3680	17360	4145,1	87048,0	5440,5
19 Výrobní chladírna	1	28576,8	35941,7	27785,4	0,0	21708,8	2080	10440	6326,6	132859,3	8303,7
20 Masírky + nastř. Masa	1	67910,1	0,0	40361,7	7360,0	41131,2	2880	18400	17804,3	195847,2	12240,5
21 Bourárna	10	9952,2	0,0	-32441,0	54000,0	31144,0	2080	0	6473,5	71208,8	4450,5
22 Expediční chladírna masa	1	12773,9	75364,0	4669,0	1840,0	5516,8	2880	11200	11424,4	125668,1	7854,3
23 expediční chladírna baleného masa	1	7799,2	75364,0	948,9	1840,0	5376,0	3680	10720	10572,8	116300,9	7268,8
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	10	21795,9	0,0	8821,9	23920,0	67518,4	2080	0	12413,6	136549,8	8534,4
25 Chladírna zamíchané sur.	10	205,3	190680,0	0,0	0,0	3601,6	3680	0	9908,3	208075,2	13004,7
34 Chladírna nar. šunky	1	17713,7	127200,0	4133,1	0,0	4323,2	3680	13760	8540,5	179350,5	11209,4
35 Zchlazování	3	36152,2	892800,0	22785,9	0,0	22504,0	24000	32520	51538,1	1082300,2	67643,8
44 Balení nářezů	7	30803,1	0,0	31929,7	7360,0	26489,6	2080	5040	10370,2	114072,6	7129,5
45 Balení, etiketování	7	20072,6	0,0	7624,8	7360,0	33291,2	2080	5040	7546,9	83015,5	5188,5
46 Expediční chladírna mas. výroby	3	61473,8	248000,0	6462,7	9200,0	54329,6	5440	24160	40906,6	449972,7	28123,3
47 Vychystávání	3	51804,3	0,0	67409,7	7360,0	36227,2	2080	10440	17532,1	192853,3	12053,3
50 Nakládka	5	18028,8	0,0	24776,1	0,0	11446,4	2080	5040	6137,1	67508,4	4219,3
52 Mrazírna	-25	23529,4	14888,9	8086,5	0,0	1584,0	3680	20400	3608,4	75777,2	4736,1
53 Chodba	15	-4041,5	0,0	325,6	0,0	1955,2	0	0	0,0	-1760,7	0,0
54 Kartonování	7	9277,6	0,0	-455,8	0,0	10003,2	800	5720	2534,5	27879,4	1742,5
CELKEM		513125	1731688	312438,1	120240	433152,8	80000,0	229720,0	246648,4	3667012,7	229973,4

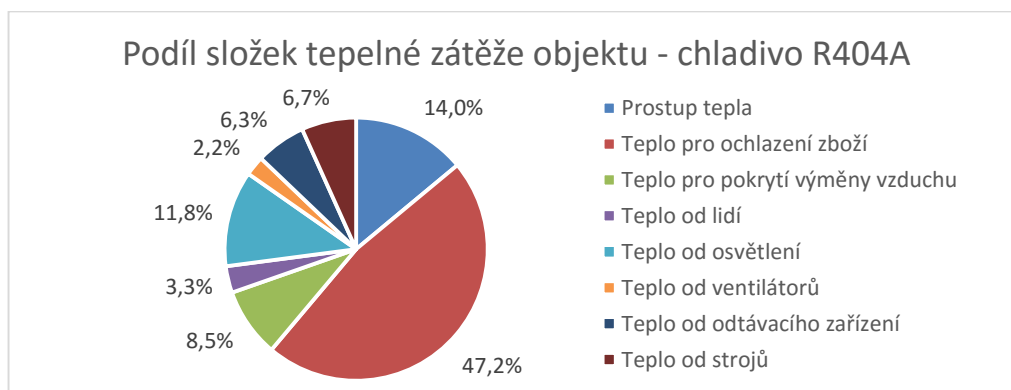
Celkovou tepelnou zátěž celého objektu od jednotlivých složek pro chladivo R717 uvádí Graf 1. Tepelná zátěž objektu s uvažováním chladiva R404A se liší pouze drobně v teple od ventilátorů a odtávacího zařízení. Podíl jednotlivých složek zátěže na celkové zátěži objektu zobrazují pro oba typy chladiva Graf 2 (pro chladivo R717) a Graf 3 (pro chladivo R404A).



Graf 1 Tepelná zátěž od jednotlivých složek – chladivo R717



Graf 2 Podíl složek tepelné zátěže celého objektu – chladivo R717



Graf 3 Podíl složek tepelné zátěže celého objektu – chladivo R404A

B.3 Návrh výparníků

B.3.1 Postup návrhu

Rozhodujícími parametry pro návrh výparníku jsou výparná teplota, požadovaná teplota v místnosti, provedení výparníku a požadovaný chladicí výkon. Chladicí výkon však ovlivňují teplo od ventilátorů a odtávacího zařízení, které závisí na výběru výparníku. Při návrhu výparníku proto musí být požadovaný chladicí výkon korigován a případně vybrán jiný výparník.

B.3.2 Volba vypařovacích teplot

Vypařovací teplota závisí na požadované teplotě interiéru a chlazeném zboží a určí se dle vztahu:

$$t_o = t_p - \delta t \quad (28)$$

kde:

t_o ... vypařovací teplota [°C]

t_p ... požadovaná teplota v místnosti [°C]

δt ... teplotní rozdíl [K] – pro masné výrobky: 7 až 8 K [43]

Tab. 21 Výparné teploty a provedení výparníků v jednotlivých místnostech

Místnost	Teplota v místnosti	Výparná teplota	Provedení výparníku
	t_p [°C]	t_o [°C]	
52 Mrazírna	-25	-32	jednostranný výfuk lamelovou plochou
17 Mrazírna masa	-20	-32	jednostranný výfuk lamelovou plochou
5 Chladírna	1	-7	jednostranný výfuk lamelovou plochou
6 Chladírna	1	-7	jednostranný výfuk lamelovou plochou
16 Předmrazírna	1	-7	jednostranný výfuk lamelovou plochou
19 Výrobní chladírna	1	-7	dvoustranný výfuk lamelovou plochou
20 Masírky + nastř. masa	1	-7	dvoustranný výfuk lamelovou plochou
22 Expediční chladírna masa	1	-7	jednostranný výfuk lamelovou plochou
23 Expediční chladírna baleného masa	1	-7	jednostranný výfuk lamelovou plochou
34 Chladírna nar. šunky	1	-7	jednostranný výfuk lamelovou plochou
35 Zchlazování	3	-7	jednostranný výfuk lamelovou plochou
46 Expediční chladírna mas. výroby	3	-7	dvoustranný výfuk lamelovou plochou
47 Vychystávání	3	-7	dvoustranný výfuk lamelovou plochou
2 Příjem masa	5	-3	dvoustranný výfuk lamelovou plochou
9 Kostí - chlazený sklad	5	-3	jednostranný výfuk lamelovou plochou
50 Nakládka	5	-3	dvoustranný výfuk lamelovou plochou
44 Balení nářezů	7	-3	dvoustranný výfuk lamelovou plochou
45 Balení, etiketování	7	-3	dvoustranný výfuk lamelovou plochou
54 Kartonování	7	-3	jednostranný výfuk lamelovou plochou
14 Chladírna střev	7	-3	jednostranný výfuk lamelovou plochou
10 Čisté přepravy	10	2	jednostranný výfuk lamelovou plochou
21 Bourárna	10	2	dvoustranný výfuk lamelovou plochou
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	10	2	dvoustranný výfuk lamelovou plochou
25 Chladírna zamíchané suroviny	10	2	jednostranný výfuk lamelovou plochou
8 Manipulační chodba	10		bez výparníku
53 Chodba	15		bez výparníku

Návrh

Chlazené prostory zadaného objektu byly rozděleny na čtyři skupiny podle požadovaných teplot interiéru. Každé skupině byla stanovena dle vztahu (28) hodnota vypařovací teploty. Navržené vypařovací teploty pro jednotlivé místnosti uvádí Tab. 21.

B.3.3 Volba provedení výparníku

Při návrhu výparníku je třeba zohlednit také způsob výfuku chlazeného vzduchu do místnosti. Tam, kde se uvažuje s dlouhodobým pobytem a prací osob, jsou navrženy výparníky s dvoustranným výfukem, do ostatních prostorů jsou navrženy výparníky s jednostranným výfukem. Provedení výparníku pro jednotlivé místnosti je uvedeno v Tab. 21. Vybrané typy výparníků je zobrazeny na Obr. 16.

V prostorech, kde nebude docházet ke zchlazování masa, jsou navrženy výparníky s ventilátory s nižšími otáčkami (tzv. Low Speed) které mají oproti běžným ventilátorům nižší příkon, ale menší dofuk.



Obr. 16 Navržené výparníky [13]

a – typ DRS (dvoustranný výfuk lamelovou plochou), b – typ VCI (jednostranný výfuk lamelovou plochou)

Odlišnosti výparníků pro jednotlivá chladiva

Kromě výše uvedených odlišností výparníků je při návrhu zásadní výběr chladiva. Při použití chladiva R717 není možné použít potrubí z mědi jako u běžných chladiv. Vhodným materiálem je v takovém případě nerez v kombinaci s nerezovými nebo hliníkovými lamelami. Tento fakt významně ovlivní cenu výparníku.

B.3.4 Návrh výparníků

Pro každou místnost byl na základě: volby vypařovací teploty, požadované teploty v místnosti, potřebného provedení výparníku a požadovaného chladicího výkonu vybrán jeden výparník pomocí softwaru firmy GEA [17]. Ve výpočtové části jsou uvedeny parametry navržených výparníků pro chladivo R717 (viz Tab. 22) a R404A (viz Tab. 23) pro místnost č. 5. Parametry ostatních výparníků jsou uvedeny v přílohách E a F.

Příklad navrženého výparníku pro místnost č. 5 – chladivo R717

Tab. 22 Parametry navrženého výparníku pro místnost č. 5 – chladivo R717 [17]

MÍSTNOST	5 Chladírna		
Požadovaný výkon	$Q =$	4836	[W]
Teplota v místnosti	$t_i =$	1	[°C]
Teplota výparná	$t_v =$	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	VRB		
Model	31407		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	6	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 505	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	2,6 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-0,6 (91,4%)	
Condensate	kg/h	2,73	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	17	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,4 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 530 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	56	
Objem	dm ³	4	
Cena netto za kus	CZK	68 774	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 2,68 kW	CZK	7 293	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	76 067	

Příklad navrženého výparníku pro místnost č. 5 – chladivo R404A

Tab. 23 Parametry navrženého výparníku pro místnost č. 5 – chladivo R404A [17]

MÍSTNOST	5 Chladírna		
Požadovaný výkon	Q =	4835	[W]
Teplota v místnosti	$t_i =$	1	[°C]
Teplota výparná	$t_v =$	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	VCI-p		
Model	31407		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	5,1	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 505	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	2,4 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-0,4 (90,5%)	
Condensate	kg/h	2,31	
Chladivo	R-404A nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	17	
Blok	Cu / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 22	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,4 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 530 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	55	
Objem	dm ³	4	
Cena netto za kus	CZK	49 215	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 2,68 kW	CZK	7 293	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	56 508	

Výsledky

Seznam navržených výparníků do jednotlivých místností je uveden v Tab. 24 (pro chladivo R717) a Tab. 25 (pro chladivo R404A).

Tab. 24 Seznam navržených výparníků – chladivo R717

	Řada	Typ	Výkon	Výparná teplota	Rozteč lamel	Cena
			[kW]	[°C]	[mm]	[Kč]
02 Příjem masa	DRS	31407 Low Speed	5,4	-3	7	101 006
05 Chladírna	VRB	31407	6	-7	7	76 067
06 Chladírna	VRB	31407	6	-7	7	76 067
09 Kosti - chlazený sklad	VRB	31407	6,5	-3	7	73 670
10 Čisté přepravy	VRB	31407 Low Speed	5,9	2	7	68 774
14 Chladírna střev	VRB	31407	8,7	-3	7	73 670
16 Předmrazírna	VRB	31407	6	-7	7	76 067
17 Mrazírna masa	VRB	31407	7,3	-32	7	81 244
19 Výrobní chladírna	DRS	31404 Low Speed	8,8	-7	4	105 774
20 Masírky + nastř. masa	DRS	61404 Low Speed	13,1	-7	4	129 872
21 Bourárna	DRS	31407 Low Speed	6	2	7	96 824
22 Expediční chladírna masa	VRB	41407	7,9	-7	7	82 569
23 Expediční chladírna baleného masa	VRB	41407	7,9	-7	7	82 569
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	DRS	31404 Low Speed	10,6	2	4	98 787
25 Chladírna zamíchané sur.	VRB	61407	13,5	2	7	91 418
34 Chladírna nar. šunky	VRB	41404	12,7	-7	4	79 713
35 Zchlazování	VRB	62454	67,7	-7	4	152 286
44 Balení nářezů	DRS	31407 Low Speed	7,2	-3	7	101 006
45 Balení, etiketování	DRS	31407 Low Speed	7,2	-3	7	101 006
46 Expediční chladírna mas. výroby	DRS	42404 Low Speed	28,5	-7	4	136 043
47 Vychystávání	DRS	32407 Low Speed	13,3	-7	7	121 584
50 Nakládka	DRS	31407 Low Speed	5,4	-3	7	101 006
52 Mrazírna	VRB	41407	4,9	-32	7	87 746
54 Kartonování	VRB	31407	8,7	-3	7	73 670

Tab. 25 Seznam navržených výparníků – chladivo R404A

	Řada	Typ	Výkon	Výparná teplota	Rozteč lamel	Cena
			[kW]	[°C]	[mm]	[Kč]
02 Příjem masa	DVS-p	41407 Low Speed	6,2	-3	7	79 407
05 Chladírna	VCI-p	31407	5,1	-7	7	56 508
06 Chladírna	FC38S-p	41304	4,1	-7	4	22 364
09 Kosti - chlazený sklad	FC38S-p	41254	2,7	-3	4	18 462
10 Čisté přepravy	FC38S-p	61307	4,7	2	7	22 823
14 Chladírna střev	FC38S-p	41257	2,4	-3	7	17 825
16 Předmrazírna	FC38S-p	41257	1,6	-7	7	17 825
17 Mrazírna masa	VCI-p	31407	6	-32	7	61 685
19 Výrobní chladírna	DVS-p	41404 Low Speed	9,3	-7	4	84 711
20 Masírky + nastř. masa	DVS-p	31454 Low Speed	12,3	-7	4	93 407
21 Bourárna	DVS-p	31407 Low Speed	5,2	2	7	71 961
22 Expediční chladírna masa	FC38S-p	42304	8,1	-7	4	38 531
23 Expediční chladírna baleného masa	VCI-p	41406	7,6	-7	6	58 650
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	DVS-p	31404 Low Speed	9,1	2	4	73 874
25 Chladírna zamíchané sur.	VCI-p	41404	13,2	2	4	53 168
34 Chladírna nar. šunky	VCI-p	81407	12,3	-7	7	72 242
35 Zchlazování	VCI-p	61634	75,6	-7	4	130 917
44 Balení nářezů	DVS-p	41407 Low Speed	8,3	-3	7	79 407
45 Balení, etiketování	DVS-p	31407 Low Speed	6,4	-3	7	76 143
46 Expediční chladírna mas. výroby	DVS-p	31564 Low Speed	29,1	-7	4	110 568
47 Vychystávání	DVS-p	41404 Low Speed	12,6	-7	4	84 711
50 Nakládka	DVS-p	31407 Low Speed	4,7	-3	7	76 143
52 Mrazírna	VCI-p	61408	5,4	-32	8	70 431
54 Kartonování	FC38S-p	41257	2,4	-3	7	17 825

B.4 Návrh kompresorových jednotek

B.4.1 Rozdělení okruhů

Systém chlazení byl rozdělen na 4 samostatné chladicí okruhy, podle vypařovacích teplot. Každý okruh má navrženu samostatnou kompresorovou jednotku a samostatný kondenzátor.

B.4.2 Návrh

Pro obě varianty (chlادivo R717 i chlادivo R404A) byly navrženy sdružené kompresorové jednotky, vyhovující danému chlادivu. Pro návrh byl rozhodující celkový chladicí výkon pro danou část chlazeného objektu, který je dán součtem požadovaných chladicích výkonů jednotlivých místností, které mají navrženu stejnou vypařovací teplotou. Celkový chladicí výkon pro jednotlivé okruhy je uveden v Tab. 26 (chlادivo R717) a Tab. 27 (chlادivo R404A). Sdružené kompresorové jednotky fungují na principu kaskády kompresorů, které se postupně spínají v závislosti na aktuálním potřebném chladicím výkonu. Při návrhu kompresorových jednotek bylo proto rovněž přihlédnuto k minimálnímu chladicímu výkonu potřebnému při provozu nejmenšího výparníku v okruhu. V takovém případě byla snaha, aby potřebný chladicí výkon odpovídal výkonu jednoho kompresoru.

Tab. 26 Chladicí výkon pro jednotlivé okruhy – chlادivo R717

	Chladicí výkon	Vypařovací teplota	Celkový chladicí výkon	Chladicí okruh
	Q_o [W]	t_o [°C]	Q [kW]	č.
17 Mrazírna masa	5440,5	-32	10,0	1
52 Mrazírna	4536,6	-32		
5 Chladírna	4835,6	-7	163,6	2
6 Chladírna	4031,9	-7		
16 Předmrazírna	1143,1	-7		
19 Výrobní chladírna	8303,7	-7		
20 Masírky + nastř. masa	11987,5	-7		
22 Expediční chladírna masa	7876,3	-7		
23 Expediční chladírna baleného masa	7268,8	-7		
34 Chladírna nar. šunky	11009,9	-7		
35 Zchlazování	66798,5	-7		
46 Expediční chladírna mas. výroby	27603,5	-7		
47 Vychystávání	12707,8	-7	27,2	3
2 Příjem masa	4975,3	-3		
9 Kostí - chlazený sklad	2671,2	-3		
14 Chladírna střev	1096,1	-3		
44 Balení nářezů	7129,5	-3		
45 Balení, etiketování	5188,5	-3		
50 Nakládka	4219,3	-3		
54 Kartonování	1965,2	-3	29,5	4
10 Čisté přepravy	3493,7	2		
21 Bourárna	4450,5	2		
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	8534,4	2		
25 Chladírna zamíchané sur.	13004,7	2		

Tab. 27 Chladicí výkon pro jednotlivé okruhy – chladivo R404A

	Chladicí výkon	Vypařovací teplota	Celkový chladicí výkon	Chladicí okruh
	Q_o [W]	t_o [°C]	Q [kW]	č.
17 Mrazírna masa	5440,5	-32	10,2	1
52 Mrazírna	4736,1	-32		
5 Chladírna	4835,6	-7	163,8	2
6 Chladírna	3609,3	-7		
16 Předmrazírna	626,0	-7		
19 Výrobní chladírna	8303,7	-7		
20 Masírky + nastř. masa	12240,5	-7		
22 Expediční chladírna masa	7854,3	-7		
23 Expediční chladírna baleného masa	7268,8	-7		
34 Chladírna nar. šunky	11209,4	-7		
35 Zchlazování	67643,8	-7		
46 Expediční chladírna mas. výroby	28123,3	-7		
47 Vychystávání	12053,3	-7	26,6	3
2 Příjem masa	4977,9	-3		
9 Kosti - chlazený sklad	2458,6	-3		
14 Chladírna střev	873,4	-3		
44 Balení nářezů	7129,5	-3		
45 Balení, etiketování	5188,5	-3		
50 Nakládka	4219,3	-3		
54 Kartonování	1742,5	-3		
10 Čisté přepravy	3449,7	2	29,4	4
21 Bourárna	4450,5	2		
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	8534,4	2		
25 Chladírna zamíchané sur.	13004,7	2		

B.4.3 Další návrhové parametry

Při návrhu kompresorových jednotek je důležité kromě požadovaného chladicího výkonu a vypařovací teploty znát také další parametry.

Jedním z parametrů, který ovlivní výběr kompresorové jednotky, je kondenzační teplota, která byla zvolena na základě doporučení výrobců na hodnotě $t_k = 45^\circ\text{C}$. Dále byly stanoveny parametry podchlazení kapalného chladiva v kondenzátoru na hodnotu $\Delta t_{pod} = 2\text{K}$ a hodnota přehřátí na sání plynu $\Delta t_{pře} = 10\text{K}$. Hodnoty jsou navrženy stejně pro oba typy chladiv.

B.4.4 Sdružené kompresorové jednotky pro chladivo R717

Návrh

Dle návrhových softwarů výrobců byly navrženy jednotlivé kompresory. Součtem jejich výkonu a příkonů byly získány hodnoty výkonu a příkonu sdružené kompresorové jednotky složené z určitého počtu jednotlivých kompresorů. Pro okruh č. 3 a 4 byly vybrány pístové kompresory Frigopol, které disponují odděleným statorem od chladového okruhu. Díky tomu jsou vhodné pro chladivo R717. Navrženy byly pomocí softwaru Frigopol [15]. Pro okruh č. 2 byly kvůli vyššímu požadovanému chladicímu výkonu navrženy oddělené pístové kompresory Dorin (řada APE) pomocí návrhového softwaru Dorin [11]. Použití obdobných kompresorů i pro okruh č. 1

nebylo možné, kvůli omezenému pracovnímu rozsahu kompresorů. Pro tento okruh byl proto zvolen šroubový kompresor Bitzer dle návrhového softwaru [2].

Vybrané parametry jednotky pro okruh č. 3 jsou uvedeny v Tab. 28. Parametry jednotek pro další okruhy jsou uvedeny v příloze G.

Tab. 28 Vybrané parametry kompresorové jednotky pro okruh č. 3 (chladivo R717) [15]

Okruh č. 3				
Návrhové parametry:				
Chladivo	R717			
Vypařovací teplota	-3	°C		
Kondenzační teplota	45	°C		
Přehřátí (sací plynu)	10	K		
Podchlazení kapaliny	2	K		
Navržené kompresory:				
Model kompresoru	10-DLYC-3 (Frigopol)			
Počet kompresorů	5			
Parametry:	1 kompresor		celkem	
	10-DLYC-3			
Chladicí výkon	6,035	kW	30,175	kW
Výkon výparníků	5,897	kW	29,485	kW
Příkon	2,175	kW	10,875	kW
Výkon kondenzátoru	8,209	kW	41,045	kW
Sací potrubí	18	mm		
Výtlačné potrubí	18	mm		
Vstupní proud	4,31	A	21,55	A
Hmotnostní průtok	0,005589	kg/s	0,027945	kg/s
COP	2,77			
Cena	65000	Kč	475000	Kč



Obr. 18 Kompresor Frigopol pro chladivo R717 [35]



Obr. 17 Sdružená kompresorová jednotka (R717) [35]

Výsledky

Navržené kompresorové jednotky pro chladivo R717 pro všechny okruhy jsou uvedeny v Tab. 29. Sestavení sdružených kompresorových jednotek bude provedeno na míru.

Tab. 29 Navržené kompresorové jednotky pro chladivo R717

číslo okruhu	počet a typ kompresorů	celkový chladicí výkon	celkový příkon	Hmotnost	rozměry
		[kW]	[kW]	[kg]	[mm]
1	1xOSNA5351-K (Bitzer)	19,61	15,26	200	1000x600x1400
2	3x63VS-4B (Dorin)	179,55	58,32	700	2600x1200x1400
3	5x10-DLYC-3 (Frigopol)	29,485	10,875	400	1300x1100x1500
4	6x7-ELEC-1.5 (Frigopol)	32,646	9,87	350	1300x1100x1500

B.4.5 Sdružené kompresorové jednotky pro chladivo R404A

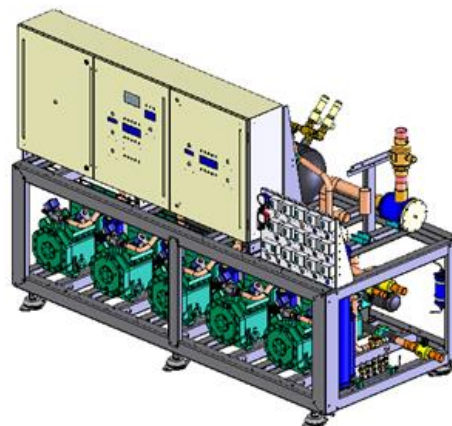
Návrh

Dle podkladů výrobce [34] byly na základě požadovaných chladicích výkonů jednotlivých okruhů vybrány sdružené kompresorové jednotky. Přesné parametry kompresorů byly zjištěny ze softwaru výrobce kompresorů [2]. Součtem jejich výkonu a příkonů byly získány hodnoty výkonu a příkonu sdružené kompresorové jednotky složené z daného počtu jednotlivých kompresorů:

Vybrané parametry jednotky pro okruh č. 3 jsou uvedeny v Tab. 30. Parametry jednotek pro další okruhy jsou uvedeny v příloze H.

Tab. 30 Vybrané parametry kompresorové jednotky pro okruh č. 3 (chladivo R404A) [34][2]

Okruh č. 3				
Návrhové parametry:				
Chladivo	R404A			
Vypařovací teplota	-3		°C	
Kondenzační teplota	45		°C	
Přehřátí (sací plynu)	10		K	
Podchlazení kapaliny	2		K	
Navržené sdružené jednotky:				
Model jednotky	BPCU-M2-4EES-6Y			
Rozměry jednotky	1,2x0,9x1,3		m	
Sací potrubí	36		mm	
Výtlačné potrubí	22		mm	
Navržené kompresory:				
Model kompresoru	4EES-6Y			
Počet kompresorů	2			
Parametry:	1 kompresor 4EES-6Y		Celkem	
Chladicí výkon	14,72	kW	29,44	kW
Výkon výparníků	14,72	kW	29,44	kW
Příkon	5,69	kW	11,38	kW
Výkon kondenzátoru	20,4	kW	40,8	kW
Vstupní proud	9,89	A	19,78	A
Hmotnostní průtok	486	kg/h	972	kg/h
COP	2,59			
Cena	79048	Kč	258000	Kč



Obr. 19 Kompresor Bitzer pro chladivo R404A [2] Obr. 20 Sdružená kompresorová jednotka (R404A) [34]

Výsledky

Navržené kompresorové jednotky pro chladivo R404A pro všechny okruhy jsou uvedeny v Tab. 31. Použity budou jednotky Sinop s polohermetickými pístovými kompresory Bitzer.

Tab. 31 Navržené kompresorové jednotky pro chladivo R404A

číslo okruhu	model sdružené jednotky	celkový chladicí výkon	celkový příkon	Hmotnost [kg]	rozměry
		[kW]	[kW]		[m]
1	BPCU - L2 - 4TES-9Y	11,46	10,02	468	1,4x1,2x1,3
2	BPCU - M4 – 4HE-25Y	164,4	68,16	1072	2,4x1,3x1,4
3	BPCU-M2-4EES-6Y	29,44	11,38	322	1,2x0,9x1,3
4	BPCU-M2-4EES-6Y	36,36	12,02	322	1,2x0,9x1,3

B.4.6 Další zařízení

Součástí každé kompresorové jednotky bude zásobník chladiva, komplexně řešené olejové hospodářství, sací filtr, uzavírací ventil sání a horkého plynu, presostat pro každý kompresor, manometry, filtrdehydrátor, pojistný ventil a elektrorozvaděč. Tyto komponenty budou součástí dodávky kompresorové jednotky, za jejíž návrh a funkci zodpovídá výrobce kompresorové jednotky. Jejich návrh proto není součástí této práce. Navržen je pouze sběrač chladiva.

B.4.6.1 Návrh sběrače chladiva

Sběrač chladiva je tlaková nádoba napojená na kapalinové potrubí. V řešeném objektu je pro každý okruh navržen jeden horizontální sběrač chladiva, který je umístěn na rámu kompresorové jednotky.

Sběrače chladiva jsou navrženy dle hmotnosti chladiva v chladicím okruhu, kde je sběrač umístěn. Sběrač musí být schopen pojmout veškeré chladivo při vyprazdňování okruhu.

Výpočet hmotnosti chladiva v chladicím okruhu

Hmotnost chladiva v chladicím okruhu lze stanovit z hmotnostního průtoku, rychlosti proudění chladiva a skutečné délky potrubí. Výpočet lze provést po jednotlivých úsecích, jejich součtem dostaneme celkovou hmotnost chladiva v potrubí.

Hmotnost chladiva v úseku potrubí lze stanovit dle:

$$M_i = \frac{m \cdot l_{skut}}{w} \quad (29)$$

kde:

M_i ... Hmotnost chladiva v úseku potrubí [g]

m ... hmotnostní průtok [g/s]

l_{skut} ... skutečná délka úseku potrubí [m]

w ... rychlost proudění chladiva v daném úseku [m/s]

Výpočet pro okruh č. 1 – chladivo R404A

dle vztahu (29)

$$M_i = \frac{51,265 \cdot 65,4}{6,9} = 485,9 \text{ g}$$

$$M = \sum M_i = 486 + 4859 + 33 + 569 + 59 + 1339 + 504 + 8475 = 16323 \text{ g} = 16,32 \text{ kg}$$

Navýšení hmotnosti na chladivo ve výparníku, kondenzátoru a kompresoru odhadnuto na 40 % z hmotnosti chladiva v potrubí.

Celková hmotnost chladiva v okruhu č. 1:

$$M = 16,32 \cdot 1,4 = 22,85 \text{ kg}$$

Výsledky

Hmotnosti chladiv pro jednotlivé okruhy a obě srovnávaná chladiva uvádí Tab. 32.

Tab. 32 Hmotnosti chladiv v jednotlivých okruzích

Hmotnost chladiva okruhu [kg]	R717	R404A
okruh č. 1	1,65	22,85
okruh č. 2	17,88	185,48
okruh č. 3	4,69	49,71
okruh č. 4	3,40	37,72

Množství náplně jednotlivých okruhů vyhovuje maximálnímu množství náplně udávané normou ČSN EN 378-1+A2. [7]

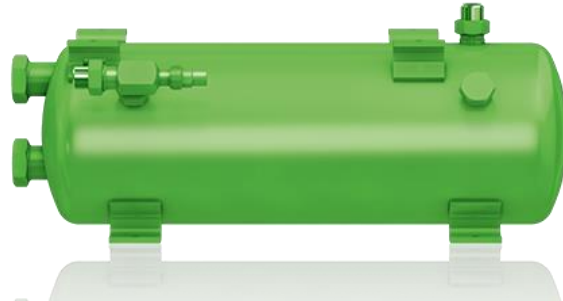
Návrh sběrače chladiva

Návrh sběračů proveden dle podkladů firmy Bitzer [30]. Objem sběrače byl vybrán dle hmotnosti chladiva v daném okruhu. Navržené sběrače chladiva uvádí Tab. 33.

Flüssigkeitssammler für Ammoniak-Anwendungen

Technische Daten / Anschlüsse

Typ	Behälter-Inhalt	Maximale NH ₃ -Füllung ^①
Type	Receiver volume	Maximum NH ₃ charge ^①
Type	Contenance du réservoir dm ³ (l)	Charge de NH ₃ max. ^①
F202HA	20	11,0
F402HA	39	21,4
F562NA	56	30,7
F1052TA	105	57,7
F1602NA	160	87,8

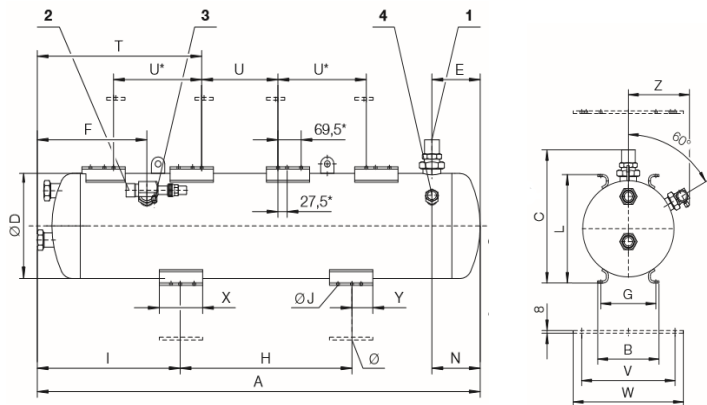


Obr. 21 Sběrač chladiva pro chladivo [30]

Obr. 22 Návrh sběračů chladiva (R717) [30]

Technische Daten/Anschlüsse Liegende Flüssigkeitssammler

Typ	Sammler-Inhalt	Maximale Kältemittel-Füllung ^①	
Type	Receiver volume	Maximum refrigerant charge ^①	
Type	Contenance du réservoir dm ³ (l)	R134a (kg)	R404A R507A (kg)
F062H	6,8	7,5	6,5
F102H	10	11,0	9,6
F152H	15	16,6	14,4
F192T	19	21,0	18,3
F202H	20	22,1	19,2
F252H	25	27,6	24,0
F302H	30	33,1	28,8
F392T	39	43,0	37,5
F402H	39	43,0	37,5
F552T	54	59,6	51,9
F562N	56	61,8	53,8
F732N	73	80,5	70,2
F902N	89	98,2	85,5
F1052T	105	115,9	100,9
F1202N	112	123,6	107,7
F1602N	160	176,5	153,8
F2202N	228	251,6	219,2
F3102N	320	353,1	307,6



Obr. 23 Návrh sběrače chladiva [30]

Obr. 24 Návrh sběrače chladiva (R404A) [30]

Tab. 33 Navržené sběrače chladiv

Okruh	R717		R404A	
	Označení výr.	Objem sběrače [l]	Označení výr.	Objem sběrače [l]
č. 1	F202HA	20	F252H	25
č. 2	F402HA	39	F2202	228
č. 3	F202HA	20	F552T	54
č. 4	F202HA	20	F402H	39

B.5 Návrh expanzních ventilů

Nezbytnou součástí chladicího okruhu je expanzní ventil, který slouží ke snížení tlaku v chladicím okruhu z vysokého (kondenzačního) na nízký tlak (vypařovací). Ventil současně zajišťuje, že množství nastříkaného chladiva odpovídá vypařenému chladivu ve výparníku. Umístěn bude těsně před výparník na kapalinovém potrubí.



Obr. 25 Termostatický expanzní ventil Alco řady TCLE [39]

Navrženy byly termostatické expanzní ventily firmy Alco na základě hodnot výparné a kondenzační teploty, hodnoty přehřátí, chladicího výkonu a tlakové ztráty kapalinového potrubí pomocí softwaru [39]. Na Obr. 26 je uveden princip návrhu expanzního ventilu pro výparník v místnosti č. 2. V rámci výpočtové části bylo přistoupeno k návrhu expanzních ventilů pro chladivo R404A, které jsou uvedeny v Tab. 34.

ALCO CONTROLS

Akce: [redacted]

Czech

°C-bar-kW

R404A

EMERSON Climate Technologies

chlادivo

vypařovací teplota $T_e = -3 \text{ }^\circ\text{C}$
 $P_o = 5,49 \text{ bara}$

nejnižší kondenzační teplota $T_c = 45 \text{ }^\circ\text{C}$
 $P_c = 20,63 \text{ bara}$

podchlazení $\Delta T_{\text{sub}} = 2 \text{ K}$

teplota kapaliny $T_{\text{liquid}} = 43 \text{ }^\circ\text{C}$

rozdíel tlaku na ventilu $14,9 \text{ bar}$

chlادicí výkon soustavy $Q_0 = 5,0 \text{ kW}$

tlaková ztráta $0,20 \text{ bar}$
(kapalinové potrubí, dehydrátor, elmg. ventil, pruhledítko, rozdelovac a výparník)

nejvyšší výkon ventilu při daných podmínkách (kW)

	rada T	R404A
THRE	X9144-B13B	214,5
	X9144-B11B	178,6
TIRE	X9166-B10B	158,1
TERE	X9117-B9B	123,2
	X9117-B8B	101,6
	X9117-B7B	73,9
	X9117-B6B	64,7
TJRE	X11873-B5B	52,4
	X11873-B4B	41,1
TCLE	X22440-B8B	34,7
	X22440-B7B	29,8
	X22440-B6B	22,1
	X22440-B5B	16,1
	X22440-B4B	12,5
	X22440-B3,5B	8,6
	X22440-B3B	5,7
	X22440-B2B	2,7
	X22440-B1B	1,3

doporučeno

	typ	obj.cis.	MOP
rada T dokonala	TCLE 150 SW		
tryska	X22440-B3B	803 212	
	hlava ventilu		
	XB 1019 SW-1B	803 443	-
	XB 1019 SW 40-1B	803 452	-14 °C
	XB 1019 SW 55-1B	803 474	-7 °C
	XB 1019 SW 80-1B	803 454	2 °C

Obr. 26 Návrhový software expanzních ventilů [39]

Tab. 34 Navržené expanzní termostatické ventily pro chladivo R404A

Č. m.	Vypařovací teplota	Kondenzační teplota	Podchlazení	Výkon	Tlaková ztráta	Navržený termostatický ventil	
	[°C]	[°C]	[K]	[kW]	[bar]	typ ventilu	typ trysky
2	-3	45	2	5,0	0,202	TCLE 150 SW	X22440-B3B
5	-7	45	2	4,8	0,110	TCLE 150 SW	X22440-B3B
6	-7	45	2	3,6	0,090	TCLE 150 SW	X22440-B3B
9	-3	45	2	2,5	0,193	TCLE 75 SW	X22440-B2B
10	2	45	2	3,4	0,170	TCLE 150 SW	X22440-B3B
14	-3	45	2	0,9	0,134	TCLE 25 SW	X22440-B1B
16	-7	45	2	0,6	0,130	TCLE 25 SW	X22440-B1B
17	-32	45	2	5,4	0,121	TCLE 250 SW	X22440-B4B
19	-7	45	2	8,3	0,068	TCLE 200 SW	X22440-B3,5B
20	-7	45	2	12,2	0,091	TCLE 250 SW	X22440-B4B
21	2	45	2	4,5	0,114	TCLE 150 SW	X22440-B3B
22	-7	45	2	7,9	0,032	TCLE 200 SW	X22440-B3,5B
23	-7	45	2	7,3	0,051	TCLE 200 SW	X22440-B3,5B
24	2	45	2	8,5	0,048	TCLE 200 SW	X22440-B3,5B
25	2	45	2	13,0	0,058	TCLE 400 SW	X22440-B5B
34	-7	45	2	11,2	0,038	TCLE 250 SW	X22440-B4B
35	-7	45	2	67,6	0,014	TERE 20 SW	X9117-B7B
44	-3	45	2	7,1	0,065	TCLE 200 SW	X22440-B3,5B
45	-3	45	2	5,2	0,070	TCLE 150 SW	X22440-B3B
46	-7	45	2	28,1	0,024	TCLE 850 SW	X22440-B7B
47	-7	45	2	12,1	0,051	TCLE 250 SW	X22440-B4B
50	-3	45	2	4,2	0,147	TCLE 150 SW	X22440-B3B
52	-32	45	2	4,7	0,307	TCLE 250 SW	X22440-B4B
54	-3	45	2	1,7	0,094	TCLE 75 SW	X22440-B2B

B.6 Návrh kondenzátoru

B.6.1 Návrh kondenzátoru pro chladivo R717

Návrh byl proveden softwarem GEA Goedhart [17].

Vstupní hodnoty

svislé proudění vzduchu

chladivo: R717

teplota vzduchu na vstupu: $t_e = 35^\circ\text{C}$ (stanovena s ohledem na umístění kondenzátoru na střeše)

kondenzační teplota: $t_k = 45^\circ\text{C}$ (viz. kapitola B.4.3)

požadovaný výkon kondenzátoru: stanoven na základě výpočtu v softwaru při návrhu kompresorů – viz kapitola B.4.4.

navýšení výkonu na zános lamel kondenzátoru: 10 % z $Q_{k,požadovaný}$

Vstupní hodnoty pro všechny chladicí okruhy shrnuje Tab. 35.

Tab. 35 Vstupní hodnoty pro návrh kondenzátoru – chladivo R717

Chladicí okruh	Kondenzační teplota	Teplota vzduchu	Potřebný výkon kondenzátoru	Výkon navýšený o výkon na zános lamel
	°C	°C	kW	kW
1	45	35	22,6	24,86
2	45	35	242,19	266,41
3	45	35	41,045	45,15
4	45	35	43,362	47,70

Návrh

Vybrané parametry navrženého kondenzátoru pro chladicí okruh č. 3 jsou uvedeny v Tab. 36. Parametry kondenzátorů dalších chladicích okruhů jsou k dispozici v příloze I.

Tab. 36 Parametry kondenzátoru pro chladicí okruh č. 3 (chladivo R717) [17]

Okruh č. 3		
Řada		INAL-S
Model		NF-MC102T2H-080N08S
Provedení		Svislé proudění vzduchu
Výkon	kW	45,3
Průtok vzduchu	m ³ /h	23 040
Teplota vzduchu na vstupu	°C	35
Chladivo		R-717 (NH ₃)
Kondenzační teplota	°C	45
Plocha	m ²	180
Blok		Nerez / Al
Rozteč lamel	mm	2,3
Opláštění		Pozink
Povrchová úprava opláštění		Křemíková šed' RAL 7032
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	38,0 @ 10,0 [+/- 2 dB(A)]
Energetická třída		C
Ventilátor(y)		
Počet ventilátoru		2
Údaje pro 1 ventilátor:		
Průměr ventilátoru	mm	800
Otáčky ventilátoru	ot/min	515
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,51
Nominální proud	A	1,25
ErP Compliance		2015
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50
Izolační třída		IP54
Délka x hloubka x výška	mm	3900 x 1130 x 1334
Hmotnost (bez náplně)	kg	458
Objem	dm ³	30
Cena netto za kus	CZK	167 357
Slevový koeficient		1
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	167357

Výsledky

Navržené kondenzátory pro chladivo R717 jsou uvedeny v Tab. 37.

Tab. 37 Navržené kondenzátory pro chladivo R717

Řada	Model	Výkon	Příkon 1 ventilátoru	Počet ventilátorů	Hmotnost	Rozměry	Cena
		kW	kW	-	kg	mm	Kč
INAL-S	NF-MB101T2H-080N08D	25,2	0,69	1	236	1800x1130x1334	111996
INAL-S	NF-PA105T4H-091E700	267,8	0,98	5	1404	6300x2260x1334	762017
INAL-S	NF-MC102T2H-080N08S	45,3	0,51	2	458	3900x1130x1334	167357
INAL-S	NF-MB102T2H-091P630	47,9	0,54	2	418	3300x1130x1334	200456
							1215638

B.6.2 Návrh kondenzátoru pro chladivo R404A

Návrh byl proveden softwarem GEA Goedhart [17].

Vstupní hodnoty

svislé proudění vzduchu

chladivo: R404A

teplota vzduchu na vstupu: $t_e = 35^\circ\text{C}$ (stanovena s ohledem na umístění kondenzátoru na střeše)

kondenzační teplota: $t_k = 45^\circ\text{C}$ (viz. kapitola B.4.3)

požadovaný výkon kondenzátoru: stanoven na základě výpočtu v softwaru při návrhu kompresorů – viz kapitola B.4.5.

navýšení výkonu na zános lamel kondenzátoru: 10 % z $Q_{k,požadovaný}$

Vstupní hodnoty pro všechny chladicí okruhy shrnuje Tab. 38.

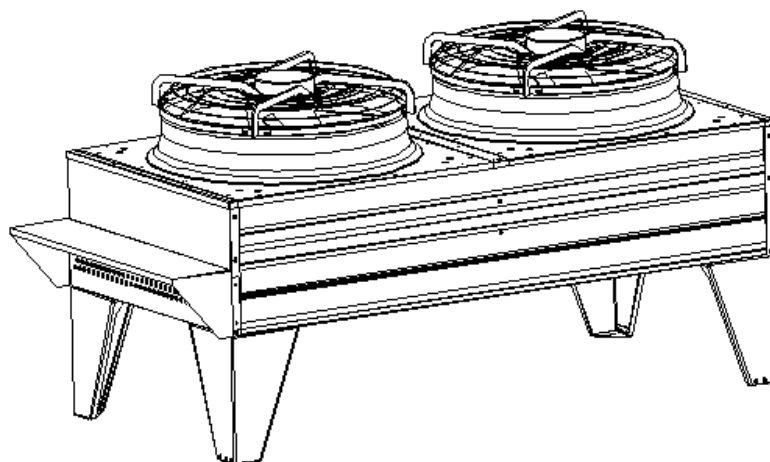
Tab. 38 Vstupní hodnoty pro návrh kondenzátoru – chladivo R404A

Chladicí okruh	Kondenzační teplota	Teplota vzduchu	Potřebný výkon kondenzátoru	Výkon navýšený o výkon na zános lamel
	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	kW	kW
1	45	35	21,46	23,61
2	45	35	232,8	256,08
3	45	35	40,8	44,88
4	45	35	48,4	53,24

Návrh

Vybrané parametry navrženého kondenzátoru pro chladicí okruh č. 3 jsou uvedeny v Tab. 39.

Parametry kondenzátorů dalších chladicích okruhů jsou k dispozici v příloze J.



Obr. 27 Nákres kondenzátoru [17]

Tab. 39 Parametry kondenzátoru pro chladicí okruh č. 3 (chladiivo R404A) [17]

Okruh č. 3		
Řada		KOAL-S
Model		RF-PB101T3H-080N06S
Provedení		Svislé proudění vzduchu
Výkon	kW	45,1
Průtok vzduchu	m ³ /h	16 560
Teplota vzduchu na vstupu	°C	35
Chladiivo		R-404a DX
Kondenzační teplota	°C	45
Plocha	m ²	225
Blok		Cu / Al
Rozteč lamel	mm	2,3
Opláštění		Pozink
Povrchová úprava opláštění		Křemíková šed' RAL 7032
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	43,0 @ 10,0 [+/- 2 dB(A)]
Energetická třída		C
Ventilátor(y)		
Počet ventilátoru		1
Údaje pro 1 ventilátor:		
Průměr ventilátoru	mm	800
Otáčky ventilátoru	ot/min	685
Příkon 1 ventilátoru	kW	1,05
Nominální proud	A	2,3
ErP Compliance		2015
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50
Izolační třída		IP54
Délka x hloubka x výška	mm	1823 x 2260 x 1333
Hmotnost (bez náplně)	kg	384
Objem	dm ³	38
Cena netto za kus	CZK	108 656
Slevový koeficient		1
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	108656

Výsledky

Navržené kondenzátory pro chladivo R404A jsou uvedeny v Tab. 40.

Tab. 40 Navržené kondenzátory pro chladivo R404A

Řada	Model	Výkon	Příkon 1 ventilátoru	Počet ventilátorů	Hmotnost	Rozměry	Cena
		kW	kW	-	kg	mm	Kč
KOAL-S	RF-MB101T2H-080N08D	24	0,8	1	233	1823 x 1130 x 1333	61991
KOAL-S	RF-PA105T3H-091H06S	256,4	1,75	5	1249	6323 x 2260 x 1333	405935
KOAL-S	RF-PB101T3H-080N06S	45,1	1,05	1	384	1823 x 2260 x 1333	108656
KOAL-S	RF-PA101T3H-091E86S	53,1	1,7	1	340	1523 x 2260 x 1333	117785
							694367

B.7 Dimenzování potrubí

Z hlediska dimenzování jsou v objektu navrženy 4 hydraulické okruhy, které odpovídají okruhům daným kompresorovými jednotkami, z nichž každý má danou jinou vypařovací teplotu a je tedy určen pro chlazení místností s rozdílnými teplotními nároky:

- okruh č. 1 – výparná teplota -32°C
- okruh č. 2 – výparní teplota -7°C
- okruh č. 3 – výparná teplota -3°C
- okruh č. 4 – výparná teplota 2°C

Při dimenzování potrubí je potřeba stanovit dimenze jednotlivých okruhů jak na straně výparníků, tak na straně kondenzátorů. Navíc je při návrhu nutné brát zřetel na to, zda se jedná o potrubí sací, kapalinové nebo výtlačné. V jednotlivých potrubích se mění rychlosti a skupenství chladiva, díky tomu se tak výrazně liší objemový průtok potrubím.

B.7.1 Stanovení rozměru potrubí

Při stanovování rozměrů potrubí se vychází z hmotnostního průtoku - viz vztah (30), který závisí na chladicím výkonu. Využívá se přitom toho, že hmotnostní průtok je v chladicím okruhu konstantní a nezávisí na tom, zda je chladivo v kapalném (kapalinové potrubí) nebo plynném stavu (sací a výtlačné potrubí). Podle stavu se však liší měrný objem a tím i objemový průtok chladiva [43].

$$m = \frac{Q_o \cdot 3,6}{q_o} \quad (30)$$

kde:

m ... hmotnostní průtok chladiva [kg/h]

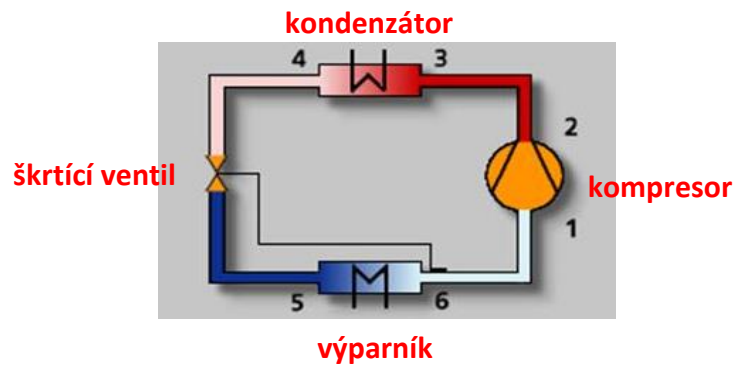
Q_o ... potřebný chladicí výkon [kW]

q_o ... měrná chladivost [kJ/kg] – viz (31)

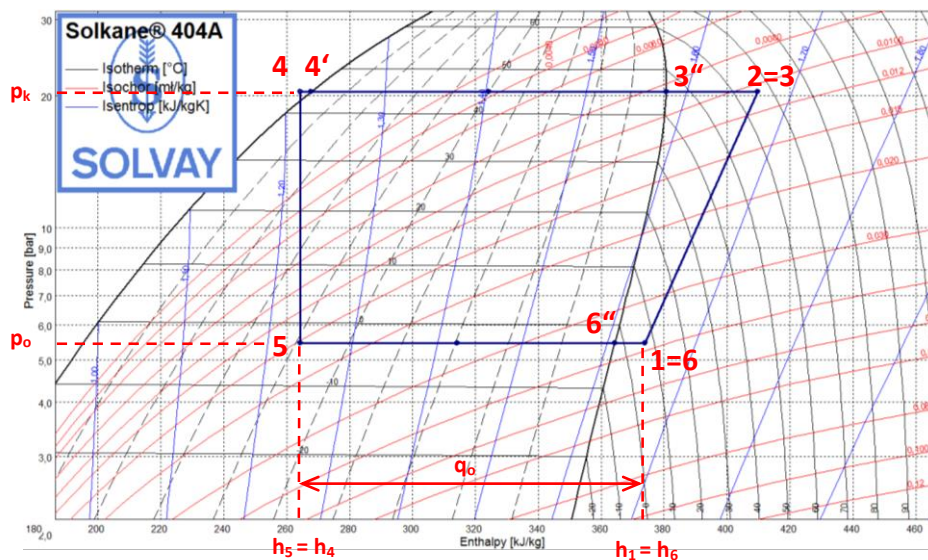
$$q_o = h_6 - h_5 \quad (31)$$

kde:

h ... entalpie [kJ/kg] – viz Graf 4



Obr. 28 Schéma stavů chladiva v chladicím okruhu [36]



Graf 4 Chladicí okruh v p-h diagramu [36]

V závislosti na konkrétním stavu chladiva v daném místě chladicího okruhu, který popisuje měrná hmotnost, se stanoví z hodnoty hmotnostního průtoku průtok objemový. Vztah pro výpočet objemového průtoku uvádí (32).

$$V = m \cdot v \quad (32)$$

kde:

V ... objemový průtok [m^3/h]

m ... hmotnostní průtok [kg/h]

v ... měrný objem chladiva [m^3/kg]

Dimenze potrubí jednotlivých úseků byly navrženy s ohledem na rychlost proudění. Rychlost proudění v jednotlivých typech potrubí pro oba typy chladiv uvádí Tab. 41. Ze vztahu (33) se určí, v závislosti na objemovém průtoku a zvolené rychlosti proudění, průřezová plocha potrubí, z něhož je určen průměr potrubí. Následně je navržena optimální dimenze potrubí a zpětně korigována rychlost proudění.

$$S = \frac{V}{w \cdot 3600} \quad (33)$$

kde:

S ... průřez potrubí [m²]

V ... objemový průtok [m³/h]

w ... rychlost proudění [m/s]

Tab. 41 Doporučené rychlosti proudění chladiva pro různé typy potrubí [13]

Rychlost [m/s]	Sací potrubí	Výtlačné potrubí	Kapalinové potrubí	Potrubí kondenzátu
R404A	5,0 – 15	2,0 – 15	0,3 – 0,8	< 0,5
R717 (NH ₃)	15 – 20	16 – 25	0,5 - 2	< 0,5

B.7.2 Výpočet tlakové ztráty

Tlakové ztráty způsobují ztrátu na výkonu a snižují tak kvalitu chladicího zařízení. Vysoké tlakové ztráty zejména v sacím potrubí jsou nežádoucí. Je proto třeba zajistit aby bylo spojovací potrubí co nejkratší a pokud možno s co nejmenším počtem odboček a kolen. Tlaková ztráta třením v přímém potrubí se stanoví ze vztahu:

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2} \quad (34)$$

kde:

Δp ... tlaková ztráta [Pa]

λ ... součinitel tření v trubkách (pro Cu je $\lambda = 0,03$; pro ocel $\lambda = 0,04$)

l ... délka potrubí [m]

d ... světlý průměr trubky [m]

ρ ... měrná hmotnost chladiva [kg/m³]

w ... rychlost proudění [m/s]

Výpočet tlakové ztráty vřazenými odpory jako jsou kolena, armatury apod. se nahrazuje metodou výpočtu ekvivalentní délky potrubí. Tlaková ztráta armatury totiž odpovídá tlakové ztrátě potrubí určité délky. Celková tlaková ztráta úseku potrubí je tedy dána vztahem (34), kde délka potrubí odpovídá součtu skutečné délky a délky ekvivalentní, která nahrazuje tlakovou ztrátu kolen a armatur.

Tlaková ztráta v sacím potrubí odpovídá ztrátě na vypařovací teplotě, která by se měla pohybovat do 2 K. [43]

Ztráty kapalinového potrubí významně ovlivní statický rozdíl tlaků daný rozdílnou výškovou úrovní mezi sběračem chladiva a expanzním ventilem. Vypočte se dle vztahu:

$$\Delta p_{stat} = g \cdot \rho \cdot h \quad (35)$$

kde:

Δp_{stat} ... statický rozdíl tlaků [Pa]

g ... gravitační zrychlení [m/s^2]

ρ ... měrná hmotnost [kg/m^3]

h ... výškový rozdíl [m]

V řešeném objektu je sběrač chladiva součástí kompresorové jednotky a je tedy umístěn ve strojovně chlazení, která je situována výše než expanzní ventily ve výparnicích. Statický rozdíl tlaků je proto možné od výsledné tlakové ztráty odečíst.

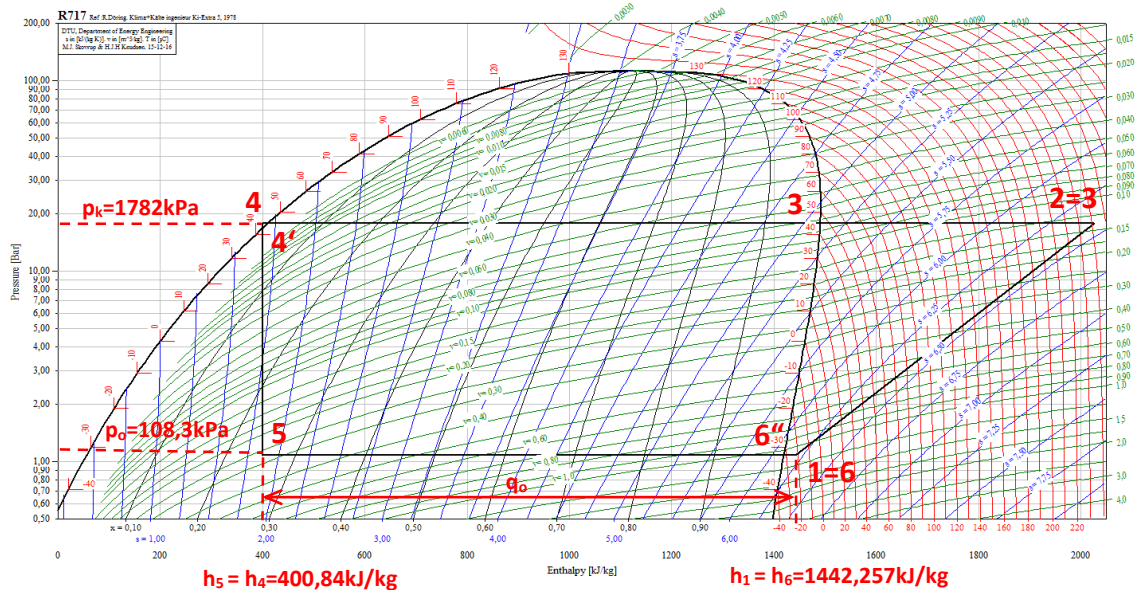
Celkové tlakové ztráty ve spojovacím potrubí by v případě kapalinového potrubí neměly překročit hodnotu 0,35 bar, v případě výtlačného potrubí 0,3 bar. [43]

B.7.3 Dimenzování potrubí pro chladivo R717

Stanovení dimenzí potrubí chladiva R717

Návrh dimenze potrubí pro chladivo R717 byl proveden pomocí ručních výpočtů dle vztahů uvedených v kapitole B.7.1. Návrh dimenzí je pro okruh č. 1 uveden v Tab. 43. Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát ostatních okruhů je uveden v Příloze K. Hodnota měrné chladivosti q_0 potřebná pro výpočet hmotnostního průtoku je stanovena z p-h diagramu, do kterého byly vynešeny chladicí cykly jednotlivých okruhů. Chladicí cyklus okruhu č. 1 je zobrazen v Graf 5. Diagramy pro ostatní okruhy jsou k dispozici v Příloze K.

Izoentropická účinnost kompresoru byla pro všechny okruhy uvažována na hodnotě 0,8.



Graf 5 Chladicí cyklus okruhu č. 1 vyneseny v diagramu log p – h [32]

Tab. 42 Hodnoty základních veličin při různých stavech chladiva pro okruh č. 1

Stavy chladiva	Teplota	Tlak	Měrný objem	Entalpie
	t [°C]	p [kPa]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]
1=6	-22	108,3	1,10046	1442,26
2=3	241,77	1782,0	0,13777	2026,74
3''	45	1782,0	0,07284	1491,02
4'	45	1782,0	0,00175	410,49
4	43	1782,0	0,00174	400,84
5	-32	108,3	0,26800	400,84
6''	-32	108,3	1,05513	1419,50

Výpočet tlakové ztráty

Výpočet tlakové ztráty potrubí byl proveden ručním výpočtem pomocí vztahu (34). Při výpočtu tlakové ztráty byly vypočítány ztráty v dílčích úsecích. Vzájemným porovnáním ztrát v uzlech, kde se spojují dva úseky, byla vybrána větev s největší tlakovou ztrátou.

Celková tlaková ztráta sacího potrubí byla porovnána s doporučenou hodnotou ztráty na vypařovací teplotě, hodnoty tlakových ztrát výtlačného a kapalinového potrubí, byly porovnány s doporučenými hodnotami tlakových ztrát uvedenými v kapitole B.7.2. Hodnoty tlakových ztrát ve výtlačných potrubích jsou ve všech okruzích pod doporučenými hodnotami. Tlaková ztráta v sacím potrubí převyšuje doporučenou hodnotu jen u okruhu č. 3 a č. 4, ale jen drobně, což nebude mít zásadní vliv na provoz. Doporučené hodnoty tlakových ztrát jsou drobně překročeny v kapalinovém potrubí.

Hodnoty ekvivalentních délek nahrazujících místní odpory byly určeny dle tabulek v [43].

Tab. 43 Návrh dimenzí a výpočet tlakové ztráty – okruh č. 1 (chladiivo R717)

OKRUH č. 1													
		Výparná teplota		$t_0 =$	-32	°C	měrný objem chladiva - sání		$v_1=v_6 =$	1,10046	m^3/kg		
		Kondenzační teplota		$t_k =$	45	°C	měrný objem chladiva - kapalina		$v_4 =$	0,00174	m^3/kg		
		Přehřátí		$\Delta t_{pře} =$	10	K	měrný objem chladiva - výtlak		$v_2=v_3 =$	0,13777	m^3/kg		
		Podchlazení		$\Delta t_{pod} =$	2	K							
		měrná chladivost		$q_p =$	1041,4	kJ/kg	součinitel tření v potrubí		$\lambda =$	0,03			
č. ú.	výparníky v místnostech	Výkon Q_p [kW]	Hmotnostní průtok m [kg/h]	potrubí	Objemový průtok V [m ³ /h]	DN	vnitřní průměr potrubí d_i [m]	Rychlost w [m/s]	Měrná tlaková ztráta [Pa/m]	skutečná délka l_{skut} [m]	Místní odpory	Ekvivalentní délka l_{eq}	Tlaková ztráta Δp [Pa]
1.1	52	4,54	15,68	sací kapalinové	17,258	22x1	0,02	15,26	158,7	65,4	4xkolenno, T-přímé, 2xsmýčka	7,3	11536,6
1.2	52+17	9,98	34,49	sací kapalinové	37,954	30x1,5	0,027	18,41	171,2	3	3xkolenno, 2xsmýčka	0,85	51958,1
1.3	52+17	9,98	34,49	výtlačné kondenzátní	4,752	12x1	0,01	16,81	3074,8	4,5	3xkolenno, 4xsmýčka	0,9	640,1
1.1.1	17	5,44	18,81	sací kapalinové	20,696	22x1	0,02	18,30	228,2	67,7	4xkolenno, T-odbočka, 2xsmýčka	5	16592,0
Celková ztráta sacího potrubí: 16592+1480,6=													
Celková ztráta kapalinového potrubí 1948+604+76982-(p·g·h)/79571-(575·9,81·1,5)=													
Celková ztráta výtlačného potrubí: 23061,2=													
Ztráta teploty Δt [K]													
18072,7 1,03 <2K													
71115,7 0,02 <35000 Pa													
23061,2 0,1 <30000 Pa													

B.7.4 Dimenzování potrubí pro chladivo R404A

Dimenzování potrubí pro chladivo R404A bylo provedeno pomocí softwaru Solkane [36]. Na základě zadaných hodnot pro jednotlivé okruhy: teplota výparná, teplota kondenzace, přehřátí a podchlazení a chladicího výkonu v daném úseku byly stanoveny hmotnostní průtoky a dále přímo vybrány dimenze potrubí jednotlivých úseků. Přitom byl brán zřetel na rychlost proudění.

The screenshot shows the SOLKANE 8.0.0 software interface for R404A. The main calculation area is divided into three sections: Evaporator, Condenser, and Compressor. The Evaporator section shows a temperature of -3,00 °C, superheating of 10,00 K, pressure drop of 0,00 bar, and refrigerating capacity of 4,22 kW. The Condenser section shows a temperature of 45,00 °C, subcooling of 2,00 K, and pressure drop of 0,00 bar. The Compressor section shows an isentr. efficiency of 0,773. The Pipe sizing tab is active, showing a table of pipe dimensions and properties for the suction line. A red box highlights the selected pipe size: 18 x 1,0 (di=18mm).

Pipe section	Material	Standard
Suction line	Cu	EN 12735-1
Discharge line	Cu	EN 12735-1
Liquid line	Cu	EN 12735-1
Suction riser	Cu	EN 12735-1
Hot gas riser	Cu	EN 12735-1

Pipe Sizing / Single-stage process		
Liquid line	Suction riser	Hot gas riser
Suction line		Discharge line
Suction line [Cu / EN 12735-1 / Total pressure drop]		
next smaller tube	Inner diameter [mm]	next bigger tube
18 x 1,0 (di=18mm)	18,27	22 x 1,0 (di=20mm)
7,35	Velocity [m/s]	4,70
0,04	Equivalent length [K/m]	0,01
687	Pressure drop [Pa/m]	231
1,0	Total pressure drop [K]	0,3
	L=24,8 m Δp=0,5 K	

Obr. 29 Návrh dimenze potrubí pro úsek 3.1 pro chladivo R404A v softwaru Solkane [36]

Stanovení dimenzí potrubí chladiva R404A

Ve výpočtové části je uveden návrh dimenzí a výpočtu tlakové ztráty pro okruh č. 1. Návrh dimenzí pro ostatní okruhy jsou uvedeny v příloze L.

Tab. 44 Návrh dimenzí a výpočet tlakové ztráty – okruh č. 1 (chladiivo R404A)

OKRUH č. 1		Výparná teplota		Kondenzační teplota		Přehřátí		Podchlazení					
		$t_0=$	-32	$t_k=$	45	$\Delta t_{p,ie}=$	10	$\Delta t_{p,od}=$	2				
		$t_0=$	-32	$t_k=$	45	$\Delta t_{p,ie}=$	10	$\Delta t_{p,od}=$	2				
		$t_0=$	-32	$t_k=$	45	$\Delta t_{p,ie}=$	10	$\Delta t_{p,od}=$	2				
č. ú.	výparníky v místnostech	Výkon Q_o [kW]	Hmotnostní průtok m [g/s]	potrubí	DN Dxt	Rychlost w [m/s]	Měrná tlaková ztráta R [Pa/m]	Měrná ztráta R [K/m]	skutečná délka l_{sur} [m]	Místní odpory	Ekvivalentní délka l_{eq}	Ztráta teploty Δt [K]	Tlaková ztráta Δp [Pa]
1.1	52	4,74	51,265	sací kapalinové	35x1,5 12x1,0	6,9 0,69	110 453	0,01 0,01	65,4	4xkolenno, T-přímé, 2xsmyčka 4xkolenno, T-přímé	7,3 0,85	0,727 0,6625	7997 30011,3
1.2	52+17	10,18	110,1	sací kapalinové výtláčné kondenzátní	42x1,5 18x1 16x1 22x1	9,99 0,58 8,45 0,37	171 187 3060 64	0,02 0 0,06 0	3	3xkolenno, 2xsmyčka 3xkolenno 3xkolenno, 4xsmyčka 3xkolenno	5,65 0,9 3 0,9	0,173 0 0,45 0	1479,15 729,3 22950 345,6
1.1.1	17	5,44	58,836	sací kapalinové	35x1,5 15x1,0	7,91 0,47	141 164	0,02 0	67,7	4xkolenno, T-odbočka, 2xsmyčka 4xkolenno, T-odbočka	5 1,45	1,454 0	10250,7 11340,6
		Celková ztráta sacího potrubí: 1,454+0,173=											
		Celková ztráta kapalinového potrubí: 0,6625+0+0=											
		Celková ztráta výtláčného potrubí: 1,454+0,173=											
		<2K											
		<35000Pa											
		<30000Pa											

Výpočet tlakové ztráty

Výpočet tlakové ztráty pro jednotlivé dílčí úseky byl stanoven dle softwaru Solkane. Ke skutečné délce byly připočítány hodnoty ekvivalentních délek (dle tabulek v [43]) nahrazující vřazené odpor. Při výpočtu tlakové ztráty byly vypočítány ztráty v dílčích úsecích. Vzájemným porovnáním ztrát v uzlech, kde se spojují dva úseky, byla vybrána větev s největší tlakovou ztrátou.

Celková tlaková ztráta sacího potrubí byla porovnána s doporučenou hodnotou ztráty na vypařovací teplotě, hodnoty tlakových ztrát výtlačného a kapalinového potrubí, byly porovnány s doporučenými hodnotami tlakových ztrát uvedenými v kapitole B.7.2. Ve většině okruhů jsou hodnoty tlakových ztrát pod maximálními doporučenými hodnotami nebo je jen drobně převyšují.

B.8 Návrh tepelné izolace potrubí

Při návrhu tepelné izolace potrubí je třeba rozlišit, o kterou část chladivového potrubí se jedná. Výtlačné potrubí nebude izolováno vůbec. Snížení teploty ve výtlačném potrubí před vstupem do kondenzátoru vlivem ochlazení při průchodu vnitřním i vnějším prostředím je výhodné.

Kapalinové potrubí by rovněž nemuselo být izolováno. Vzhledem k tomu, že však prochází chlazenými prostory, docházelo by k vnikání tepelné zátěže, z tohoto důvodu musí být izolováno. Sací potrubí bude rovněž izolováno, zejména s ohledem na zamezení kondenzace na potrubí.

Tepelná izolace je navržena s ohledem na požadavky vyhlášky 193/2007Sb.

Materiál

Pro obě varianty je navržena kaučuková izolace AF Armaflex s hodnotou součinitele tepelné vodivosti $\lambda_{iz} = 0,033 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ – hodnota tepelné vodivosti určena dle technického listu výrobce [1].

B.8.1 Návrh tepelné izolace pro potrubí s chladivem R717

Návrh

Návrh je proveden pomocí softwaru na webu tzb-info [38]. Ukázkový výpočet je uveden na Obr. 30. Navržené tloušťky izolací pro jednotlivé tloušťky potrubí jsou uvedeny v Tab. 45.

Vstupní veličiny

Z hlediska zamezení kondenzace je rozhodující stav, kdy má chladivo v sacím potrubí minimální teplotu – v navrhovaném objektu se jedná o potrubí okruhu č. 1, kde je teplota v sacím potrubí rovna -22°C a maximální teplotou v interiéru, která je rovna teplotě 24°C v nechlazených prostorech.

- Teplota teplotonosné látky: $t_{in} = -22^\circ\text{C}$ (viz Tab. 42)
- Teplota okolí: $t_{out} = 24^\circ\text{C}$ (viz Tab. 3)
- Relativní vlhkost okolí: $\varphi = 50\%$ (viz Tab. 3)
- Součinitel tepelné vodivosti izolace: $\lambda_{iz} = 0,033 \text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$ (Armaflex AF) [1]
- Součinitel tepelné vodivosti nerezové oceli: $\lambda_{nerez} = 30 \text{ W} / \text{m K}$ [9]

Tab. 45 Navržené tloušťky izolace pro jednotlivá potrubí s chladičem R717

Potrubí	Tloušťka izolace [mm]	Součinitel prostupu tepla - vypočtený	Součinitel prostupu tepla – dle vyhl. 193/2007 [3]	Posouzení
4x1	7	0,111	0,15	VYHOVUJE
5x1	7	0,123	0,15	VYHOVUJE
6x1	7	0,135	0,15	VYHOVUJE
7x1	7	0,147	0,15	VYHOVUJE
8x1	10	0,139	0,15	VYHOVUJE
9x1	10	0,148	0,15	VYHOVUJE
10x1	12,5	0,144	0,15	VYHOVUJE
12x1	16	0,143	0,15	VYHOVUJE
14x1	32	0,115	0,15	VYHOVUJE
16x1	32	0,123	0,15	VYHOVUJE
18x1	32	0,13	0,15	VYHOVUJE
20x1	32	0,137	0,15	VYHOVUJE
22x1	25	0,154	0,18	VYHOVUJE
28x1,5	35	0,157	0,18	VYHOVUJE
30x1,5	35	0,163	0,18	VYHOVUJE
34x1,5	35	0,175	0,18	VYHOVUJE
45x2	27	0,242	0,27	VYHOVUJE
50x2	27,5	0,258	0,27	VYHOVUJE
52x2	28,5	0,265	0,27	VYHOVUJE
70x2	40	0,257	0,27	VYHOVUJE

B.8.2 Návrh tepelné izolace pro potrubí s chladičem R404A

Návrh


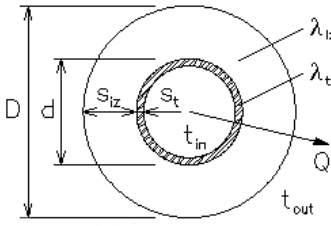
Návrh je proveden pomocí softwaru na webu tzb-info [38]. Ukázkový výpočet je uveden na Obr. 30. Navržené tloušťky izolací pro jednotlivé tloušťky potrubí s chladičem R404A jsou uvedeny v Tab. 46.

Vstupní veličiny

Z hlediska zamezení kondenzace je rozhodující stav, kdy má chladič v sacím potrubí minimální teplotu – v navrhovaném objektu se jedná o potrubí okruhu č. 1 kde je teplota v sacím potrubí rovna -22°C a maximální teplotou v interiéru, která je rovna teplotě 24°C v nechlazených prostorech.

- Teplota teponosné látky: $t_{in} = -22^{\circ}\text{C}$ (viz Tab. 42)
- Teplota okolí: $t_{out} = 24^{\circ}\text{C}$ (viz Tab. 3)
- Relativní vlhkost okolí: $\varphi = 50\%$ (viz Tab. 3)
- Součinitel tepelné vodivosti izolace $\lambda_{iz} = 0,033 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (Armaflex AF) [1]
- Součinitel tepelné vodivosti mědi: $\lambda_{Cu} = 372 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ [38]

Tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu

Izolace -- Vlastní hodnoty -- Rozměry izolace Tloušťka $s_{iz} = 16$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_{iz} = 0,033$ W / m K		 Rozsah provozních teplot: není uveden
Trubka -- Vlastní hodnoty -- Rozměry trubky Průměr $d = 12$ mm Tloušťka stěny $s_t = 1$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_t = 30$ W / m K		
 <p style="text-align: center;">$D = d + 2 s_{iz} = 44$ mm</p>		Potrubí Teplota média $t_{in} = -22$ °C Teplota v okolí potrubí $t_{out} = 24$ °C Relativní vlhkost vzduchu $rh = 50$ % ??? Teplota rosného bodu $t_w = 13,5$ °C Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu $\alpha_e = 10$ W / m ² K Délka potrubí $l = 1$ m
Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)		DN 10 - DN 15 => $U_{o,193/2007} = 0,15$ W / m K
Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí		$U_o = 0,143 \leq 0,15$ W / m K => VYHOVUJE požadavkům vyhlášky č. 193/2007
Povrchová teplota izolovaného potrubí		$t_{p,iz} = 19,2$ °C > t_w => na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci
Tepelná ztráta potrubí bez izolace		$q_p = -17,3$ W/m
Tepelná ztráta potrubí s izolací		$q_{iz} = -6,6$ W/m
Energetická úspora izolovaného potrubí		62 %
Střední spotřeba izolace		0,088 m ² - platí pro plošnou izolaci

Obr. 30 Výpočet tepelné izolace potrubí [38]

Tab. 46 Navržené tloušťky izolace pro jednotlivá potrubí s chladivem R404A

Potrubí	Tloušťka izolace [mm]	Součinitel prostupu tepla - vypočtený	Součinitel prostupu tepla – dle vyhl. 193/2007 [3]	Posouzení
6x1	7	0,135	0,15	VYHOVUJE
8x1	10	0,139	0,15	VYHOVUJE
10x1	12,5	0,144	0,15	VYHOVUJE
12x1	16	0,143	0,15	VYHOVUJE
15x1	32	0,119	0,15	VYHOVUJE
16x1	32	0,123	0,15	VYHOVUJE
18x1	25	0,145	0,15	VYHOVUJE
22x1	25	0,162	0,18	VYHOVUJE
28x1,5	35	0,157	0,18	VYHOVUJE
35x1,5	35	0,179	0,18	VYHOVUJE
42x1,5	27	0,232	0,27	VYHOVUJE
54x2	28,5	0,266	0,27	VYHOVUJE
64x2	39,5	0,244	0,27	VYHOVUJE
89x2	41,5	0,297	0,34	VYHOVUJE

B.9 Hodnocení variant

B.9.1 Ekonomické zhodnocení

Z ekonomického hlediska byly v rámci práce zhodnoceny srovnávané varianty po stránce pořizovacích (investičních) a provozních nákladů.

B.9.1.1 Pořizovací náklady

Pro srovnání pořizovacích nákladů obou variant – použití chladiva R717 a R404A byly použity ceny jednotlivých zařízení – výparníků, kompresorových jednotek a kondenzátorů navržených v předchozích kapitolách.

Stanovení ceny potrubí a ceny izolací

Cena potrubí byla stanovena výpočtem pro jednotlivé dimenze potrubí. Jejich celková délka byla vynásobena cenou za metr potrubí, která byla stanovena z ceníků výrobců. Stejným způsobem bylo postupováno i při výpočtu ceny izolací. Celková cena je pak dána součtem cen jednotlivých typů potrubí a je uvedena pro chladivo R717 v Tab. 47 a pro chladivo R404A v Tab. 48.

Tab. 47 Ceny potrubí a izolací – chladivo R717

CENA POTRUBÍ				CENA IZOLACE			
Typ potrubí	Celková délka potrubí	Cena za m potrubí [41]	Cena za potrubí	Tl. izolace	Celková délka izolovaného potrubí	Cena za m izolace [1]	Cena za izolaci
DN	m	Kč/m	Kč	mm	m	Kč/m	Kč
4x1	10,7	248	2653,6	7	10,7	28	299,6
5x1	27,7	150	4155,0	7	27,7	28	775,6
6x1	205,1	124	25432,4	7	205,1	28	5742,8
7x1	54,9	130	7137,0	7	54,9	28	1537,2
8x1	163,5	136	22236,0	10	163,5	39	6376,5
9x1	2,1	149	312,9	10	2,1	39	81,9
10x1	93,9	149	13991,1	12,5	89,4	65	5811,0
12x1	120,5	173	20846,5	16	116,0	78	9048,0
14x1	17,8	219	3898,2	32	8,8	175	1540,0
16x1	117,1	236	27635,6	32	108,1	182	19674,2
18x1	32,4	312	10108,8	32	32,4	194	6285,6
20x1	76,0	291	22116,0	32	76,0	194	14744,0
22x1	171,7	388	66619,6	25	171,7	151	25926,7
28x1,5	47,9	494	23662,6	35	47,9	228	10921,2
30x1,5	16,8	625	10500,0	35	12,3	228	2804,4
34x1,5	38,6	658	25398,8	35	38,6	265	10229,0
38x1,5	4,5	752	3384,0	není izolováno			0
45x2	7,8	1128	8798,4	27	7,8	241	1879,8
50x2	6,6	1244	8210,4	27,5	6,6	282	1861,2
52x2	22,5	1558	35055,0	28,5	22,5	318	7155,0
70x2	9,5	2200	20900,0	40	9,5	503	4778,5
Celkem	1247,6		363051,9	Celkem	1211,6		137472,2

Tab. 48 Ceny potrubí a izolací – chladivo R404A

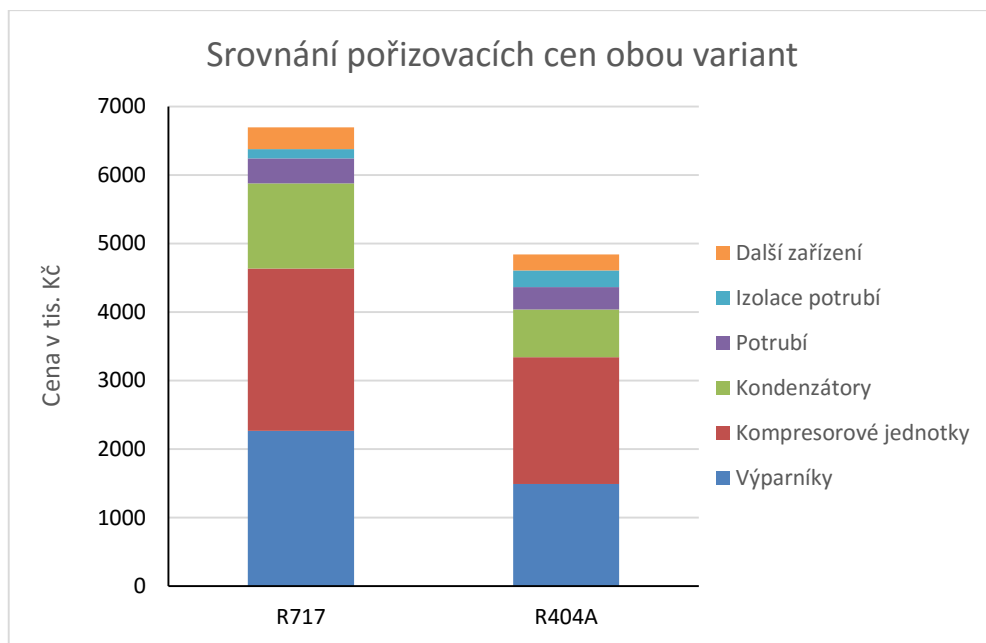
CENA POTRUBÍ				CENA IZOLACE			
Typ potrubí	Celková délka potrubí	Cena za m potrubí [24]	Cena za potrubí	Tl. izolace	Celková délka izolovaného potrubí	Cena za 1m izolace [1][23]	Cena za izolaci
DN	m	Kč/m	Kč	mm	m	Kč/m	Kč
6x1,0	9,0	40,9	368,1	7	9,0	28	252,0
8x1,0	3,8	57,9	220,0	10	3,8	39	148,2
10x1,0	35	75,5	2642,5	12,5	35,0	65	2275,0
12x1	132,1	89,5	11823,0	16	132,1	78	10303,8
15x1,0	126,5	118	14927	32	126,5	182	23023
16x1	130,4	121	15778,4	32	125,9	182	22913,8
18x1	100,7	135	13594,5	25	100,7	142	14299,4
22x1	136,4	168	22915,2	25	122,9	151	18557,9
28x1,5	209,5	215	45042,5	35	209,5	265	55517,5
35x1,5	191,9	395	75800,5	35	182,9	265	48468,5
42x1,5	86,7	489	42396,3	27	86,7	241	20894,7
54x2,0	34,0	841	28594,0	28,5	29,5	318	9381,0
64x2	36,4	1019	37091,6	39,5	36,4	464	16889,6
76x2	4,5	1255	5647,5	není izolováno			0
89x2,0	5,9	1492	8802,8	41,5	5,9	585	3451,5
Celkem	1242,8		325644,0	Celkem	1206,8		246375,9

Vyhodnocení

Jak je vidět z Tab. 49, jednoznačně investičně náročnější je varianta s chladivem R717. Zvýšenou cenu způsobuje zejména fakt, že pro styk s chladivem R717 byla použita nerezová potrubí. Stejně tak je navrženo nerezové potrubí i ve výparnících a kondenzátorech. V případě srovnání cen izolací potrubí je to naopak. Nižší cena izolace potrubí je u chladiva R717 díky výrazně menším dimenzím potrubí. Porovnání pořizovacích cen jednotlivých komponentů navržených chladicích okruhů zadaném objektu shrnuje Graf 6.

Tab. 49 Celkové pořizovací náklady

	R717		R404A	
	Cena [Kč]	poznámky	Cena [Kč]	poznámky
Výparníky	2 268 438	viz kap. B.3.4	1 489 588	viz kap. B.3.4
Kompresorové jednotky	2 366 385	viz kap. B.4.4	1 852 400	viz kap. B.4.5
Kondenzátory	1 241 826	viz kap. B.6.1	694 367	viz kap. B.6.2
Potrubí	363 052	viz Tab. 47	325 644	viz Tab. 48
Izolace potrubí	137 472	viz Tab. 47	246 376	viz Tab. 48
Další zařízení	322 550	5 % z pořizovacích nákladů	230 419	5 % z pořizovacích nákladů
Celkem	6 696 030		4 838 800	



Graf 6 Srovnání pořizovacích cen chladicích zařízení pro varianty R717 a R404A

B.9.1.2 Provozní náklady

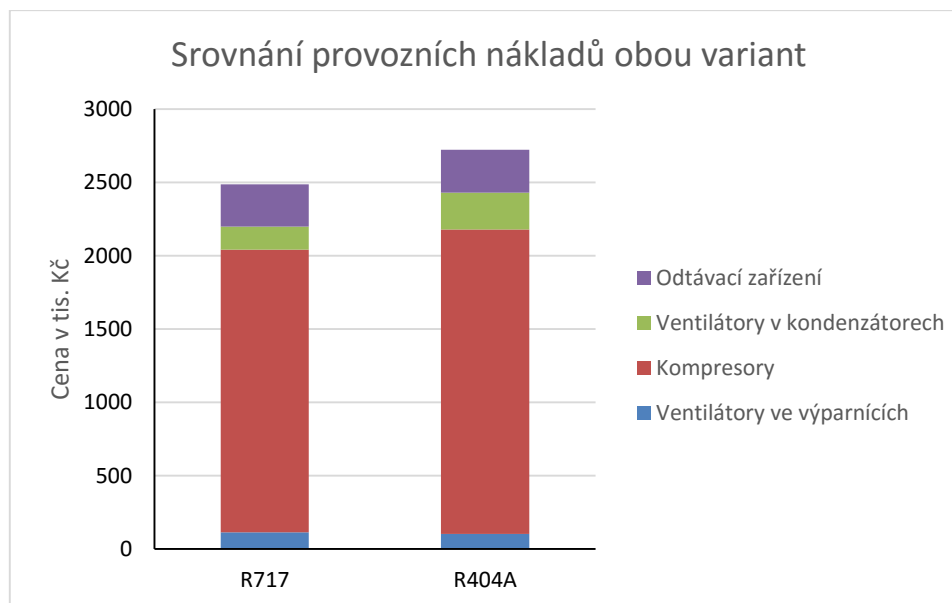
Provozní náklady byly srovnávány na základě příkonů jednotlivých zařízení chladicího okruhu. Do provozních nákladů tak byly zahrnuty příkon ventilátorů (výparníků a kondenzátorů), kompresorů a odtávacího zařízení. Pro výpočet spotřeby elektrické energie byl uvažován provoz ventilátorů a kompresorů 16 hodin za den. Provoz odtávacího zařízení byl uvažován 4 hodiny během jednoho dne. Ve výpočtu je uvažováno s cenou elektrické energie 3,50 Kč/kWh.

Tab. 50 Celkové provozní náklady

	R717			R404A		
	Příkon [kW]	Spotřeba za rok [MWh/rok]	Náklady za rok [tis. Kč]	Příkon [kW]	Spotřeba za rok [MWh/rok]	Náklady za rok [tis. Kč]
Ventilátory ve výparnících	5,53	32,3	113,0	5	29,2	102,2
Kompresory	94,33	550,9	1928,0	101,58	593,2	2076,3
Ventilátory v kondenzátorech	7,69	44,9	157,2	12,3	71,8	251,4
Odtávací zařízení	56,38	82,3	288,1	57,43	83,8	293,5
Celkem		710,4	2486,3		778,1	2723,4

Vyhodnocení

Jak je vidět z Tab. 50 spotřeba elektrické energie na provoz chladicího zařízení v navrženém objektu vychází lépe pro chladivo R717. Hlavní rozdíl tvoří nižší příkon navržených kompresorů pro chladivo R717. Rozdíl v nákladech na provoz je patrný také u ventilátorů v kondenzátorech. Tento rozdíl je však způsobený zejména volbou typu kondenzátoru. U varianty s chladivem R717 byly použity převážně kondenzátory s více ventilátory s menším příkonem, zatímco v případě varianty s chladivem R404A bylo přistoupeno k návrhu kondenzátorů s menším množstvím kondenzátorů s větším příkonem. Výsledky jsou shrnuty v Graf 7.



Graf 7 Srovnání nákladů na provoz chladicích zařízení pro varianty R717 a R404A

B.9.1.3 Celkové ekonomické zhodnocení

Rozdíl v nákladech na pořízení chladicího zařízení je 1 857 200 Kč. Rozdíl v ročních nákladech na provoz je 237 050 Kč. Po 8 letech provozu proto začíná vycházet z ekonomického hlediska lépe varianta s chladivem R717.

B.9.2 Dopad na životní prostředí

Z hlediska dopadu na životní prostředí se chladiva srovnávají na základě dvou ukazatelů ODP a GWP. ODP (Ozone Depleting Potential) vyjadřuje potenciál poškozování ozonové vrstvy, GWP (Global Warming Potential) pak vyjadřuje potenciál globálního oteplování. Vzhledem k tomu, že chladivo R717 je přírodním chladivem, nemá na životní prostředí žádný dopad. Hodnoty ODP a GWP pro obě chladiva udává Tab. 51.

Tab. 51 Hodnoty ODP a GWP srovnávaných chladiv [7]

	ODP	GWP
chladivo R717 (NH ₃)	0	0
chladivo R404A	0	3780

Při srovnání obou chladiv z hlediska dopadu na životní prostředí tak jednoznačně vychází lépe varianta s chladivem R717, jelikož čpavek (NH₃) je přírodní látkou.

B.9.3 Bezpečnost provozu

Při srovnání obou variant z hlediska bezpečnosti lze označit variantu s chladivem R717 za výrazně více nebezpečnou, zejména s ohledem na vlastnosti čpavku. Přestože, hmotnost chladiva obsaženého v chladicích okruzích je v porovnání s variantou s chladivem R404A výrazně nižší, je chladivo R717 díky své toxicitě a výbušnosti velmi nebezpečné. Při případném úniku do okolí může způsobit vážná dočasná nebo i trvalá zranění osobám, které by se při zvýšené koncentraci

čpavku v místnostech pohybovaly. Oproti chladiivu R404A je čpavek hořlavou látkou. Při případné havárii a překročení teploty tak může být rovněž nebezpečný. Při smíchání se vzduchem je za určitých koncentrací výbušný.

B.9.4 Další hlediska hodnocení

Z hlediska parametrů vnitřního prostředí jsou obě varianty srovnatelné. Z hlediska funkce a udržení požadovaných parametrů ve vnitřním prostředí nemá použití chladiiva zásadní vliv. Z hlediska prostorových nároků jsou obě hodnocené varianty rovněž srovnatelné.

B.9.5 Celkové zhodnocení

Přestože z ekonomického hlediska i hlediska ochrany životního prostředí vychází lépe varianta s chladiivem R717, lze konstatovat, že vzhledem k bezpečnostním rizikům spojeným s čpavkovým chlazením, se jeví jako výhodnější použití chladiiva R404A.

B.10 Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT)

B.10.1 Zdravotně-technické instalace

V rámci zdravotně technických instalací musí být zajištěny rozvody vody, kanalizace a plynu v zadaném objektu. Rozvody plynu musí umožnit napojení plynových kotlů. Rozvody vody musí zajistit zejména přívod vody ke všem zařizovacím předmětům sociálních zařízení v celém objektu včetně rozvodů teplé vody k umyvadlům a sprchám. Dále musí být zajištěn přívod vody na vytípaná místa v provozní části objektu, který umožní snadné čištění skladovacích a výrobních prostor. Návrh kanalizace v objektu pak musí umožnit odvedení odpadních vod ze zařizovacích předmětů a podlahových vpustí, kterými musí být opatřeny výrobní a skladovací prostory. V každé chlazené místnosti musí být navíc provedeno odpadní potrubí se zápachovou uzávěrkou pro napojení odvodu kondenzátu z výparníků. V místnostech mrazíren musí být odpadní potrubí vybaveno vyhříváním.

B.10.2 Vytápění

Zdrojem tepla v objektu budou plynové kotle umístěné v místnosti č. 57. V zimním období budou zajišťovat vytápění administrativní části budovy a nechlazené prostory provozní části otopnými tělesy. Vybrané místnosti, které není efektivní vytápět teplovodně, budou vytápěny elektricky. Celoročně budou plynové kotle sloužit k ohřevu teplé vody pro sociální zázemí zaměstnanců, kuchyň v administrativní části a technologické účely.

B.10.3 Vzduchotechnika

Vzduchotechnika v objektu bude zajišťovat nucenou výměnu vzduchu ve výrobní i administrativní části objektu. Musí zajistit požadovanou výměnu vzduchu danou nařízením vlády 361/2007. V administrativní části objektu vzduchotechnika zajistí rovněž odvedení tepelné zátěže. V provozní části objektu bude vzduch přiváděn do místností s trvalým pobytem osob o teplotě interiéru. Chlazení pro vzduchotechniku bude řešeno přímým chlazením s kondenzátorovou jednotkou umístěnou na střeše objektu. Návrh chlazení pro vzduchotechniku není součástí této práce.

Strojovna vzduchotechniky bude umístěna v 2.NP v místnostech 102 a 103. Vzduchotechnika rovněž musí zajistit větrání strojovny chlazení dle požadavků ČSN EN 378-3+A1.

B.10.3.1 Větrání strojovny

Větrání při normálních podmínkách

Za normálních provozních podmínek musí vzduchotechnika zajistit minimálně 4násobnou výměnu vzduchu a odvedení tepelné zátěže od kompresorů. [8]

Nouzové větrání

Při nouzovém větrání musí vzduchotechnika zajistit průtok vzduchu dle vztahu z normy ČSN EN 378-3+A1 [8]:

$$V = 14 \cdot 10^{-3} \cdot m^{\frac{2}{3}} \quad (36)$$

kde:

V ... průtok vzduchu [m^3/s]

m ... hmotnost chladiva v chladicím zařízení s největší náplní [kg]

Dosažením do vztahu (36), byly stanoveny hodnoty pro obě srovnávaná chladiva. Jejich výsledky uvádí Tab. 52.

Tab. 52 Hodnoty průtoku nouzového větrání strojovny chlazení

Chladivo	hmotnost chladiva v zařízení s největší náplní [kg]	průtok nouzového větracího vzduchu [m^3/s]
R717	17,88	0,0957
R404A	185,48	0,455

Veškeré rozvody v objektu musí být během návrhu navzájem koordinovány, aby se předešlo problémům při instalaci.

B.11 Technické zprávy

B.11.1 Technická zpráva pro variantu s chladičem R717

B.11.1.1 Úvod

Předmětem projektové dokumentace je návrh chlazení pro objekt novostavby potravinářského závodu na zpracování masa, který se bude realizovat ve městě Kuřim. V prvním podlaží se nacházejí výrobní provozy. Ve druhém podlaží jsou situovány stroje chlazení a vzduchotechniky. Navržený systém pokrývá celoroční tepelnou zátěž, těch místností, kde je požadavek na chlazení.

B.11.1.2 Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování projektové dokumentace byly výkresy půdorysů, svislých řezů, příslušné vyhlášky, České technické normy a projekční podklady jednotlivých výrobců:

- Vyhláška č. 193/2007, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu
- Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb
- ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- ČSN 01 3452 Technické výkresy – instalace – Vytápění a chlazení
- ČSN EN 378-1,2,3,4 - Chladicí zařízení a tepelná čerpadla, bezpečností a environmentální požadavky
- Vyhláška 257/2012 Sb. o předcházení emisím látek, které poškozují ozónovou vrstvu, a fluorovaných skleníkových plynů
- Zákon č. 201/2012 Sb. O ochraně ovzduší.
- Nařízení evropského parlamentu a rady č. 517/2014. O fluorovaných skleníkových plynech a o zrušení nařízení (ES) č. 842/2006.
- Podklady výrobců:
 - Frigomont
 - Hormann
 - GEA
 - Bitzer
 - Frigopol
 - Dorin

B.11.1.3 Výpočtové hodnoty

Vnější prostředí

Brno	Teplota [°C]	Entalpie [kJ/kg]
LÉTO	29	56,2

Vnitřní prostředí

CHLAZENÉ PROSTORY			
Místnosti		Návrhová teplota	Výpočtová relativní vlhkost
Č.m.	Popis	[°C]	[%]
2	Příjem masa	5	85
5	Chladírna	1	85
6	Chladírna	1	85
8	Manipulační chodba	10	85
9	Kosti – chlazený sklad	5	85
10	Čisté přepravky	10	85
14	Chladírna střev	7	85
16	Předmrazírna	1	85
17	Mrazírna masa	-20	85
19	Výrobní chladírna	1	85
20	Chladírna – masírky + nastř. masa	1	85
21	Bourárna	10	85
22	Expediční chladírna masa	1	85
23	Expediční chladírna baleného masa	1	85
24	Míchárna, kutr	10	85
25	Chladírna zamíchané suroviny	10	85
26	Koření	10	85
27	Obaly	10	85
28	Narážkárna	10	85
29	Výroba specialit	10	85
34	Chladírna nar. šunky	1	85
35	Zchlazování	3	85
44	Balení nářezů	7	85
45	Balení, etiketování	7	85
46	Expediční chladírna výroby	3	85
47	Vychystávání	3	85
50	Nakládka	5	85
52	Mrazírna	-25	85
53	Chodba	15	60
54	Kartonování	7	85

NECHLAZENÉ PROSTORY			
Místnosti a prostory		Výpočtová teplota	Výpočtová relativní vlhkost
Č.m.	Popis	[°C]	[%]
ZEM	Teplota zeminy	5	-
PŮD	Podstřešní prostor	29	-
3	Řidiči	24	50
4	Kancelář	24	50
7	Špinavé obaly	24	50
11	Mytí přepravek	24	50
12	Špinavé obaly	24	50
13	Čisticí prostředky	24	50
15	Praní střev	24	50
18	Čisté vozíky + Mytí	24	50
30	Manipulační chodba	24	50
31	Udírnny, varné komory	24	50
33	Vařená výroba	24	50
40	Sklad MTZ	24	50
48	Kancelář expedice	24	50
49	Hygienická bariéra	24	50
51	Řidiči	24	50
55	Hygienická bariéra	24	50
56	Pitný režim	24	50
110	Šatna bílá – ženy	24	50
113	Předsíň + WC	24	50
116	Schodiště bílý personál	24	50

B.11.1.4 Koncepce chlazení

V budově je navrženo přímé chlazení se suchými výparníky, sdruženými kompresorovými jednotkami a vzduchem chlazenými kondenzátory. S chlazením je počítáno pouze v místnostech 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 34, 35, 44, 45, 46, 47, 50, 52, 53 a 54. Strojovna chlazení bude umístěna v místnosti 110 v 2.NP. Systém chlazení potravinářských prostor je rozdělen do čtyř samostatných chladicích okruhů podle výparných teplot. V každém okruhu je navržena jedna sdružená kompresorová jednotka. Kondenzátory budou umístěny v exteriéru na střeše nad strojovnou chlazení.

B.11.1.5 Tepelná zátěž a chladicí výkon v chlazených místnostech

Místnost	Celková spotřeba chladu	Chladicí výkon
	Q [Wh]	Q _o [W]
2 Příjem masa	79605,2	4975,3
5 Chladírna	77369,1	4835,6
6 Chladírna	64510,0	4031,9
8 Manipulační chodba	-10800,6	0
9 Kosti - chlazený sklad	42739,0	2671,2
10 Čisté přepravy	55899,9	3493,7
14 Chladírna střev	17538,1	1096,1
16 Předmrazírna	18289,4	1143,1
17 Mrazírna masa	87048,0	5440,5
19 Výrobní chladírna	132859,3	8303,7
20 Masírky + nastř. masa	191799,2	11987,5
21 Bourárna	71208,8	4450,5
22 Expediční chladírna masa	126020,1	7876,3
23 Expediční chladírna baleného masa	116300,9	7268,8
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	136549,8	8534,4
25 Chladírna zamíchané sur.	208075,2	13004,7
34 Chladírna nar. šunky	176158,5	11009,9
35 Zchlazování	1068776,2	66798,5
44 Balení nářezů	114072,6	7129,5
45 Balení, etiketování	83015,5	5188,5
46 Expediční chladírna mas. výroby	441656,7	27603,5
47 Vychystávání	203325,3	12707,8
50 Nakládka	67508,4	4219,3
52 Mrazírna	72585,2	4536,6
53 Chodba	-1760,7	0
54 Kartonování	31443,4	1965,2
CELKEM	3671792,7	230272,1

B.11.1.6 Parametry chladiva

Použité chladivo R717

Chladicí okruh	Hmotnost chladiva v okruhu [kg]
1	1,65
2	17,88
3	4,69
4	3,40

B.11.1.7 Výparníky

V objektu je navrženo celkem 24 suchých výparníků. Jedná se o výparníky GEA buď v provedení DRS (dvoustranný výfuk lamelovou plochou) nebo VRB (jednostranný výfuk lamelovou plochou).

Návrh jednotek byl proveden na základě potřebného chladicího výkonu a navržené výparné teploty, která u chladicího okruhu č. 1 činí -32°C , u chladicího okruhu č. 2 činí -7°C , u okruhu č. 3 činí -3°C a u okruhu č. 4 činí 2°C . Do výrobních prostor s předpokládaným dlouhodobějším pobytem osob jsou navrženy výparníky s ventilátory s nízkými otáčkami.

	Řada	Typ	Výkon	Výparná teplota	Rozteč lamel
			[kW]	[$^{\circ}\text{C}$]	[mm]
02 Příjem masa	DRS	31407 Low Speed	5,4	-3	7
05 Chladírna	VRB	31407	6	-7	7
06 Chladírna	VRB	31407	6	-7	7
09 Kosti - chlazený sklad	VRB	31407	6,5	-3	7
10 Čisté přepravky	VRB	31407 Low Speed	5,9	2	7
14 Chladírna střevo	VRB	31407	8,7	-3	7
16 Předmrazírna	VRB	31407	6	-7	7
17 Mrazírna masa	VRB	31407	7,3	-32	7
19 Výrobní chladírna	DRS	31404 Low Speed	8,8	-7	4
20 Masírky + nastř. masa	DRS	61404 Low Speed	13,1	-7	4
21 Bourárna	DRS	31407 Low Speed	6	2	7
22 Expediční chladírna masa	VRB	41407	7,9	-7	7
23 Expediční chladírna baleného masa	VRB	41407	7,9	-7	7
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	DRS	31404 Low Speed	10,6	2	4
25 Chladírna zamíchané sur.	VRB	61407	13,5	2	7
34 Chladírna nar. šunky	VRB	41404	12,7	-7	4
35 Zchlazování	VRB	62454	67,7	-7	4
44 Balení nářezů	DRS	31407 Low Speed	7,2	-3	7
45 Balení, etiketování	DRS	31407 Low Speed	7,2	-3	7
46 Expediční chladírna mas. výroby	DRS	42404 Low Speed	28,5	-7	4
47 Vychystávání	DRS	32407 Low Speed	13,3	-7	7
50 Nakládka	DRS	31407 Low Speed	5,4	-3	7
52 Mrazírna	VRB	41407	4,9	-32	7
54 Kartonování	VRB	31407	8,7	-3	7

Výparníky budou umístěny pod stropem s montáží přímo na stropní panel chladírny (řada DRS) nebo na konzolách umístěných na stěně místnosti (řada VRB).

Součástí výparníku je také kondenzátní vana s odvodem kondenzátu. Odvod kondenzátu bude napojen přes zápachovou uzávěrku na odpadní potrubí.

B.11.1.8 Parametry chladicích okruhů

Okruh č.	Výparná teplota [$^{\circ}\text{C}$]	Kondenzační teplota [$^{\circ}\text{C}$]	Přehřátí [K]	Podchlazení [K]
1	-32	45	10	2
2	-7	45	10	2
3	-3	45	10	2
4	2	45	10	2

B.11.1.9 Kompressorové jednotky

Pro zajištění chladicího výkonu v objektu jsou navrženy sdružené kompressorové jednotky. Jednotky budou umístěny ve strojovně chlazení v místnosti 110 v 2.NP. Jednotky pro okruhy č. 3 a č. 4 budou tvořeny jednostupňovými pístovými kompresory značky Frigopol, u okruhu č. 2 pístové oddělené kompresory značky Dorin a jednotka pro okruh č. 1 bude tvořena jedním šroubovým kompresorem Bitzer. Součástí každé kompressorové jednotky bude zásobník chladiva, komplexně řešené olejové hospodářství, sací filtr, uzavírací ventil sání a horkého plynu, presostat pro každý kompresor, manometry, filtrdehydrátor, pojistný ventil a elektrorozvaděč. Tyto komponenty budou dodány výrobcem kompressorové jednotky, který zodpovídá za jejich návrh a osazení. Kompressorové jednotky budou umístěny na samostatném základě s protivibračními podložkami. Do strojovny chlazení budou kompressorové jednotky dopraveny jeřábem a následně paletovým vozíkem dveřmi v obvodovém plášti.

Číslo okruhu	Počet a typ kompresorů	Celkový chladicí výkon	Celkový příkon	Hmotnost	Rozměry
		[kW]	[kW]	[kg]	[mm]
1	1xOSNA5351-K (Bitzer)	19,61	15,26	200	1000x600x1400
2	3x63VS-4B (Dorin)	179,55	58,32	700	2600x1200x1400
3	5x10-DLYC-3 (Frigopol)	29,485	10,875	400	1300x1100x1500
4	6x7-ELEC-1.5 (Frigopol)	32,646	9,87	350	1300x1100x1500

B.11.1.10 Kondenzátory

Pro každý chladicí okruh je navržený jeden kondenzátor: GEA GOEDHART – INAL-S se svislým prouděním vzduchu různých modelů. Kondenzátory budou umístěny na střeše objektu na betonových základech. Doprava na místo bude řešena pomocí jeřábové techniky.

Okruh	Model	Výkon	Příkon 1 ventilátoru	Počet ventilátorů	Hmotnost	Rozměry
		kW	kW	-	kg	mm
1	NF-MB101T2H-080N08D	25,2	0,69	1	236	1800x1130x1334
2	NF-PA105T4H-091E700	267,8	0,98	5	1404	6300x2260x1334
3	NF-MC102T2H-080N08S	45,3	0,51	2	458	3900x1130x1334
4	NF-MB102T2H-091P630	47,9	0,54	2	418	3300x1130x1334

B.11.1.11 Zabezpečovací zařízení

Pojistný ventil

Kompressorové jednotky musí být vybaveny pojistnými ventily dle návrhu výrobce jednotky, které nedovolí překročení maximálního dovoleného tlaku v chladicím okruhu v případě havárie. Odfuk pojistného ventilu musí být vyveden mimo strojovnu chlazení do venkovního prostředí.

Větrání strojovny chlazení

Ve strojovně chlazení bude umístěn detektor úniku chladiva. Pro zajištění bezpečnosti v případě úniku chladiva je nutné zajistit výměnu vzduchu přívodem větracího vzduchu o průtoku 345 m³/h. Větrání zajistí profese vzduchotechniky nuceným větráním. Návrh větrání není součástí této práce.

B.11.1.12 Potrubní rozvody

Potrubí v objektu bude realizováno z nerezových bežešvých trubek a tvarovek. Potrubí bude spojováno nerozebíratelnými spoji, pájením na tvrdo.

Horizontální rozvody budou vedeny v chlazených prostorech. Budou zavěšeny pod stropem pomocí objímek s pryžovou vložkou a závěsných tyčí, které budou upevněny k montážním nosníkům. Horizontální rozvody sacího potrubí budou vedeny ve spádu 2% dle výkresové dokumentace. Spád kondenzátního potrubí bude ve spádu 5% ve směru dle výkresové dokumentace. Odbočky kapalinového potrubí budou prováděny zdola a zásadně se nebudou používat kolena 45°. U sacího potrubí musí být vytvořeny sifony dle výkresové dokumentace. Vstup do kondenzátoru bude proveden shora dle výkresové dokumentace. Tlumení vibrací musí být provedeno ve směru těchto vibrací. Tlumiče vibrací nesmějí být krouceny a ohýbány.

Prostupy stavebními konstrukcemi budou opatřeny plastovými nebo nerezovými chráničkami vyplněnými trvale plastickým tmelem.

Dimenze jednotlivých potrubí jsou patrné z výkresové a výpočtové části projektu.

Tepelné izolace

Sací potrubí bude tepelně izolováno po celé své délce. Kapalinové potrubí procházející chlazenými prostory bude rovněž tepelně izolováno. Výtlačné potrubí (od zdroje chladu ke kondenzátoru) ani kondenzátní potrubí (od kondenzátoru k zásobníku chladu) izolováno nebude. Neizolované potrubí v exteriéru je nutno opatřit nátěrem. Navržena je kaučuková tepelné izolace AF Armaflex s hodnotou tepelné vodivosti $\lambda_{iz} = 0,033 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

Potrubí	Tloušťka izolace	Součinitel prostupu tepla - vypočtený	Součinitel prostupu tepla – dle vyhl. 193/2007	Posouzení
4x1	7mm	0,111	0,15	VYHOVUJE
5x1	7mm	0,123	0,15	VYHOVUJE
6x1	7mm	0,135	0,15	VYHOVUJE
7x1	7mm	0,147	0,15	VYHOVUJE
8x1	10mm	0,139	0,15	VYHOVUJE
9x1	10mm	0,148	0,15	VYHOVUJE
10x1	12,5mm	0,144	0,15	VYHOVUJE
12x1	16mm	0,143	0,15	VYHOVUJE
14x1	32mm	0,115	0,15	VYHOVUJE
16x1	32mm	0,123	0,15	VYHOVUJE
18x1	32mm	0,13	0,15	VYHOVUJE
20x1	32mm	0,137	0,15	VYHOVUJE
22x1	25mm	0,154	0,18	VYHOVUJE
28x1,5	35mm	0,157	0,18	VYHOVUJE
30x1,5	35mm	0,163	0,18	VYHOVUJE
34x1,5	35mm	0,175	0,18	VYHOVUJE
45x2	27mm	0,242	0,27	VYHOVUJE
50x2	27,5mm	0,258	0,27	VYHOVUJE
52x2	28,5mm	0,265	0,27	VYHOVUJE
70x2	40mm	0,257	0,27	VYHOVUJE

Všechny navržené tepelné izolace vyhovují vyhlášce č.193/2007.

B.11.1.13 Zkoušky

Instalující firma musí před uvedením do provozu podrobit celé chladicí zařízení pevnostní zkoušce, tlakové zkoušce, funkční zkoušce spínacích zařízení k omezování tlaku a zkoušce celé instalace. Všechny zkoušky budou provedeny dle požadavků ČSN EN 378-2+A2.

Tlaková zkouška

Tlaková zkouška bude na jednotlivých komponentech provedena při minimálním tlaku 1,43 x nejvyšší dovolený tlak. Pro tuto zkoušku mohou být odstraněna zařízení pro uvolnění tlaku a regulační zařízení.

Zkouška těsnosti

Zkouška těsnosti bude provedena pomocí inertního plynu po smontování jednotlivých zařízení v místě instalace. Zkouška těsnosti bude probíhat při tlaku 1,1 x nejvyšší dovolený tlak. Každá zjištěná netěsnost musí být opravena a přezkoušena.

B.11.1.14 Bezpečnost práce

Při provádění instalace chlazení musí být dodrženy platné bezpečnostní předpisy a předpisy o ochraně zdraví při práci. Dále je potřeba dodržet platné předpisy protipožární ochrany a to zejména při svářečských pracích.

B.11.1.15 Všeobecné požadavky

Realizaci chladicího systému musí provádět odborná firma. Zapojení všech prvků chladicí soustavy bude provedeno dle pokynů výrobce a firmou pověřenou výrobcem jednotlivých zařízení tak, aby nedošlo k porušení záručních podmínek.

B.11.1.16 Požadavky na související profese

Elektroinstalace

- Napájení ventilátorů ve výparníkú
- Napájení kompresorových jednotek
- Napájení ventilátorů v kondenzátoru
- Napájení systému MaR

Stavební

- Zřízení základu s protivibračními podložkami pro uložení kompresorové jednotky
- Zřízení základu pro uložení kondenzátorů na střeše objektu
- Prostupy stavebními konstrukcemi

Zdravotně technické instalace

- Podlahová vpust' ve strojovně chlazení
- Odpadní potrubí pro odvod kondenzátu (v mrazírnách s vyhříváním)

Vzduchotechnika

- Větrání objektu – přívod a odvod větracího vzduchu
- Větrání strojovny chlazení

MaR

- Osazení, zapojení a zprovoznění systému MaR

B.11.2 Technická zpráva pro variantu s chladičem R404A

B.11.2.1 Úvod

Předmětem projektové dokumentace je návrh chlazení pro objekt novostavby potravinářského závodu na zpracování masa, který se bude realizovat ve městě Kuřim. V prvním podlaží se nacházejí výrobní provozy. Ve druhém podlaží jsou situovány strojovny chlazení a vzduchotechniky. Navržený systém pokrývá celoroční tepelnou zátěž, těch místností, kde je požadavek na chlazení.

B.11.2.2 Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování projektové dokumentace byly výkresy půdorysů, svislých řezů, příslušné vyhlášky, České technické normy a projekční podklady jednotlivých výrobců:

- Vyhláška č. 193/2007, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu
- Vyhláška č. 6/2003, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb
- ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- ČSN 01 3452 Technické výkresy – instalace – Vytápění a chlazení
- ČSN EN 378 - Chladicí zařízení a tepelná čerpadla, bezpečností a environmentální požadavky
- Vyhláška 257/2012 Sb. o předcházení emisím látek, které poškozují ozónovou vrstvu, a fluorovaných skleníkových plynů
- Zákon č. 201/2012 Sb. O ochraně ovzduší.
- Nařízení evropského parlamentu a rady č. 517/2014. O fluorovaných skleníkových plynech a o zrušení nařízení (ES) č. 842/2006.
- Podklady výrobců:
 - Frigomont
 - Hormann
 - GEA
 - Sinop
 - Bitzer

B.11.2.3 Výpočtové hodnoty

Vnější prostředí

Brno	Teplota [°C]	Entalpie [kJ/kg]
LÉTO	29	56,2

Vnitřní prostředí

CHLAZENÉ PROSTORY			
Místnosti		Návrhová teplota	Výpočtová relativní vlhkost
Č. m.	Popis	[°C]	[%]
2	Příjem masa	5	85
5	Chladírna	1	85
6	Chladírna	1	85
8	Manipulační chodba	10	85
9	Kosti – chlazený sklad	5	85
10	Čisté přepravky	10	85
14	Chladírna střev	7	85
16	Předmrazírna	1	85
17	Mrazírna masa	-20	85
19	Výrobní chladírna	1	85
20	Chladírna – masírky + nastř. masa	1	85
21	Bourárna	10	85
22	Expediční chladírna masa	1	85
23	Expediční chladírna baleného masa	1	85
24	Míchárna, kutr	10	85
25	Chladírna zamíchané suroviny	10	85
26	Koření	10	85
27	Obaly	10	85
28	Narážkárna	10	85
29	Výroba specialit	10	85
34	Chladírna nar. šunky	1	85
35	Zchlazování	3	85
44	Balení nářezů	7	85
45	Balení, etiketování	7	85
46	Expediční chladírna výroby	3	85
47	Vychystávání	3	85
50	Nakládka	5	85
52	Mrazírna	-25	85
53	Chodba	15	60
54	Kartonování	7	85

NECHLAZENÉ PROSTORY			
Místnosti a prostory		Výpočtová teplota	Výpočtová relativní vlhkost
Č. m.	Popis	[°C]	[%]
ZEM	Teplota zeminy	5	-
PŮD	Podstřešní prostor	29	-
3	Řidiči	24	50
4	Kancelář	24	50
7	Špinavé obaly	24	50
11	Mytí přepravek	24	50
12	Špinavé obaly	24	50
13	Čisticí prostředky	24	50
15	Praní střev	24	50
18	Čisté vozíky + Mytí	24	50
30	Manipulační chodba	24	50
31	Udírný, varné komory	24	50
33	Vařená výroba	24	50
40	Sklad MTZ	24	50
48	Kancelář expedice	24	50
49	Hygienická bariéra	24	50
51	Řidiči	24	50
55	Hygienická bariéra	24	50
56	Pitný režim	24	50
110	Šatna bílá – ženy	24	50
113	Předsíň + WC	24	50
116	Schodiště bílý personál	24	50

B.11.2.4 Koncepce chlazení

V budově je navrženo přímé chlazení se suchými výparníky, sdruženými kompresorovými jednotkami a vzduchem chlazenými kondenzátory. S chlazením je počítáno pouze v místnostech 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 34, 35, 44, 45, 46, 47, 50, 52, 53 a 54. Strojovna chlazení bude umístěna v místnosti 110 v 2.NP. Systém chlazení potravinářských prostor je rozdělen do čtyř samostatných chladicích okruhů podle výparných teplot. V každém okruhu je navržena jedna sdružená kompresorová jednotka. Kondenzátory budou umístěny v exteriéru na střeše nad strojovnou chlazení.

B.11.2.5 Tepelná zátěž a chladicí výkon v chlazených místnostech

Místnost	Celková spotřeba chladu	Chladicí výkon
	Q [Wh]	Q _o [W]
2 Příjem masa	79647,2	4977,9
5 Chladárna	77369,1	4835,6
6 Chladárna	57748,0	3609,3
8 Manipulační chodba	-10800,6	0
9 Kosti - chlazený sklad	39337,2	2458,6
10 Čisté přepravky	55196,0	3449,7
14 Chladárna střev	13974,1	873,4
16 Předmrazárna	10015,4	626,0
17 Mrazárna masa	87048,0	5440,5
19 Výrobní chladárna	132859,3	8303,75
20 Masírky + nastř. Masa	195847,2	12240,5
21 Bourárna	71208,8	4450,5
22 Expediční chladárna masa	125668,1	7854,3
23 expediční chladárna baleného masa	116300,9	7268,84
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	136549,8	8534,4
25 Chladárna zamíchané sur.	208075,2	13004,7
34 Chladárna nar. šunky	179350,5	11209,4
35 Zchlazování	1082300,2	67643,8
44 Balení nářezů	114072,6	7129,5
45 Balení, etiketování	83015,5	5188,5
46 Expediční chladárna mas. výroby	449972,7	28123,3
47 Vychystávání	192853,3	12053,3
50 Nakládka	67508,4	4219,3
52 Mrazárna	75777,2	4736,1
53 Chodba	-1760,7	0
54 Kartonování	27879,4	1742,5
CELKEM	3667012,7	229973,4

B.11.2.6 Parametry chladiva

Použité chladivo R404A

Chladicí okruh	Hmotnost chladiva okruhu [kg]
1	22,85
2	185,48
3	49,71
4	37,72

B.11.2.7 Výparníky

V objektu je navrženo celkem 24 suchých výparníků. Jedná se o výparníky GEA buď v provedení DVS-p (dvoustranný výfuk lamelovou plochou) nebo VCI-p resp. FC38S-p (jednostranný výfuk lamelovou plochou).

Návrh jednotek byl proveden na základě potřebného chladicího výkonu a navržené výparné teploty, která u chladicího okruhu č. 1 činí -32°C, u chladicího okruhu č. 2 činí -7°C, u okruhu č. 3 činí -3°C a u okruhu č. 4 činí 2°C. Do výrobních prostor s předpokládaným dlouhodobějším pobytem osob jsou navrženy výparníky s ventilátory s nízkými otáčkami.

	Řada	Typ	Výkon [kW]	Výparná teplota [°C]	Rozeč lamel [mm]
02 Příjem masa	DVS-p	41407 Low Speed	6,2	-3	7
05 Chladírna	VCI-p	31407	5,1	-7	7
06 Chladírna	FC38S-p	41304	4,1	-7	4
09 Kostí - chlazený sklad	FC38S-p	41254	2,7	-3	4
10 Čisté přepravky	FC38S-p	61307	4,7	2	7
14 Chladírna stěv	FC38S-p	41257	2,4	-3	7
16 Předmrazírna	FC38S-p	41257	1,6	-7	7
17 Mrazírna masa	VCI-p	31407	6	-32	7
19 Výrobní chladírna	DVS-p	41404 Low Speed	9,3	-7	4
20 Masírky + nastř. Masa	DVS-p	31454 Low Speed	12,3	-7	4
21 Bourárna	DVS-p	31407 Low Speed	5,2	2	7
22 Expediční chladírna masa	FC38S-p	42304	8,1	-7	4
23 expediční chladírna baleného masa	VCI-p	41406	7,6	-7	6
24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr	DVS-p	31404 Low Speed	9,1	2	4
25 Chladírna zamíchané sur.	VCI-p	41404	13,2	2	4
34 Chladírna nar. šunky	VCI-p	81407	12,3	-7	7
35 Zchlazování	VCI-p	61634	75,6	-7	4
44 Balení nářezů	DVS-p	41407 Low Speed	8,3	-3	7
45 Balení, etiketování	DVS-p	31407 Low Speed	6,4	-3	7
46 Expediční chladírna mas. výroby	DVS-p	31564 Low Speed	29,1	-7	4
47 Vychystávání	DVS-p	41404 Low Speed	12,6	-7	4
50 Nakládka	DVS-p	31407 Low Speed	4,7	-3	7
52 Mrazírna	VCI-p	61408	5,4	-32	8
54 Kartonování	FC38S-p	41257	2,4	-3	7

Výparníky budou umístěny pod stropem s montáží přímo na stropní panel chladírny (řada DVS-p) nebo na konzolách umístěných na stěně místnosti (řada VCI-p resp. FC38S-p).

Součástí výparníku je také kondenzátní vana s odvodem kondenzátu. Odvod kondenzátu bude napojen přes zápachovou uzávěrku na odpadní potrubí.

B.11.2.8 Parametry chladicích okruhů

Okruh č.	Výparná teplota [°C]	Kondenzační teplota [°C]	Přehřátí [K]	Podchlazení [K]
1	-32	45	10	2
2	-7	45	10	2
3	-3	45	10	2
4	2	45	10	2

B.11.2.9 Expanzní ventily

Na kapalinové potrubí před každý výparník jsou navrženy termostatické expanzní ventily od firmy Alco.

Č. m.	Navržený termostatický ventil	
	typ ventilu	typ trysky
2	TCLE 150 SW	X22440-B3B
5	TCLE 150 SW	X22440-B3B
6	TCLE 150 SW	X22440-B3B
9	TCLE 75 SW	X22440-B2B
10	TCLE 150 SW	X22440-B3B
14	TCLE 25 SW	X22440-B1B
16	TCLE 25 SW	X22440-B1B
17	TCLE 250 SW	X22440-B4B
19	TCLE 200 SW	X22440-B3,5B
20	TCLE 250 SW	X22440-B4B
21	TCLE 150 SW	X22440-B3B
22	TCLE 200 SW	X22440-B3,5B
23	TCLE 200 SW	X22440-B3,5B
24	TCLE 200 SW	X22440-B3,5B
25	TCLE 400 SW	X22440-B5B
34	TCLE 250 SW	X22440-B4B
35	TERE 20 SW	X9117-B7B
44	TCLE 200 SW	X22440-B3,5B
45	TCLE 150 SW	X22440-B3B
46	TCLE 850 SW	X22440-B7B
47	TCLE 250 SW	X22440-B4B
50	TCLE 150 SW	X22440-B3B
52	TCLE 250 SW	X22440-B4B
54	TCLE 75 SW	X22440-B2B

B.11.2.10 Kompresorové jednotky

Pro zajištění chladicího výkonu v objektu jsou navrženy sdružené kompresorové jednotky od firmy Sinop. Jednotky budou umístěny ve strojovně chlazení v místnosti 110 v 2.NP. Jednotky budou tvořeny jednostupňovými kompresory Bitzer. Součástí každé kompresorové jednotky bude zásobník chladiva, komplexně řešené olejové hospodářství, sací filtr, uzavírací ventil sání a horkého plynu, presostat pro každý kompresor, manometry, filtrdehydrátor, pojistný ventil a elektrorozvaděč. Tyto komponenty budou dodány výrobcem kompresorové jednotky, který zodpovídá za jejich návrh a osazení. Kompresorové jednotky budou umístěny na samostatném základě s protivibračními podložkami. Do strojovny chlazení budou kompresorové jednotky dopraveny jeřábem a následně paletovým vozíkem dveřmi v obvodovém plášti.

Číslo okruhu	Model sdružené jednotky	Celkový chladicí výkon	Celkový příkon	Hmotnost	Rozměry
		[kW]	[kW]	[kg]	[m]
1	BPCU - L2 - 4TES-9Y	11,46	10,02	468	1,4x1,2x1,3
2	BPCU - M4 – 4HE-25Y	164,4	68,16	1072	2,4x1,3x1,4
3	BPCU-M2-4EES-6Y	29,44	11,38	322	1,2x0,9x1,3
4	BPCU-M2-4EES-6Y	36,36	12,02	322	1,2x0,9x1,3

B.11.2.11 Kondenzátory

Pro každý chladicí okruh je navržený jeden kondenzátor: GEA GOEDHART – KOAL-S se svislým prouděním vzduchu různých modelů. Kondenzátory budou umístěny na střeše objektu na betonových základech. Doprava na místo bude řešena pomocí jeřábové techniky.

Řada	Model	Výkon	Příkon 1 ventilátoru	Počet ventilátorů	Hmotnost	Rozměry
		kW	kW	-	kg	mm
KOAL-S	RF-MB101T2H-080N08D	24	0,8	1	233	1823 x 1130 x 1333
KOAL-S	RF-PA105T3H-091H06S	256,4	1,75	5	1249	6323 x 2260 x 1333
KOAL-S	RF-PB101T3H-080N06S	45,1	1,05	1	384	1823 x 2260 x 1333
KOAL-S	RF-PA101T3H-091E86S	53,1	1,7	1	340	1523 x 2260 x 1333

B.11.2.12 Zabezpečovací zařízení

Pojistný ventil

Kompresorové jednotky musí být vybaveny pojistnými ventily dle návrhu výrobce jednotky, které nedovolí překročení maximálního dovoleného tlaku v chladicím okruhu v případě havárie. Odfuk pojistného ventilu musí být vyveden mimo strojovnu chlazení do venkovního prostředí.

Větrání strojovny chlazení

Ve strojovně chlazení bude umístěn detektor úniku chladiva. Pro zajištění bezpečnosti v případě úniku chladiva je nutné zajistit výměnu vzduchu přívodem větracího vzduchu o průtoku 1640 m³/h. Větrání zajistí profese vzduchotechniky nuceným větráním. Návrh větrání není součástí této práce.

B.11.2.13 Potrubní rozvody

Potrubí v objektu bude realizováno z měděných trubek a tvarovek. Potrubí bude spojováno nerozebíratelnými spoji, pájením na tvrdo.

Horizontální rozvody budou vedeny v chlazených prostorech. Budou zavěšeny pod stropem pomocí objímek s pryžovou vložkou a závěsných tyčí, které budou upevněny k montážním nosníkům. Horizontální rozvody sacího potrubí budou vedeny ve spádu 2 % dle výkresové dokumentace. Spád kondenzátního potrubí bude ve spádu 5 % ve směru dle výkresové dokumentace. Odbočky kapalinového potrubí budou prováděny zdola a zásadně se nebudou používat kolena 45°. U sacího potrubí musí být vytvořeny sifony dle výkresové dokumentace. Vstup do kondenzátoru bude proveden shora dle výkresové dokumentace. Tlumení vibrací musí být provedeno ve směru těchto vibrací. Tlumiče vibrací nesmějí být krouceny a ohýbány.

Prostupy stavebními konstrukcemi budou opatřeny plastovými nebo měděnými chráničkami vyplněnými trvale plastickým tmelem.

Dimenze jednotlivých potrubí jsou patrné z výkresové a výpočtové části projektu.

Tepelné izolace

Sací potrubí bude tepelně izolováno po celé své délce. Kapalínové potrubí procházející chlazenými prostory bude rovněž tepelně izolováno. Výtlačné potrubí (od zdroje chladu ke kondenzátoru) ani kondenzátní potrubí (od kondenzátoru k zásobníku chladu) izolováno nebude. Neizolované potrubí v exteriéru je nutno opatřit nátěrem. Navržena je kaučuková tepelné izolace AF Armaflex s hodnotou tepelné vodivosti $\lambda_{iz} = 0,033 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

Potrubí	Tloušťka izolace	Součinitel prostupu tepla - vypočtený	Součinitel prostupu tepla – dle vyhl. 193/2007	Posouzení
6x1	7mm	0,135	0,15	VYHOVUJE
8x1	10mm	0,139	0,15	VYHOVUJE
10x1	12,5mm	0,144	0,15	VYHOVUJE
12x1	16mm	0,143	0,15	VYHOVUJE
15x1	32	0,119	0,15	VYHOVUJE
16x1	32	0,123	0,15	VYHOVUJE
18x1	25	0,145	0,15	VYHOVUJE
22x1	25	0,162	0,18	VYHOVUJE
28x1,5	35	0,157	0,18	VYHOVUJE
35x1,5	35	0,179	0,18	VYHOVUJE
42x1,5	27	0,232	0,27	VYHOVUJE
54x2	28,5	0,266	0,27	VYHOVUJE
64x2	39,5	0,244	0,27	VYHOVUJE
89x2	41,5	0,297	0,34	VYHOVUJE

Všechny navržené tepelné izolace vyhovují vyhláše č.193/2007.

B.11.2.14 Zkoušky

Instalující firma musí před uvedením do provozu podrobit celé chladicí zařízení pevnostní zkoušce, tlakové zkoušce, funkční zkoušce spínacích zařízení k omezování tlaku a zkoušce celé instalace. Všechny zkoušky budou provedeny dle požadavků ČSN EN 378-2+A2.

Tlaková zkouška

Tlaková zkouška bude na jednotlivých komponentech provedena při minimálním tlaku 1,43 x nejvyšší dovolený tlak. Pro tuto zkoušku mohou být odstraněna zařízení pro uvolnění tlaku a regulační zařízení.

Zkouška těsnosti

Zkouška těsnosti bude provedena pomocí inertního plynu po smontování jednotlivých zařízení v místě instalace. Zkouška těsnosti bude probíhat při tlaku 1,1 x nejvyšší dovolený tlak. Každá zjištěná netěsnost musí být opravena a přezkoušena.

B.11.2.15 Bezpečnost práce

Při provádění instalace chlazení musí být dodrženy platné bezpečnostní předpisy a předpisy o ochraně zdraví při práci. Dále je potřeba dodržet platné předpisy protipožární ochrany a to zejména při svářečských pracích.

B.11.2.16 Všeobecné požadavky

Realizaci chladicího systému musí provádět odborná firma. Zapojení všech prvků chladicí soustavy bude provedeno dle pokynů výrobce a firmou pověřenou výrobcem jednotlivých zařízení tak, aby nedošlo k porušení záručních podmínek.

B.11.2.17 Požadavky na související profese

Elektroinstalace

- Napájení ventilátorů ve výparníkú
- Napájení kompresorových jednotek
- Napájení ventilátorů v kondenzátoru
- Napájení systému MaR

Stavební

- Zřízení základu s protivibračními podložkami pro uložení kompresorové jednotky
- Zřízení základu pro uložení kondenzátorů na střeše objektu
- Prostupy stavebními konstrukcemi

Zdravotně technické instalace

- Podlahová vpust' ve strojovně chlazení
- Odpadní potrubí pro odvod kondenzátu (v mrazírnách s vyhříváním)

Vzduchotechnika

- Větrání objektu – přívod a odvod větracího vzduchu
- Větrání strojovny chladu

MaR

- Osazení, zapojení a zprovoznění systému MaR

C. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ

C.1 Cíl měření

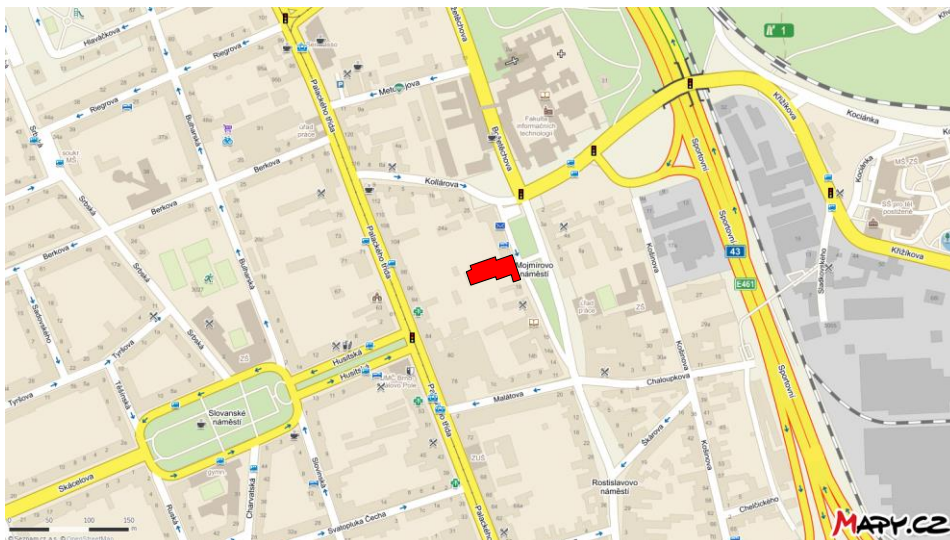
Cílem experimentální části této práce bylo na základě naměřených hodnot na skutečném chladicím zařízení zjistit, jak se projevila provedená výměna zdroje chladu na účinnosti chladicích zařízení. Současně bylo cílem ověřit teoretické poznatky chování chladicích cyklů a zařízení na měřených datech ze skutečného zařízení a v neposlední řadě se seznámit s moderními možnostmi řešení zdroje chladu zejména s ohledem na úsporu energie, díky využívání odpadního tepla.

C.2 Popis měření

Měření bylo prováděno ve dvou fázích. Obě měření probíhala na stejném chladicím zařízení. První měření, které proběhlo dne 29. 6. 2015, bylo provedeno na původním zdroji chladu, kterým byla sdružená kompresorová jednotka. Po výměně zdroje chladu bylo provedeno druhé měření, na novém zdroji chladu, které bylo provedeno dne 22. 10. 2015. Novým zdrojem chladu je plynové tepelné čerpadlo GHP 100.

C.2.1 Místo měření

Měření probíhalo na skutečném chladicím zařízení v objektu firmy Steinex a.s. v Brně na Mojžířově náměstí 20. Měření bylo prováděno ve strojově chlazení na zdrojích chladu.



Obr. 31 Poloha objektu – zdroj mapy.cz

C.2.2 Měření č. 1 – kompresorová jednotka

Prvním měřeným zdrojem chladu byla sdružená kompresorová jednotka složená ze čtyř polohermetických kompresorů umístěných na společném kovovém rámu. Podle štítku umístěném na chladivovém potrubí bylo zjištěno, že je v chladicím okruhu použito chladivo R404A.



Obr. 32 Měřené zařízení 1 – kompresorová jednotka

C.2.2.1 Měřicí technika

První měření na kompresorové jednotce bylo prováděno externím měřicím zařízením Testo 570, při druhém měření bylo využito měřicích čidel a softwaru jednotky tepelného čerpadla a naměřená data byla pouze stažena do počítače.

Testo 570

Digitální servisní přístroj Testo 570 umožňuje provádět měření na chladicích zařízeních a tepelných čerpadlech. Umožňuje provádět měření tlaku, teploty, proudu, vakua a také zkoušku těsnosti. V přístroji je uloženo 40 chladiv, což umožňuje automaticky dopočítávat z naměřených hodnot tlaků, výparné resp. kondenzační teploty. Zařízení disponuje pamětí, která umožňuje záznam měřených hodnot. Jejich vyhodnocení se provádí stažením hodnot přes USB kabel do počítače a zpracování pomocí softwaru Testo EasyKool. [40]

Tab. 53 Vybrané parametry přístroje Testo 570 [40]

Technická data	
Měření teploty	
Měřicí rozsah	-50 do 150°C
Přesnost	±0,5°C (±1 Digit)
Rozlišení	0,1°C
Připojení sondy	3x zapojení (NTC)
Měření tlaku	
Měřicí rozsah	50bar
Přesnost	±0,5% Fs (±1 Digit)
Rozlišení	0,01 bar
Připojení sondy	3x 7/16" – UNF + 1x 5/8" -UNF
Další údaje	
Třída ochrany	IP42

Měření tlaku se provádí pomocí propojovacích hadiček, kterými se tlakově propojí chladicí okruh s přístrojem. Pro měření teploty slouží klešťová sonda nebo pro větší potrubí trubková sonda s upínacím páskem.



Obr. 33 Měřicí zařízení TESTO 570

C.2.2.2 Měřené veličiny

Měřenými veličinami při měření na sdružené kompresorové jednotce byly výparný tlak a výtlačná teplota. Tlak byl měřen na potrubí před vstupem do kompresorové jednotky napojením na zkušební ventil. Z důvodu absence zkušební ventilu na výtlačné straně chladicího okruhu nebylo možné měřit tlak kondenzační. Bylo proto přistoupeno k měření teploty výtlačného potrubí pomocí trubkové sondy s upínacím páskem. Výparná teplota byla měřicím zařízením vypočtena automaticky na základě znalosti diagramu používaného chladiva R404A.

C.2.2.3 Vnější podmínky

Měření bylo prováděno za těchto podmínek venkovního prostředí: počasí beze srážek, průměrná teplota venkovního vzduchu během měření byla na hodnotě 23°C, rychlost větru nepřesáhla 4 m/s. Data byla zjištěna z databáze meteorologických dat stanice TUBO na stavební fakultě, která se nachází asi 2 km od objektu, kde bylo prováděno měření.

C.2.2.4 Postup měření

Měření probíhalo ve strojovně chlazení. Nejprve byla k měřicímu zařízení připojena hadička. Obdobným způsobem byl druhý konec hadičky našroubován na zkušební ventil na sací straně chladicího okruhu před vstupem do kompresorové jednotky. Následně byla upínacím páskem připravena teplotní sonda na výtlačné potrubí a připojena konektorem do měřicího zařízení. Poté bylo měřicí zařízení spuštěno a pomocí tlačítek na zařízení vybráno používané chladivo. Po zkontrolování měřených hodnot, které se zobrazovaly na displeji zařízení, byl spuštěn záznam dat, který byl prováděn po dobu asi 50 minut. Během záznamu bylo měřicí zařízení průběžně kontrolováno, abychom se ujistili, že záznam není přerušeno. Po ukončení záznamu dat, bylo zařízení vypnuto a sondy sejmuty.



Obr. 34 Průběh měření

C.2.3 Měření č. 2 – plynové tepelné čerpadlo

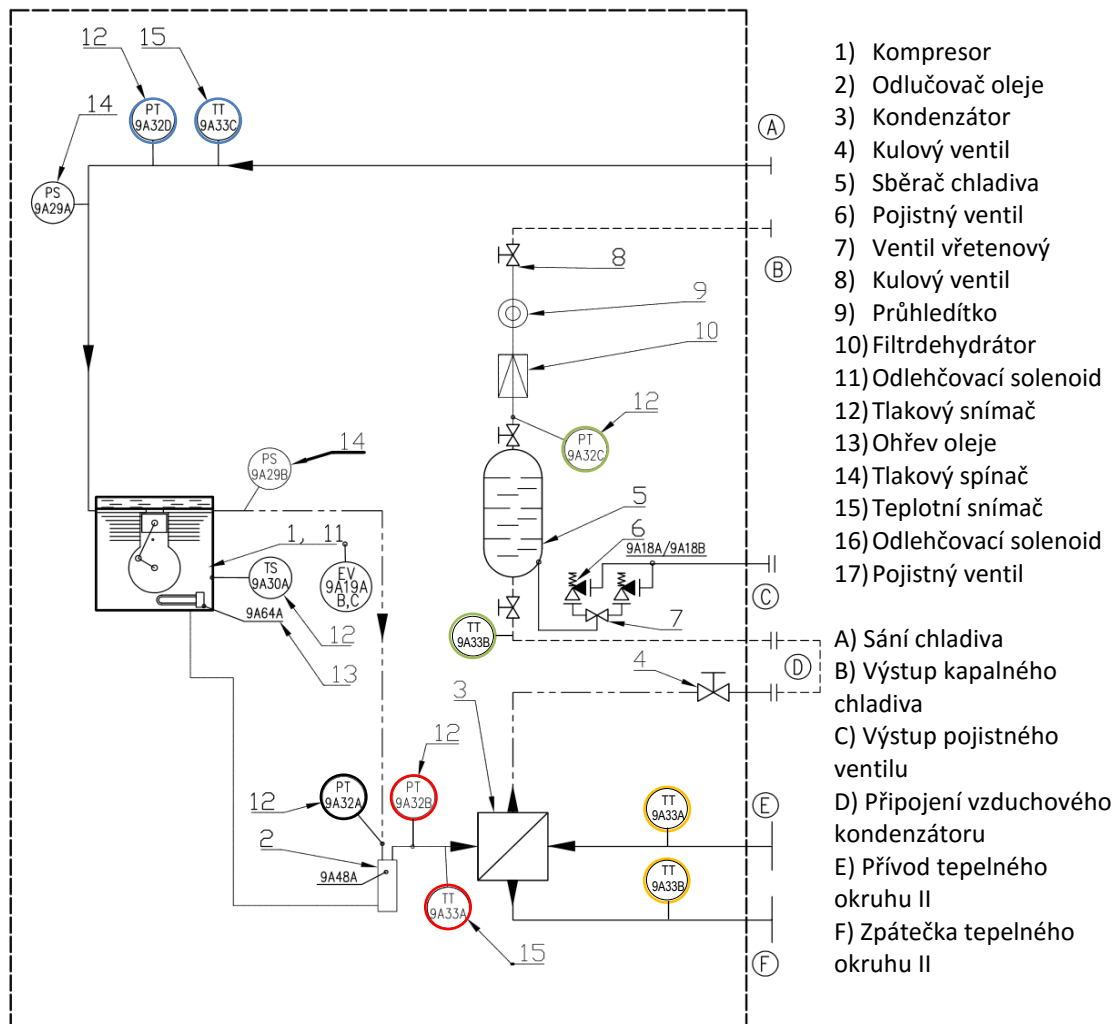
Druhé měření bylo provedeno na nově instalovaném plynovém tepelném čerpadle GHP Polo 100 od výrobce Tedom. Jeho princip fungování je popsán v kapitole A.2.4. Z hlediska chladicího okruhu se oproti sdružené kompresorové jednotce liší v použitém kompresoru, který není poháněn elektrickou energií, ale spalovacím motorem. Odlišnost je patrná na straně kondenzátorů, kde je kromě suchých kondenzátorů v exteriéru použito také výměníku, kterým se odevzdává teplo otopné soustavě. Pro toto konkrétní tepelné čerpadlo je v chladicím okruhu použito chladivo R407F.



Obr. 35 Měřené zařízení 2 - Plynové tepelné čerpadlo GHP Polo 100

C.2.3.1 Měřicí technika

K měření plynového tepelného čerpadla – resp. veličin na jeho chladicím okruhu byly použity teplotní a tlakové sondy, které jsou součástí chladicího okruhu plynového tepelného čerpadla. Data z těchto měřicích bodů byla zaznamenávána přímo řídicím systémem GHP. Připojením k počítači bylo možné takto uložené naměřené hodnoty stáhnout. Schéma chladicího okruhu plynového tepelného čerpadla, který byl předmětem měření, je zobrazen na Obr. 36.



Obr. 36 Schéma chladicího okruhu plynového tepelného čerpadla s měřicími snímači [23]

C.2.3.2 Měření veličiny

Jak je patrné z Obr. 36, celkem bylo použito 9 snímačů pro měření teplot a tlaků. Z nich 7 měřilo veličiny přímo na chladivovém okruhu. Další dvě teplotní sondy zaznamenávaly teploty na přívodu a zpátečce tepelného okruhu, který odvádí teplo z kondenzátoru.

Tlakové veličiny

Pro měření hodnot tlaku byly použity čtyři snímače jednotky umístěné jednak na sacím potrubí před vstupem do kompresoru, dále dva snímače na výtlačném potrubí. Poslední snímač je umístěn za sběračem chladiva, tedy mezi kondenzátorem a výstupem kapalného chladiva z jednotky. Seznam snímačů je uveden v Tab. 54 Seznam tlakových snímačů na chladivovém okruhu GHP jednotky.

Tab. 54 Seznam tlakových snímačů na chladivovém okruhu GHP jednotky [23]

PT9A32A	
Název měřené veličiny	Tlak výtlač kompresoru (P_vytlakPO)
Druh snímače	Analogový 0,5 V - 4,5 V
Typ, výrobce	SPKT0033R0, Carel
Rozsah měřených hodnot	0-34,5 bar
Umístění	Snímač je standardně namontován na výstupu výtlačku kompresoru.
PT9A32B	
Název měřené veličiny	Tlak výtlač kompresoru (P_vytlakZO)
Druh snímače	Analogový 0,5 V - 4,5 V
Typ, výrobce	SPKT0033R0, Carel
Rozsah měřených hodnot	0-34,5 bar
Umístění	Snímač je standardně namontován na výstupu výtlačku kompresoru za odlučovačem oleje.
PT9A32C	
Název měřené veličiny	Tlak výtlač ZS (P_vytlakZS)
Druh snímače	Analogový 0,5 V - 4,5 V
Typ, výrobce	SPKT0033R0, Carel
Rozsah měřených hodnot	0-34,5 bar
Umístění	Snímač je standardně namontován za sběračem chladiva.
PT9A32D	
Název měřené veličiny	Tlak sání kompresoru (P_sani)
Druh snímače	Analogový 0,5V - 4,5 V
Typ, výrobce	SPKT0033R0, Carel
Rozsah měřených hodnot	0-34,5 bar
Umístění	Snímač je standardně namontován na vstupu sání kompresoru.

Teplotní veličiny

Měření teplot bylo zajištěno pomocí tří teplotních snímačů umístěných na sacím, výtlačném a kapalinovém potrubí. Seznam teplotních snímačů na chladivovém okruhu GHP jednotky uvádí Tab. 55.

Tab. 55 Seznam teplotních snímačů na chladivovém okruhu GHP jednotky [23]

TT9A33A	
Název měřené veličiny	Teplota výtlač kompresoru (T_vytlak)
Druh snímače	NI 1000
Typ, výrobce	TG8-40, Sensit
Umístění	Snímač je standardně namontován na výstupu výtlačku kompresoru.
TT9A33B	
Název měřené veličiny	Teplota zkondenzovaného chladiva (T_zkond_chl)
Druh snímače	NI 1000
Typ, výrobce	TG8-40, Sensit
Umístění	Snímač je standardně namontován za výměníkem kondenzátoru.
TT9A33C	
Název měřené veličiny	Teplota sání kompresoru (T_saci)
Druh snímače	NI 1000
Typ, výrobce	TG8-40, Sensit
Umístění	Snímač je standardně namontován na vstupu sání kompresoru.

Veličiny na straně kondenzátoru

Posledními měřenými veličinami byly teploty na přívodu a zpátečce tepelného okruhu, kterým se odebírá teplo z kondenzačního výměníku. Seznam snímačů těchto teplot je uveden v Tab. 56.

Tab. 56 Seznam teplotních snímačů na tepelném okruhu GHP jednotky [23]

TT9C33A	
Název měřené veličiny	Teplota kondenzátoru vstup (T_kond-vst)
Druh snímače	PT 1000
Výrobce	JUMO
Rozsah měřených hodnot	-50 až 150°C
Umístění	Snímač je standardně namontován na vstupu výměníku kondenzátoru, kde měří teplotu vstupní kapaliny do výměníku.
TT9C33B	
Název měřené veličiny	Teplota kondenzátoru výstup (T_kond-vyst)
Druh snímače	PT 1000
Výrobce	JUMO
Rozsah měřených hodnot	-50 až 150°C
Umístění	Snímač je standardně namontován na výstupu výměníku kondenzátoru, kde měří teplotu výstupní kapaliny z výměníku.

C.2.3.3 Vnější podmínky

Měření bylo prováděno za těchto podmínek venkovního prostředí: počasí beze srážek, průměrná teplota venkovního vzduchu během měření byla na hodnotě 10,5°C, rychlost větru nepřesáhla 2,5 m/s. Data byla zjištěna z databáze meteorologických dat stanice TUBO na stavební fakultě, která se nachází asi 2 km od objektu, kde bylo prováděno měření.

C.2.3.4 Postup měření

Jednotka GHP Polo 100 umožňuje zaznamenávat měřené hodnoty do své vnitřní paměti. Měření proto probíhalo automaticky. Naměřené veličiny byly staženy do počítače přes vzdálený přístup přímo z řídicí jednotky plynového tepelného čerpadla.

C.3 Výsledky měření

C.3.1 Naměřené hodnoty

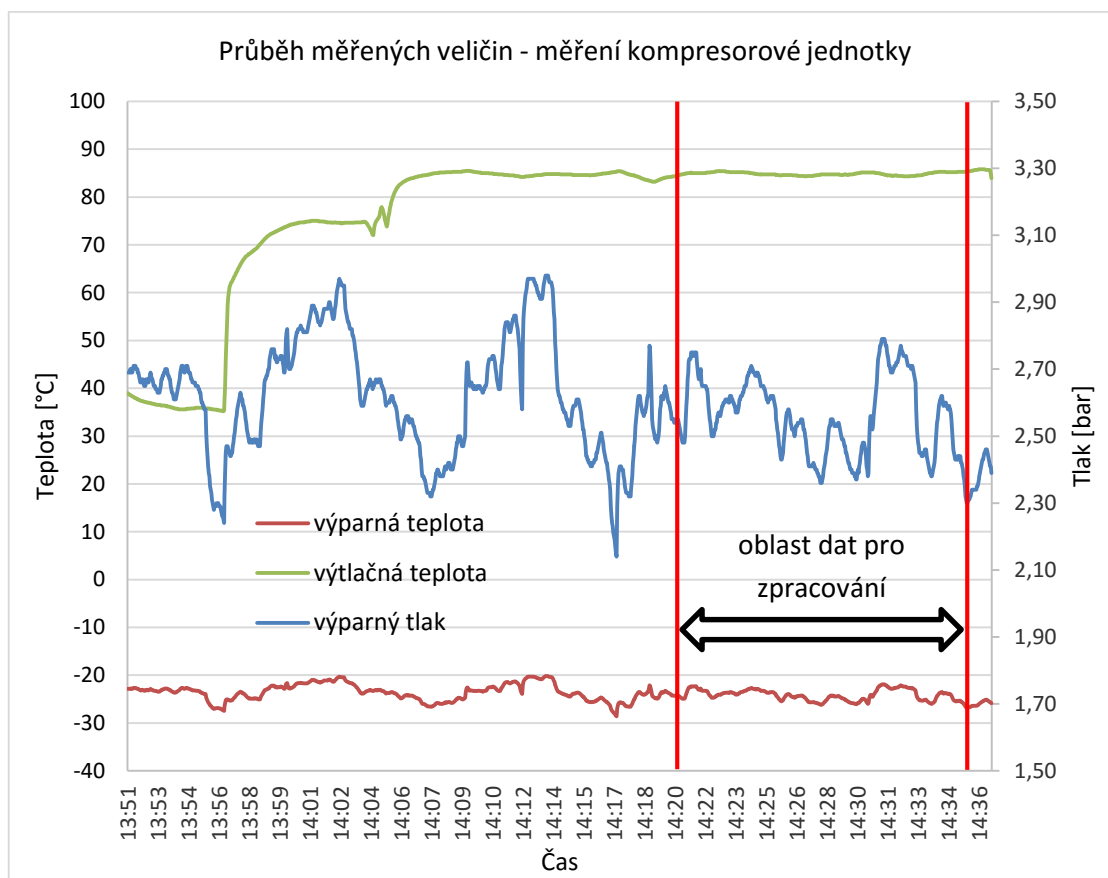
Před dalším zpracováním naměřených hodnot, byly jednotlivé veličiny obou měření vyneseny do grafů, aby se z dalšího zpracování vyloučily časové úseky, kdy jednotka nebyla v provozu, nebo došlo k výrazným výkyvům měřených veličin. Pro další zpracování byl vždy vybrán časově souvislý úsek, ve kterém jsou hodnoty nejvíce vyrovnané.

C.3.1.1 Měření 1 – kompresorová jednotka

Měření probíhalo dne 29. 6. 2015 od 13:51 do 14:37. Průběh měřených veličin je zobrazen v Graf 8. Z něj je patrné, že při začátku měření byla kompresorová jednotka vypnutá. Výtlačná teplota se totiž pohybuje na hodnotě kolem 40°C. Ke spuštění jednotky došlo v čase 13:57. Dle náběhu výtlačné teploty je patrné, že jednotka začala pracovat na plný výkon až v čase 14:06. Následovaly poměrně značné výkyvy výparného tlaku. Pro další zpracování hodnot byl proto vybrán patnáctiminutový úsek s relativně vyrovnanými hodnotami od času 14:20 do 14:35.

Z grafu je zřejmé, že hodnoty výparných teplot jsou dopočítané dle diagramu chladiva R404, protože jakýkoli výkyv výparného tlaku je doprovázen obdobným výkyvem výparné teploty. Vy-

kyvy teploty a tlaku na sací straně chladivového okruhu jsou způsobeny regulací expanzních ventilů před jednotlivými výparníky v systému. Naopak teplota výtlačná je vlivem kontinuální práce kompresorů poměrně stabilní.



Graf 8 Průběh měřených veličin – měření kompresorové jednotky

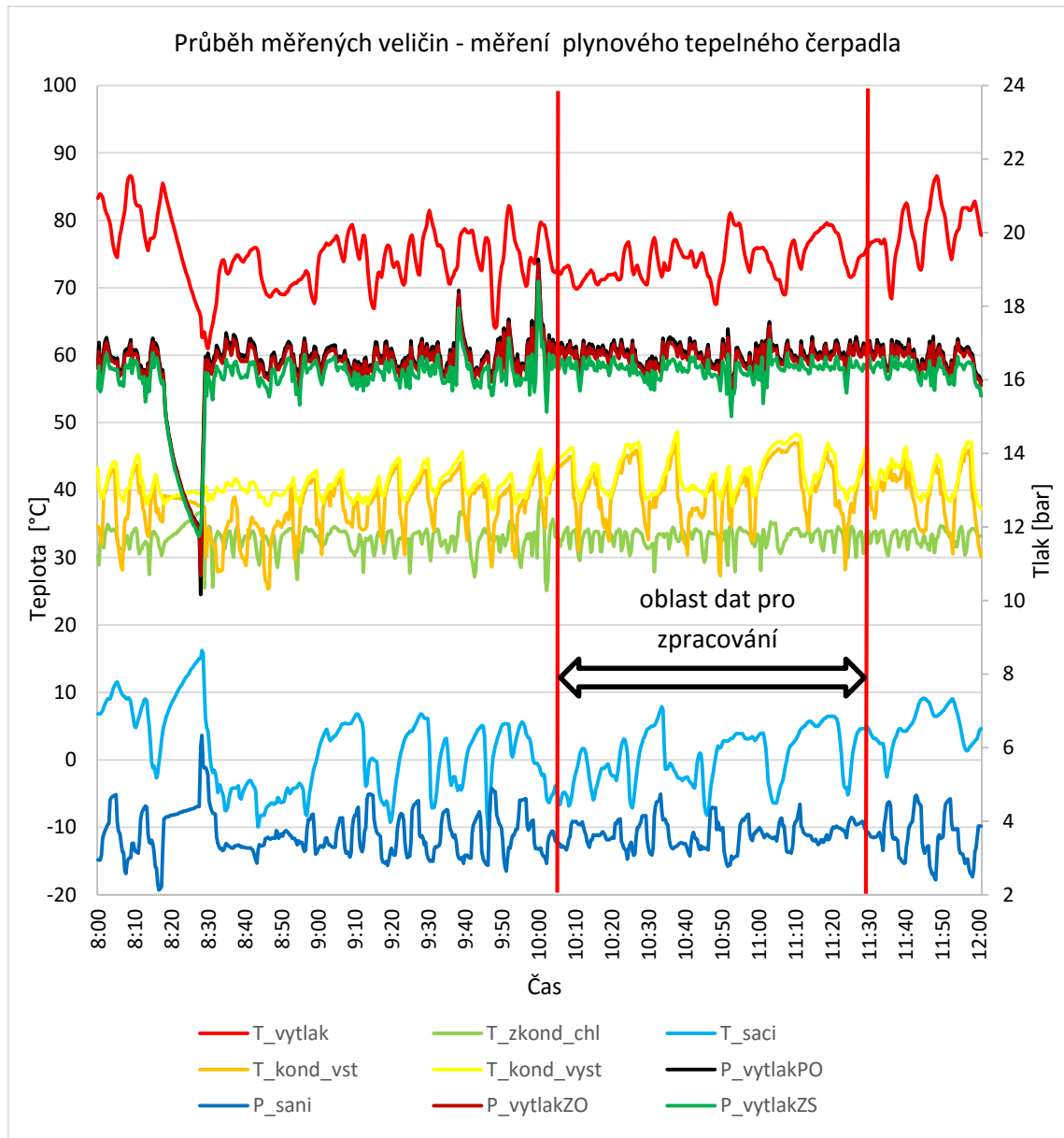
C.3.1.2 Měření 2 – plynové tepelné čerpadlo

Měření probíhalo dne 22. 10. 2015 od 8:00 do 12:00. Průběh všech měřených veličin je zobrazen v Graf 9. Z něj je patrné, že v čase 8:20 došlo k vypnutí jednotky. Teploty na výtlačku během té doby klesají, naopak teploty sací rostou. Ke spuštění došlo po asi 10 minutách. Během prvních dvou hodin měření jsou hodnoty značně proměnlivé. Pro další zpracování hodnot byl proto vybrán spojitý časový úsek s relativně vyrovnanými hodnotami od času 10:05 do 11:30.

Na rozdíl od měření kompresorové jednotky změny hodnot teplot a tlaků navzájem neodpovídají. Obě hodnoty jsou totiž měřené. Rozdílné výkyvy teplot oproti tlaku ve stejné části potrubí je dána zpožděním změny teploty vlivem prostupu tepla stěnou potrubí.

Z grafu měřených hodnot je rovněž patrné, že tlak na výtlačné straně za kompresorem, který byl měřen na třech místech (přímo za kompresorem, za odlučovačem oleje a za sběračem chladiva) se vzdáleností od kompresoru lehce klesá. Křivka průběhu tlaku je totiž výše než křivka průběhu tlaku za sběračem chladiva. Kondenzace tak není izobarická.

Z naměřených hodnot lze také usoudit, že pro odvedení kondenzačního tepla bylo po většinu měřeného času použito kromě kondenzačního výměníku také vzduchem chlazeného kondenzátoru. Lze tak usoudit z naměřených hodnot teploty teplotné látky na vstupu do kondenzátoru a teploty zkondenzovaného chladiva, která je nižší.



Graf 9 Průběh měřených veličin – měření plynového tepelného čerpadla

C.3.2 Zpracování naměřených hodnot

Aby bylo možné stanovit hodnoty veličin charakteristických bodů chladicích cyklů bylo nejprve provedeno zpracování souborů naměřených hodnot z obou měření.

C.3.2.1 Měření 1 – kompresorová jednotka

Vybraný soubor naměřených dat a hodnot vypařovací teploty dopočítaných měřicím přístrojem Testo, byl pomocí počítačového softwaru Excel zpracován. S pomocí statistických funkcí byly vypočteny maximální a minimální hodnoty, dále střední hodnoty (průměry) a mediány pro každou

měřenou veličinu. Pro další výpočty a možné určení charakteristických bodů chladicího okruhu byly použity hodnoty průměrné uvedené v Tab. 57 v sloupci Průměr.

Tab. 57 Souhrnné hodnoty - měření č. 1

	Veličina	Jednotka	MIN	MAX	PRŮMĚR	MEDIÁN
měřené veličiny	výparný tlak	bar	2,36	2,79	2,5682	2,57
	výtlačná teplota	°C	84,10	85,50	84,80	84,70
vypočítané veličiny	vypařovací teplota t_o''	°C	-26,2	-21,92	-24,08	-24,04

C.3.2.2 Měření 2 – plynové tepelné čerpadlo

Naměřené hodnoty z měření plynového tepelného čerpadla byly nejprve doplněny o dopočítané hodnoty vypařovací teploty, kondenzační teploty a teploty na konci kondenzace. Ty byly stanoveny na základě tlaku chladiva v konkrétním místě chladivového okruhu s pomocí tabulek sytých kapalin a sytých par v rámci softwaru Genetron Properties [16]. Hodnoty byly současně ověřeny v diagramu log p-h pro chladivo R407F, které je v chladicím okruhu této jednotky použito. Pro výpočet vypařovací teploty byly použity naměřené hodnoty sacího tlaku, pro výpočet kondenzační teploty byla použita hodnota tlaku na výtlačku za odlučovačem oleje, jelikož snímač tohoto tlaku je nejbližší výměníku, v němž ke kondenzaci dochází. Teplota konce kondenzace, tedy na dolní mezní křivce byla stanovena dle naměřeného tlaku za sběračem chladiva.

Hodnoty všech měřených i vypočtených veličin byly následně zpracovány v softwaru Excel. S pomocí statistických funkcí byly vypočteny maximální a minimální hodnoty, dále střední hodnoty (průměry) a mediány pro každou měřenou i vypočtenou veličinu. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 58. Pro další výpočty a možné určení charakteristických bodů chladicího okruhu, byly použity hodnoty průměrné.

Tab. 58 Souhrnné hodnoty - měření č. 2

	Veličina	Jednotka	MIN	MAX	PRŮMĚR	MEDIÁN
měřené veličiny	T_vytlak	°C	67,54	81,09	74,09	73,75
	T_zkond_chl	°C	27,87	35,31	32,95	33,46
	T_saci	°C	-8,22	7,88	0,51	1,14
	P_sani	bar	2,7680	4,7360	3,6374	3,6170
	P_vytlakPO	bar	15,3564	17,5774	16,7236	16,7554
	P_vytlakZO	bar	15,2760	17,4620	16,6134	16,6430
	P_vytlakZS	bar	15,0000	17,0905	16,2931	16,3192
	T_kond_vst	°C	27,31	47,01	40,28	40,49
	T_kond_vyst	°C	37,57	48,62	42,73	42,14
vypočítané veličiny	vypařovací teplota t_o''	°C	-17,07	-2,76	-10,15	-10,23
	kondenzační teplota t_k''	°C	35,48	40,63	38,68	38,75
	teplota na konci kondenzace t_k'	°C	30,12	35,24	33,34	33,41

C.3.3 Charakteristické body chladicího cyklu

Pro výpočet chladicího faktoru, izoentropické účinnosti a dalších veličin chladicího okruhu je zapotřebí znát polohu charakteristických bodů chladicího cyklu v diagramu chladiva. Z průměrných hodnot měřených veličin byly vybrány ty, které polohu udávají.

C.3.3.1 Měření 1 – kompresorová jednotka

Z naměřených hodnot výparné teploty a tlaku byl jednoznačně určen bod 6“ chladicího okruhu. Aby mohly být jednoznačně stanoveny další body chladicího okruhu, bylo zapotřebí zvolit následující parametry:

Přehřátí: 10 K

Podchlazení: 2 K

Kondenzační teplota: 45°C

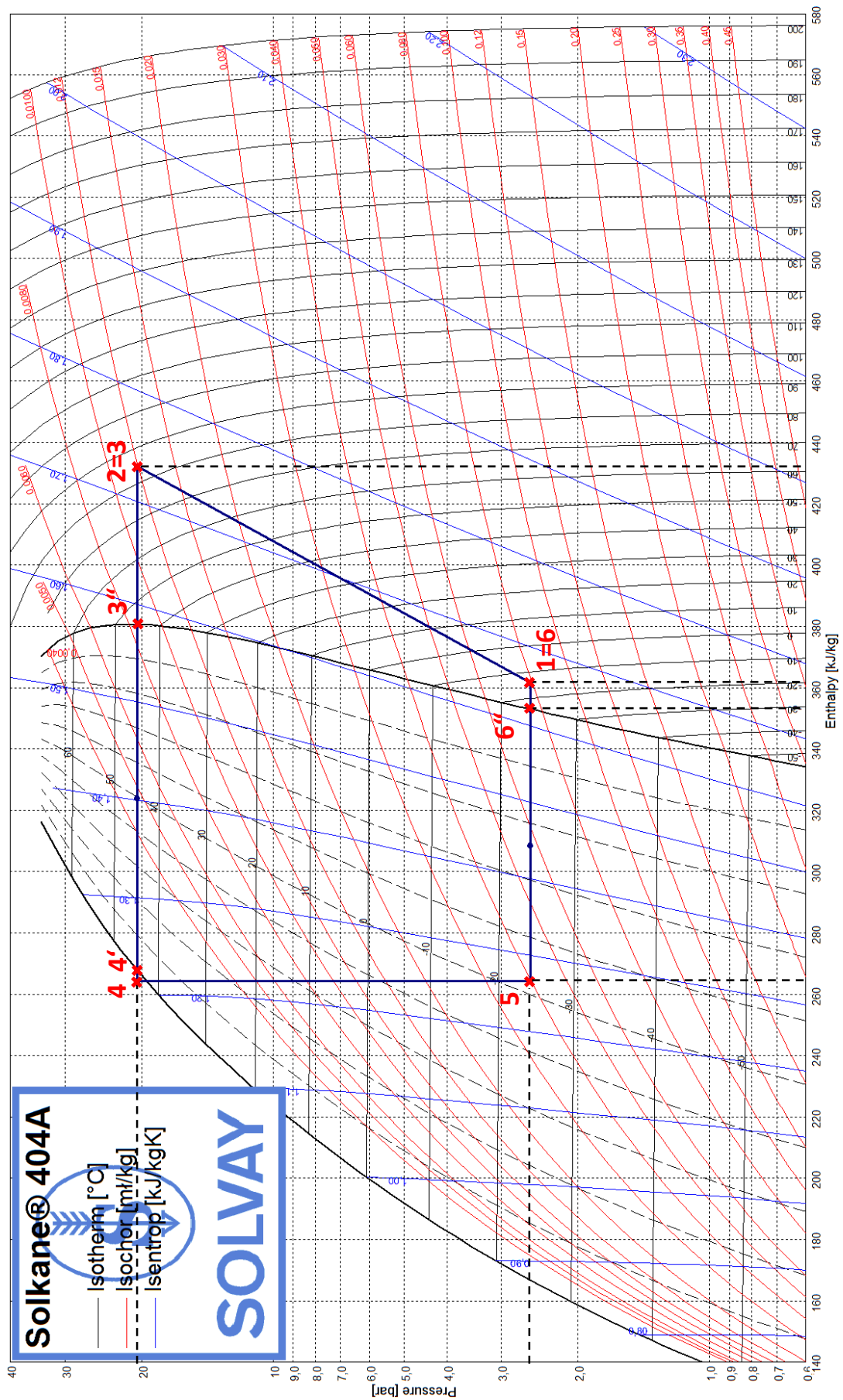
Kondenzační teplota byla zvolena s ohledem na průměrnou teplotu na výtlačku z kompresorové jednotky. Pokud by byla zvolena nižší kondenzační teplota, znamenalo by to horší účinnost kompresorů. Naopak vyšší teplota, pro vzduchem chlazené kondenzátory, které jsou v daném případě instalovány, se zpravidla nepoužívá.

Díky zvolené hodnotě přehřátí byl určen bod 1=6. Na základě hodnot tlaků sytých par chladiva byla s pomocí softwaru Solkane [36] zvolené kondenzační teplotě přiřazena hodnota kondenzačního tlaku. Díky tomu se podařilo jednoznačně definovat body 2=3 (definován kondenzačním tlakem a výtlačnou teplotou), bod 3“ (určen kondenzační teplotou a tlakem) a bod 4' (definován kondenzačním tlakem a dolní mezní křivkou diagramu). Díky zvolené hodnotě podchlazení kapalného chladiva byl stanoven bod 4. Pro všechny body pak byly pomocí softwaru Solkane určeny také hodnoty entalpie a entropie. Vzhledem k předpokládanému izoentalpickému škrcení mohl být stanoven bod 5 chladicího okruhu, který má stejnou hodnotu entalpie jako bod 4 a hodnota jeho tlaku odpovídá hodnotě tlaku výparného. Jednotlivé charakteristické body chladicího okruhu kompresorové jednotky jsou vyneseny v diagramu log p-h (viz Graf 10). Hodnoty jednotlivých veličin stanovených dle parních tabulek chladiva R404A jsou uvedeny v Tab. 59.

Tab. 59 Hodnoty veličin charakteristických bodů chladicího cyklu – měření 1

Veličiny	tlak	teplota	entalpie	entropie
Body	p [bar]	t [°C]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg.K]
1=6	2,5700	-14,08	361,59	1,6561
2=3	20,4400	84,80	432,29	1,7328
3"	20,4400	45,00	380,67	1,5795
4'	20,4400	44,69	267,73	1,2256
4	20,4400	42,69	264,27	1,2147
5	2,5700	-24,38	264,27	1,2663
6"	2,5700	-24,08	352,99	1,6222
teoretický 2=3	20,4400	62,95	405,7	1,6561

Hodnoty veličin teoretického bodu 2=3 vycházejí z hodnoty kondenzačního tlaku a hodnoty entropie, která odpovídá hodnotě entropie bodu 1=6. U teoretického bodu 2=3 se totiž přepočítává izoentropický průběh komprese.



Graf 10 Chladicího cyklus vyneseny v diagramu log p – h (měření č. 1) [36]

C.3.3.2 Měření 2 – plynové tepelné čerpadlo

Pro stanovení všech charakteristických bodů chladicího cyklu plynového tepelného čerpadla byly použity hodnoty měřených a dopočtených veličin tlaků a teplot (viz Tab. 58). Bod 6'' je definován měřenou hodnotou výparného tlaku P_{sani} a dopočtenou hodnotou vypařovací teploty t_o'' . Bod 1=6 pak odpovídá hodnotě P_{sani} a T_{saci} . Pro stanovení polohy bodu 2=3 byly použity hodnoty P_{vytlakZO} a T_{vytlak} . Bod kondenzace (3'') byl určen podle měřeného tlaku P_{vytlakZO} a vypočtené kondenzační teploty t_k'' . Obdobným způsobem byl definován bod 4', kde byly využity hodnoty P_{vytlakZS} a vypočtená teplota na konci kondenzace t_k' . Stejná hodnota tlaku jako pro bod 4' byla využita u bodu 4, druhou veličinou byla však měřena hodnota $T_{\text{zkond_chl}}$.

Pro všechny body pak byly pomocí softwaru Genetron Properties [16][13] určeny také hodnoty entalpie a entropie. Vzhledem k předpokládanému izoentalpickému škrcení mohl být stanoven bod 5 chladicího okruhu, který má stejnou hodnotu entalpie jako bod 4 a hodnota jeho tlaku odpovídá hodnotě tlaku výparného.

Jednotlivé charakteristické body chladicího okruhu měřeného plynového tepelného čerpadla jsou vyneseny v diagramu log p-h (viz Graf 11). Hodnoty jednotlivých veličin stanovených dle parních tabulek chladiva R407F jsou uvedeny v Tab. 60.

Tab. 60 Hodnoty veličin charakteristických bodů chladicího cyklu – měření 2

Veličiny	tlak	teplota	entalpie	entropie
Body	p [bar]	t [°C]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg.K]
1=6	3,6374	0,51	420,03	1,9506
2=3	16,6134	74,09	469,62	1,9748
3''	16,6134	38,68	427,68	1,8472
4'	16,2931	33,34	251,80	1,2788
4	16,2931	32,95	251,16	1,2767
5	3,6374	-14,43	251,16	1,3043
6''	3,6374	-10,15	407,09	1,9022

teoretický 2=3	16,6134	66,58	461,31	1,9506
----------------	---------	-------	--------	--------

Hodnoty veličin teoretického bodu 2=3 vycházejí z hodnoty kondenzačního tlaku P_{vytlakZO} a hodnoty entropie, která odpovídá hodnotě entropie bodu 1=6. U teoretického bodu 2=3 se totiž předpokládá izoentropický průběh komprese.

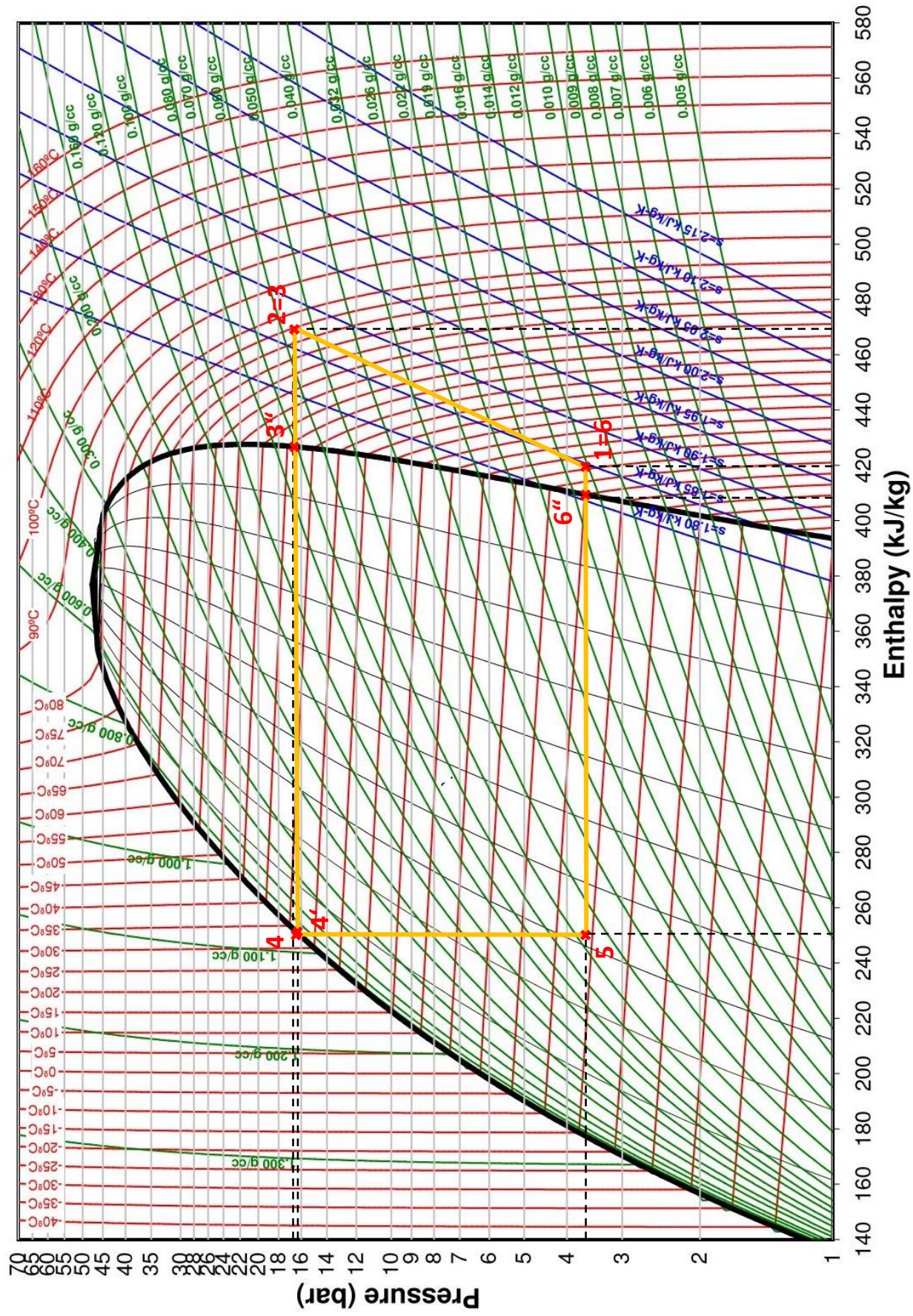
Z charakteristických bodů chladicího cyklu byly určeny průměrné hodnoty přehřátí a podchlazení.

Přehřátí:

$$\Delta t_{\text{pře}} = t_1 - t_{6''} = 0,51 - (-10,15) = 10,66 \text{ K}$$

Podchlazení:

$$\Delta t_{\text{pod}} = h_{4'} - h_4 = 33,34 - 32,95 = 0,39 \text{ K}$$



Graf 11 Chladicího cyklus vyneseny v diagramu log p – h (mřeni č. 2) [27]

C.3.4 Výpočty

Cílem výpočtů obou chladicích okruhů je stanovit chladicí faktor, efektivnost skutečného chladicího cyklu a izentropickou účinnost kompresoru. Pro výpočet byly použity vztahy uvedené v kapitole A.4.

C.3.4.1 Měření 1 – kompresorová jednotka

Pro výpočet chladicího faktoru skutečného naměřeného chladicího okruhu s kompresorovou jednotkou byly použity vztahy pro Clausius-Rankinův cyklus, s tím rozdílem, že do výpočtů byly dosazovány hodnoty bodů skutečného chladicího okruhu, nikoli teoretického.

Teplu přivedené, které se odebere chlazené látce ve výparníku vypočtené dle vztahu (5):

$$q_o = h_1 - h_5 = 361,59 - 264,27 = 97,32 \text{ kJ/kg}$$

Teplu odvedené z kondenzátoru vypočítané podle vztahu (6):

$$q_k = h_2 - h_4 = 432,29 - 264,27 = 168,02 \text{ kJ/kg}$$

Práce kompresoru dána vztahem (7):

$$a_o = q_k - q_o = h_2 - h_1 = 432,29 - 361,59 = 70,70 \text{ kJ/kg}$$

Chladicí faktor skutečného chladicího cyklu vypočtený dle vztahu (8):

$$\varepsilon_{ch} = \frac{q_o}{a_o} = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1} = \frac{97,32}{70,70} = 1,376$$

Izentropická účinnost kompresoru – dle vztahu (9):

$$\eta_{ie} = \frac{P_{ie}}{P_i} = \frac{h_{2teor} - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{405,7 - 361,59}{432,29 - 361,59} = 0,6239 \rightarrow 62,39 \%$$

Chladicí faktor teoretického Carnotova cyklu je vypočtený dle vztahu (4). Hodnoty dosažených teplot vyházejí z bodů 6'' a 3'' (tedy teploty vypařovací a kondenzační). Hodnoty v °C jsou převedeny na K.

$$\varepsilon_{ch_{CARNOT}} = \frac{T_o}{T_k - T_o} = \frac{(-24,08 + 273,15)}{(45 + 273,15) - (-24,08 + 273,15)} = \frac{249,07}{318,15 - 249,07} = 3,6055$$

Efektivnost skutečného chladicího cyklu dle vztahu (10):

$$\eta_R = \frac{\varepsilon_{ch}}{\varepsilon_{ch_{CARNOT}}} = \frac{1,376}{3,6055} = 0,3816 \rightarrow 38,16 \%$$

C.3.4.2 Měření 2 – plynové tepelné čerpadlo

Pro výpočet chladicího faktoru skutečného naměřeného chladicího okruhu tepelného plynového čerpadla byly použity vztahy pro Clausius-Rankinův cyklus, s tím rozdílem, že do výpočtů byly dosazovány hodnoty bodů skutečného chladicího okruhu, nikoli teoretického.

Teplo přivedené, které se odebere chlazené látce ve výparníku vypočtené dle vztahu (5):

$$q_o = h_1 - h_5 = 420,03 - 251,16 = 168,87 \text{ kJ/kg}$$

Teplo odvedené z kondenzačního výměníku i vzduchem chlazeného kondenzátoru vypočítané podle vztahu (6):

$$q_k = h_2 - h_4 = 469,62 - 251,16 = 218,46 \text{ kJ/kg}$$

Adiabatická práce kompresoru dána vztahem (7):

$$a_o = q_k - q_o = h_2 - h_1 = 469,62 - 420,03 = 49,59 \text{ kJ/kg}$$

Chladicí faktor skutečného chladicího cyklu vypočtený dle vztahu (8):

$$\varepsilon_{ch} = \frac{q_o}{a_o} = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1} = \frac{168,87}{49,59} = 3,405$$

Izoentropická účinnost kompresoru – dle vztahu (9):

$$\eta_{ie} = \frac{P_{ie}}{P_i} = \frac{h_{2teor} - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{461,31 - 420,03}{469,62 - 420,03} = 0,832 \rightarrow 83,2 \%$$

Chladicí faktor teoretického Carnotova cyklu je vypočtený dle vztahu (4). Hodnoty dosažených teplot vyházejí z bodů 6" a 3" (tedy teploty vypařovací a kondenzační).

$$\varepsilon_{chCARNOT} = \frac{T_o}{T_k - T_o} = \frac{(-10,15 + 273,15)}{(38,68 + 273,15) - (-10,15 + 273,15)} = \frac{263}{311,83 - 263} = 5,386$$

Efektivnost skutečného chladicího cyklu daná vztahem (10):

$$\eta_R = \frac{\varepsilon_{ch}}{\varepsilon_{chCARNOT}} = \frac{3,405}{5,386} = 0,632 \rightarrow 63,2 \%$$

Plynové tepelné čerpadlo, využívá odpadní kondenzační teplo. To je předáváno v kondenzačním výměníku teplotně chlazené látce. Díky tomu dochází k většímu zhodnocení dodané energie. Proto lze u těchto zařízení definovat také tzv. poměrný energetický přínos η [-], který může být maximálně roven součtu chladicího faktoru ε_{ch} a topného faktoru ε_{top} .

Maximální energetický přínos lze definovat i pomocí entalpií:

$$\eta_{max} = \frac{(h_1 - h_5) + (h_2 - h_4)}{(h_2 - h_4) - (h_1 - h_5)} \quad (37)$$

kde:

η_{max} ... maximální energetický přínos [-]

h ... entalpie daného bodu chladicího okruhu [kJ/kg]

$$\eta_{max} = \frac{(420,03 - 251,16) + (469,62 - 251,16)}{(469,62 - 251,16) - (420,03 - 251,16)} = \frac{168,87 + 218,46}{218,46 - 168,87} = 7,811$$

Využití odpadního tepla je v měřeném zařízení spíše okrajovou záležitostí, jelikož kromě kondenzačního výměníku jsou v chladicím okruhu uplatněny současně také vzduchem chlazené kondenzátory. Pro výpočet reálného poměrného energetického přínosu by bylo nutné znát skutečný výkon výparníků a tepelný tok získaný v kondenzačním výměníku, což by bylo možné zjistit například měřením průtoku teplotosné látky kondenzačním výměníkem, které ale nebylo náplní této práce.

C.4 Vyhodnocení

Výsledky měření jsou shrnuty vybranými veličinami, které popisují vlastnosti daných měřených chladicích cyklů. Pro obě měření je uvádí Tab. 61.

Tab. 61 Tabulka vybraných vlastností měřených chladicích cyklů

Veličina		Měření 1	Měření 2
Kondenzační teplota	t_k [°C]	45	38,68
Vypařovací teplota	t_o [°C]	-24,08	-10,15
Přehřátí	$\Delta t_{pře}$ [K]	10	10,66
Podchlazení	Δt_{pod} [K]	2	0,39
Tepelný tok ve výparnících	q_o [kJ/kg]	97,32	168,87
Tepelný tok v kondenzátorech	q_k [kJ/kg]	168,02	218,46
Práce kompresoru	a_o [kJ/kg]	70,70	49,59
Chladicí faktor skutečného chladicího cyklu	ϵ_{ch} [-]	1,376	3,405
Chladicí faktor Carnotova cyklu	$\epsilon_{ch \text{ CARNOT}}$ [-]	3,6055	5,386
Efektivnost skutečného chladicího cyklu	η_R [%]	38,16	63,2
Izoentropická účinnost kompresoru	η_{ie} [%]	62,39	83,2
Maximální energetický přínos	η_{max} [-]		7,811

Z uvedených hodnot tepelných toků je patrné, že při zachování stejného hmotnostního průtoku chladiva v obou měřených zařízeních bude mít plynové tepelné čerpadlo výrazně vyšší výkon výparníků. Nižší naměřený výkon kompresorové jednotky je dán kromě změny chladiva zejména nižší vypařovací teplotou. Hodnota vypařovací teploty chladicího cyklu s kompresorovou jednotkou je -24 °C, nově nainstalované tepelné čerpadlo pracuje s vypařovací teplotou -10°C.

Pokles chladicího výkonu při snížení výparné teploty dobře demonstruje na Obr. 37 technický list náhodně vybraného kompresoru Bitzer. Při snížení vypařovací teploty o 10°C klesne při zachování ostatních podmínek chladicí výkon o zhruba 35 %.

		Výparná teplota t_0 [°C]								
▼ t_c	► t_0	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C	-25°C	-30°C	-35°C	
	Kondenzační teplota t_c [°C]	45°C	Q [W]	95153	77716	62865	50278	39672	30791	23414
		Qu* [W]	95153	77716	62865	50278	39672	30791	23414	17342
		P [kW]	35,0	32,7	klesající chladicí výkon			21,8	18,95	16,19
		I [A]	58,7	55,1	51,1	47,0	42,7	38,5	34,3	30,5
		Qc [W]	130133	110377	92990	77706	64300	52576	42367	33535
		COP [-]	2,72	2,38	2,09	1,83	1,61	1,41	1,24	1,07
		m [kg/h]	3095	2594	2156	1775	1443	1155	908	696
		Op.	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
		th [°C]	70,6	72,1	73,8	75,8	78,1	81,0	84,5	89,2

Obr. 37 Pokles chladicího výkonu kompresoru Bitzer 6GE-34Y [2]

Z výpočtů je patrný značný nárůst kondenzačního výkonu, který ovlivnila zejména nižší naměřená kondenzační teplota resp. kondenzační tlak. Jeho rozdílná hodnota u obou měření je dána použitím kondenzačního výměníku v plynovém tepelném čerpadle, ale především také rozdílnou teplotou venkovního vzduchu, která byla v případě měření kompresorové jednotky o 12,5°C vyšší než při měření č. 2.

Rozdíl mezi vypařovací a kondenzační teplotou, resp. tlakem významně ovlivní také chladicí faktor měřených zařízení. Se zvětšujícím se rozdílem kondenzačního a výparného tlaku se zvyšuje nutná práce kompresoru, čímž dochází ke snižování chladicího výkonu. Chladicí faktor chladicího okruhu s kompresorovou jednotkou je proto výrazně nižší v porovnání s chladicím faktorem plynového tepelného čerpadla. U plynového tepelného čerpadla lze navíc uvažovat s hodnotou tzv. maximálního energetického přínosu, který v sobě zahrnuje jak chladicí faktor, tak topný faktor daný využitím odpadního tepla.

Pokud se zaměříme pouze na kompresor, lze kompresory z obou měření srovnat pomocí tzv. izoentropické účinnosti kompresoru. Ta je vztažena k ideálnímu termodynamickému jevu - adiabatické kompresi. Přestože je v obou případech použito polohermetických pístových kompresorů, lepší účinnosti dosahuje kompresor, který je součástí plynového kompresorového čerpadla. Jeho účinnost je dle měření na hodnotě 83,2 %, zatímco účinnost kompresorů sdružené kompresorové jednotky je pouze 62,39 %.

Lépe vychází chladicí okruh plynového tepelného čerpadla i ve srovnání efektivnosti chladicího okruhu, který je vztažen k teoretickému obrácenému Carnotovu cyklu. Zatímco efektivnost chladicího cyklu zařízení GHP Polo 100 je na hodnotě 63%, sdružená kompresorová jednotka dosahuje pouze hodnoty necelých 40 %.

C.5 Závěr měření

Na základě vyhodnocených dat měření lze konstatovat, že uskutečněná výměna zdroje chladu měřeného chladicího systému, se výrazně projevila zejména na zlepšení izoentropické účinnosti kompresoru, ale i na významném zvýšení efektivity chladicího okruhu. Navíc díky instalovanému kondenzačnímu výměníku, kterým je možné odpadní teplo předávat teplotonosné látce topného okruhu, je plynové tepelné čerpadlo energeticky výhodnější. K přesnějšímu získání představy o parametrech zejména prvně měřené - kompresorové jednotky by bylo vhodné doplnit měření o další veličiny, které by zpřesnily výsledky měření. To však nebylo z hlediska konstrukce chladicího zařízení ani z hlediska dostupnosti měřicích pomůcek možné. V rámci zpracování výsledků měření bylo možné ověřit teoretické poznatky chování chladicích cyklů. Díky rozdílnému principu fungování měřených zdrojů chladu bylo možné zhodnotit fungování jednotlivých typů chladicích zařízení.

ZÁVĚR

Výsledkem této diplomové práce je zejména návrh a zhodnocení variant přímého chlazení do zadaného potravinářského provozu a současně ověření teoretických poznatků v rámci experimentální části práce. Práce je rozdělena do tří částí:

Teoretická část práce měla za cíl zanalyzovat potřebné legislativní požadavky pro potravinářské provozy. Současně zhodnotila možnosti přímého chlazení a variant jednotlivých systémů a zařízení. Z tohoto hlediska se pro zadaný potravinářský provoz jeví jako optimální systém přímého chlazení se suchými výparníky, kompresorovou jednotkou a vzduchem chlazeným kondenzátorem. Toto řešení je jak z hlediska návrhu tak zejména údržby nejvhodnější. Teoretická část rovněž popisuje odlišnosti obou návrhů a teoretické řešení chladicích cyklů.

Ve druhé části práce, která se věnuje aplikaci tématu na zadané budově, byla navržena jednotlivá zařízení chladicího okruhu s ohledem na požadovaný chladicí výkon, který byl stanoven na základě výpočtů tepelné zátěže jednotlivých chlazených místností. Dále byly navrženy rozvody chladivového potrubí a další zařízení zajišťující správný a bezpečný chod systému. Při návrhu byly samostatně řešeny varianty s odlišnými chladivými. V závěru této části byly tyto varianty zhodnoceny, zejména s důrazem na ekonomické srovnání. Z něho vyplynulo, že chladivo R717 je v porovnání s chladivem R404A výhodnější z hlediska provozních nákladů, nikoli však z hlediska nákladů investičních a zejména z důvodu bezpečnosti.

Třetí část práce – experimentální řešení se věnovala srovnání dvou zdrojů chladu skutečného chladicího zařízení. Na základě měřených údajů byly vypočteny a stanoveny parametry chladicích cyklů. Jejich srovnáním bylo možné za efektivnější označit použití plynového tepelného čerpadla, které na rozdíl od sdružené kompresorové jednotky využívá také odpadní teplo, které je možné uplatnit v topném okruhu tohoto zařízení.

Výsledkem řešení objektu řešeného v části B této diplomové práce je shrnuto v technické zprávě a projektové dokumentaci navrženého systému chlazení potravinářského závodu ve dvou variantách – s chladivem R404A a R717. Stupeň zpracování je na úrovni projektu pro stavební povolení. Výkresová dokumentace je v příloze této práce.

POUŽITÉ ZDROJE

- [1] AF/Armaflex. *AZ FLEX a.s.* [online]. [cit. 2015-12-19]. Dostupné z: <http://www.azflex.cz/technicke-izolace/armacell/af-armaflex.html>
- [2] *Bitzer Software* [počítačový program]. Ver. 6.4.4. [cit. 2015-12-10]. Dostupné z: <https://www.bitzer.de/websoftware/Default.aspx>
- [3] ČESKO. Vyhláška č. 193 ze dne 17. července 2007, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2007.
- [4] ČESKO. Vyhláška č. 289 ze dne 14. listopadu 2007, o veterinárních a hygienických požadavcích na živočišné produkty, které nejsou upraveny přímo použitelnými předpisy Evropského společenství. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2007.
- [5] ČESKO. Nařízení vlády č. 93 ze dne 29. února 2012, kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2012.
- [6] ČSN 73 0540-3. Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [7] ČSN EN 378-1+A2. Chladicí zařízení a tepelná čerpadla – Bezpečnostní a environmentální požadavky – Část 1: Základní požadavky, definice, klasifikace a kritéria volby. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [8] ČSN EN 378-3+A1. Chladicí zařízení a tepelná čerpadla – Bezpečnostní a environmentální požadavky – Část 3: Instalační místo a ochrana osob. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [9] ČUKAT, S. *Náhrada elektroohřevu primárního vzduchu na stendu Biofluid 100*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 47 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Baláš.
- [10] DEKPIR Floor 022 50mm. *Stavebniny Dek* [online]. [cit. 2015-12-02]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/detail/1421010650-dekpir-floor-022-50mm-17-28m2-bal-1200x2400?lm=6076>
- [11] *Dorin Software* [počítačový program]. Ver. 15.07. [cit. 2015-12-10]. Dostupné z: <http://www.dorin.com/en/Software/>
- [12] DVOŘÁK, Zdeněk. *Chladicí technika*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1971, 214 s.
- [13] FORMÁNEK, Marian. Potrubní systémy chladicích zařízení. *Vytápění, větrání, instalace: odborný časopis Společnosti pro techniku prostředí*. 2008, (5/2008): 262 - 265. ISSN 1210-1389.

- [14] *FRIGOMONT a.s. chladicí technika, izolační panely* [online]. [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: <http://www.frigomont.cz/>
- [15] *FRIGOPOL Selection Software* [počítačový program]. Ver. 1.2.5. [cit. 2015-12-10]. Dostupné z: <http://www.frigopol.com/wp-content/uploads/FRIGOPOL-Auswahlprogramm-1.2.5.zip>
- [16] *Genetron Properties* [počítačový program]. Ver. 1.2. [cit. 2015-12-30]. Dostupné z: <http://www.honeywell-refrigerants.com/europe/product/genetron-performax-lt/>
- [17] Goedhart Air Coolers. *Kelvion*. [online]. [cit. 2015-12-30]. Dostupné z: <http://www.kelvion.com/products/finned-tube-heat-exchangers/refrigeration-air-fin-products/goedhart/>
- [18] *Goedhart Product Catalogue CZ* [počítačový program]. Ver. 2015.01. [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: <http://www.kelvion.com/media/tools-software/gea-goedhart-product-catalogue/>
- [19] HIRŠ, Jiří a Günter GEBAUER. *Vzduchotechnika v příkladech*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, viii, 230 s. ISBN 80-7204-486-9.
- [20] *Hormann.cz* [online]. [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: <http://www.hormann.cz/vyrobky/prumyslova-vrata/prumyslova-seknci-vrata/>
- [21] *JDK, spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.jdk.cz/cs/>
- [22] KOCOUREK, Vladimír. Úvod do potravinářské legislativy [online]. Praha, 2014 [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: <http://web.vscht.cz/~kocourev/files/Uvod-PL-skript.pdf>
- [23] *Manuál GHP Polo 100 rev B*. TEDOM a.s., 2014. Technické podklady poskytnuté společností Tedom.
- [24] Měděné trubní systémy. *K.T.O International* [online]. [cit. 2015-12-22]. Dostupné z: http://www.kto.cz/picture/pdf/cenik_cu_trubky.pdf
- [25] Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu. In: *Úřední věstník evropské unie*. 2004.
- [26] Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 1005/2009 ze dne 16. září 2009 o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu. In: *Úřední věstník evropské unie*. 2009.
- [27] P-h_diagram_R448A_N40, R450A_N13, R1234yf, R407F. *Schiessl*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: http://www.schiessl.cz/soubor-p-h_diagram_r448a_n40-r450a_n13-r1234yf-r407f-6173-.pdf
- [28] Plynové tepelné čerpadlo. *TEDOM* [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/vyhody-a-vyuziti.html>

- [29] Polyuretanové panely. *Schiessl, s.r.o* [online]. [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: <http://www.chladirny.cz/stranka-polyuretanove-panely-7>.
- [30] Pressure vessels. *BITZER* [online]. [cit. 2015-12-19]. Dostupné z: <https://www.bitzer.de/cz/en/products/Technologies/Pressure-Vessels/>.
- [31] Průmyslové chlazení. *SULTRADE Praha s.r.o.* [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.sultrade.cz/prumyslove-chlazení-a-klimatizace/>
- [32] *Refrigeration Utilities* [počítačový program]. Ver. 2.84. [cit. 2015-12-16]. Dostupné z: <http://coolpack.software.informer.com/>
- [33] RUBINA, Aleš, Olga RUBINOVÁ a Pavel UHER. *Vzduchotechnika: BT02 - TZB III : sbírka příkladů*. Brno: Litera, 2013, 94 s. ISBN 80-903586-6-7.
- [34] Sdružená kompresorová jednotka. *Chladicí zařízení, průmyslové chlazení Sinop CB a.s.* [online]. [cit. 2015-12-10]. Dostupné z: <http://www.sinop.cz/vyrobky-a-sluzby/sdruzena-kompresorova-jednotka>
- [35] Separating Hood Compressor. *Frigopol Kälteanlagen*. [online]. [cit. 2015-12-10]. Dostupné z: <https://www.bitzer.de/websoftware/Default.aspx>
- [36] *Solkane Refrigerant software* [počítačový program]. Ver. 8.0.0.15. Hannover: [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: <http://www.solvaychemicals.com/EN/products/Fluor/Documents/solkane8.zip>
- [37] STOJANOV, Štěpán. *Chladiva po roce 2015* [online]. Svaz chladicí a klimatizační techniky [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: http://www.chlazení.cz/data/blob-rename/page-application_pdf-20141118092428-7031-chladiva-po-roce-2015.pdf/.
- [38] Tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu. *TZB-info* [online]. [cit. 2015-12-19]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-tepelna-ztrata-potrubí-s-izolaci-kruhoveho-prurezu>.
- [39] *Termostatické expanzní ventily Alfaco* [počítačový program]. [cit. 2016-01-09]. Dostupné z: <http://www.alfaco.cz/alco/software.html>
- [40] Testo 570-1 sada. *Testo AG*. [online]. [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: <https://www.testo.cz/Pristroje-detailnes/index.jsp?productNo=0563+5701&productName=testo+570-1+sada+-+digit%26aacute%3Bln%26iacute%3B+servisn%26iacute%3B+p%C5%99%26iacute%3Bstroj>
- [41] TRUBKY KURHOVÉ BEZEŠVÉ. *Akros* [online]. [cit. 2015-12-22]. Dostupné z: <http://www.akros.cz/trubky-kruhove-bezesve-mat-14541>.
- [42] Typy izolací z polyuretanu. *PAMA* [online]. [cit. 2015-12-02]. Dostupné z: <http://www.pamaas.cz/polyuretan>

- [43] ULLRICH, Hans-Jürgen. *Chladicí technika II*. České 1. vydání. Praha: Svaz CHKT s.r.o., 2000. ISBN 80-238-5889-0.
- [44] *Wienerberger cihlářský průmysl* [online]. [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: <http://www.wienerberger.cz/>
- [45] ZMRHAL, Vladimír. Popis výpočtu tepelné zátěže klimatizovaných prostor podle ČSN. *Projekt III. (IV.) – Vzduchotechnika* [online]. [cit. 2015-12-06]. http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/01_Vypocet%20tepelne%20zateze.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

Zkratky

- VZT – vzduchotechnika
- UT – ústřední vytápění
- tl. – tloušťka
- č.m. – číslo místnosti
- NP – nadzemní podlaží
- ES – evropská směrnice
- EU – evropská unie
- ODP – Ozone depletion potential
- GWP – Global warming potential
- PUR – polyuretan
- MaR – měření a regulace

Fyzikální veličiny

- c – měrná tepelná kapacita [$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$]
- m – hmotnostní průtok [kg/h]
- S – plocha [m^2]
- t – teplota [$^{\circ}\text{C}$]
- T – teplota [K]
- ϕ – relativní vlhkost [%]
- x – měrná vlhkost vzduchu [kg/kg]
- λ – součinitel tepelné vodivosti [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]
- α – součinitel přestupu tepla [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]
- U – součinitel prostupu tepla [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]
- w – rychlost proudění [m/s]
- d – průměr potrubí [m]
- τ – čas [s]
- O – objem [m^3]
- v – měrný objem [m^3/kg]
- h – entalpie [J/kg]
- s – entropie [$\text{J/kg}\cdot\text{K}$]
- V – objemový průtok [m^3/h]
- M – hmotnost [kg]
- Q – výkon [W]
- P – příkon [W]
- l – délka [m]
- p – tlak [Pa]
- ρ – hustota [kg/m^3]
- q – tepelný tok [J/kg]
- ε – chladič faktor [-]
- a – měrná práce [J/kg]
- η – účinnost [%]

Indexy

- e – exteriér
- i – interiér
- o – vypařovací
- k – kondenzační
- Δ – rozdíl
- ch – chladicí
- ie – izoentropický
- iz – izolace
- cu – měď
- out – vnější prostředí
- in – uvnitř

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A VZTAHŮ

Obrázky

Obr. 1 Provedení výparníků [18] a – dvoustranný výfuk lamelovou plochou, b – jednostranný výfuk lamelovou plochou.....	16
Obr. 2 Přehled možné volby chladicího zařízení	17
Obr. 3 Typy kompresorů [2]: a) - polohermetický pístový, b) - oddělený pístový, c) - hermetický scroll kompresor	18
Obr. 4 Schéma zapojení sdruženého chladicího zařízení [43].....	19
Obr. 5 Schéma práce vzduchem chlazeného kondenzátoru [21]	20
Obr. 6 Kondenzační jednotka malého výkonu [21].....	20
Obr. 7 Kondenzační jednotka se vzduchem chlazeným kondenzátorem [31].....	21
Obr. 8 Kondenzační jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem [31]	21
Obr. 9 Schéma plynového tepelného čerpadla [28]	22
Obr. 10 Rozdíl mezi a) azeotropními a b) zeotropními chladivý	24
Obr. 11 Carnotův cyklus v T-s diagramu	27
Obr. 12 Schéma kompresorového chlazení	28
Obr. 13 Clausius-Rankinův cyklus v p-h diagramu	28
Obr. 14 Clausius-Rankinův cyklus v T-s diagramu	28
Obr. 15 Skutečný chladicí cyklus v diagramu log p-h [36].....	30
Obr. 16 Navržené výparníky [13]	56
Obr. 17 Sdružená kompresorová jednotka (R717) [35]	62
Obr. 18 Kompresor Frigopol pro chladivo R717 [35]	62
Obr. 19 Kompresor Bitzer pro chladivo R404A [2].....	64
Obr. 20 Sdružená kompresorová jednotka (R404A) [34]	64
Obr. 21 Sběrač chladiva pro chladivo [30]	66
Obr. 22 Návrh sběračů chladiva (R717) [30]	66
Obr. 23 Návrh sběrače chladiva [30]	66
Obr. 24 Návrh sběrače chladiva (R404A) [30].....	66
Obr. 25 Termostatický expanzní ventil Alco řady TCLE [39]	67
Obr. 26 Návrhový software expanzních ventilů [39]	67
Obr. 27 Návrh kondenzátoru [17]	71
Obr. 28 Schéma stavů chladiva v chladicím okruhu [36]	73
Obr. 29 Návrh dimenze potrubí pro úsek 3.1 pro chladivo R404A v softwaru Solkane [36]	78
Obr. 30 Výpočet tepelné izolace potrubí [38].....	82
Obr. 31 Poloha objektu – zdroj mapy.cz	108
Obr. 32 Měřené zařízení 1 – kompresorová jednotka	109
Obr. 33 Měřicí zařízení TESTO 570	110
Obr. 34 Průběh měření	111
Obr. 35 Měřené zařízení 2 - Plynové tepelné čerpadlo GHP Polo 100	111
Obr. 36 Schéma chladicího okruhu plynového tepelného čerpadla s měřicími snímači [23]... ..	112
Obr. 37 Pokles chladicího výkonu kompresoru Bitzer 6GE-34Y [2]	125

Tabulky

Tab. 1 Návrhové parametry exteriéru [33]	34
Tab. 2 Návrhové parametry chlazených místností v interiéru	34
Tab. 3 Výpočtové teploty sousedních nechlazených prostorů	35
Tab. 4 Součinitele přestupu tepla [43]	36
Tab. 5 Vypočítané hodnoty součinitele prostupu tepla	38
Tab. 6 Výpočet prostupu tepla stěnami do místnosti č. 5	38
Tab. 7 Prostup tepla do jednotlivých místností	39
Tab. 8 Teplo pro ochlazení zboží – místnost č. 5	40
Tab. 9 Teplo pro ochlazení zboží	41
Tab. 10 Výpočet tepla pro pokrytí výměny vzduchu v místnosti č. 5	42
Tab. 11 Teplo pro pokrytí výměny vzduchu	43
Tab. 12 Produkce tepla od lidí	44
Tab. 13 Produkce tepla od svítidel	45
Tab. 14 Teplo od ventilátorů – chladivo R717	46
Tab. 15 Teplo od ventilátorů – chladivo R404A	47
Tab. 16 Teplo od odtávacího zařízení – chladivo R717	48
Tab. 17 Teplo od odtávacího zařízení – chladivo R404A	49
Tab. 18 Procentuální navýšení celkové tepelné zátěže na provoz strojů	50
Tab. 19 Celková tepelná zátěž a potřeba chladicího výkonu – chladivo R717	52
Tab. 20 Celková tepelná zátěž a potřeba chladicího výkonu – chladivo R404A	53
Tab. 21 Výparné teploty a provedení výparníků v jednotlivých místnostech	55
Tab. 22 Parametry navrženého výparníku pro místnost č. 5 – chladivo R717 [17]	57
Tab. 23 Parametry navrženého výparníku pro místnost č. 5 – chladivo R404A [17]	58
Tab. 24 Seznam navržených výparníků – chladivo R717	59
Tab. 25 Seznam navržených výparníků – chladivo R404A	59
Tab. 26 Chladicí výkon pro jednotlivé okruhy – chladivo R717	60
Tab. 27 Chladicí výkon pro jednotlivé okruhy – chladivo R404A	61
Tab. 28 Vybrané parametry kompresorové jednotky pro okruh č. 3 (chladivo R717) [15]	62
Tab. 29 Navržené kompresorové jednotky pro chladivo R717	63
Tab. 30 Vybrané parametry kompresorové jednotky pro okruh č. 3 (chladivo R404A) [34][2] .	63
Tab. 31 Navržené kompresorové jednotky pro chladivo R404A	64
Tab. 32 Hmotnosti chladiv v jednotlivých okruzích	65
Tab. 33 Navržené sběrače chladiv	66
Tab. 34 Navržené expanzní termostatické ventily pro chladivo R404A	68
Tab. 35 Vstupní hodnoty pro návrh kondenzátoru – chladivo R717	69
Tab. 36 Parametry kondenzátoru pro chladicí okruh č. 3 (chladivo R717) [17]	69
Tab. 37 Navržené kondenzátory pro chladivo R717	70
Tab. 38 Vstupní hodnoty pro návrh kondenzátoru – chladivo R404A	70
Tab. 39 Parametry kondenzátoru pro chladicí okruh č. 3 (chladivo R404A) [17]	71
Tab. 40 Navržené kondenzátory pro chladivo R404A	72
Tab. 41 Doporučené rychlosti proudění chladiva pro různé typy potrubí [13]	74
Tab. 42 Hodnoty základních veličin při různých stavech chladiva pro okruh č. 1	76

Tab. 43 Návrh dimenzí a výpočet tlakové ztráty – okruh č. 1 (chladio R717)	77
Tab. 44 Návrh dimenzí a výpočet tlakové ztráty – okruh č. 1 (chladio R404A).....	79
Tab. 45 Navržené tloušťky izolace pro jednotlivá potrubí s chladičem R717	81
Tab. 46 Navržené tloušťky izolace pro jednotlivá potrubí s chladičem R404A.....	82
Tab. 47 Ceny potrubí a izolací – chladio R717.....	83
Tab. 48 Ceny potrubí a izolací – chladio R404A	84
Tab. 49 Celkové pořizovací náklady	84
Tab. 50 Celkové provozní náklady.....	85
Tab. 51 Hodnoty ODP a GWP srovnávaných chladiv [7]	86
Tab. 52 Hodnoty průtoku nouzového větrání strojovny chlazení.....	88
Tab. 53 Vybrané parametry přístroje Testo 570 [40].....	109
Tab. 54 Seznam tlakových snímačů na chladivovém okruhu GHP jednotky [23]	113
Tab. 55 Seznam teplotních snímačů na chladivovém okruhu GHP jednotky [23]	113
Tab. 56 Seznam teplotních snímačů na tepelném okruhu GHP jednotky [23]	114
Tab. 57 Souhrnné hodnoty - měření č. 1	117
Tab. 58 Souhrnné hodnoty - měření č. 2	117
Tab. 59 Hodnoty veličin charakteristických bodů chladicího cyklu – měření 1	118
Tab. 60 Hodnoty veličin charakteristických bodů chladicího cyklu – měření 2	120
Tab. 61 Tabulka vybraných vlastností měřených chladicích cyklů	124

Grafy

Graf 1 Tepelná zátěž od jednotlivých složek – chladio R717	54
Graf 2 Podíl složek tepelné zátěže celého objektu – chladio R717	54
Graf 3 Podíl složek tepelné zátěže celého objektu – chladio R404A.....	54
Graf 4 Chladicí okruh v p-h diagramu [36]	73
Graf 5 Chladicí cyklus okruhu č. 1 vyneseny v diagramu log p – h [32]	76
Graf 6 Srovnání pořizovacích cen chladicích zařízení pro varianty R717 a R404A.....	85
Graf 7 Srovnání nákladů na provoz chladicích zařízení pro varianty R717 a R404A.....	86
Graf 8 Průběh měřených veličin – měření kompresorové jednotky	115
Graf 9 Průběh měřených veličin – měření plynového tepelného čerpadla	116
Graf 10 Chladicího cyklus vyneseny v diagramu log p – h (měření č. 1) [36].....	119
Graf 11 Chladicího cyklus vyneseny v diagramu log p – h (měření č. 2) [27].....	121

Vztahy

(1) Měrný tepelný tok ve výparníku Carnotův cyklus	27
(2) Měrný tepelný tok v kondenzátoru Carnotův cyklus	27
(3) Měrná práce kompresoru Carnotův cyklus	27
(4) Chladicí faktor Carnotova cyklu	27
(5) Měrný tepelný tok ve výparníku	29
(6) Měrný tepelný tok v kondenzátoru	29
(7) Měrná práce kompresoru	29
(8) Chladicí faktor	29
(9) Izoentropická účinnost kompresoru	30
(10) Efektivita chladicího cyklu	30
(11) Prostup tepla	36
(12) Součinitel prostupu tepla	36
(13) Energie prošlá konstrukcemi	39
(14) Teplo pro ochlazení zboží	40
(15) Energie pro ochlazení zboží	40
(16) Teplo pro pokrytí výměny vzduchu	41
(17) Hustota vzduchu	41
(18) Entalpie vzduchu	42
(19) Měrná vlhkost vzduchu	42
(20) Parciální tlak vodní páry	42
(21) Absolutní teplota	42
(22) Teplo od lidí	43
(23) Teplo od osvětlení	44
(24) Teplo od ventilátorů	45
(25) Teplo od odtávacího zařízení	48
(26) Celková tepelná zátěž	50
(27) Potřebný chladicí výkon	51
(28) Vypařovací teplota	55
(29) Hmotnost chladiva	65
(30) Hmotnostní průtok	72
(31) Měrná chladivost	73
(32) Objemový průtok	73
(33) Průřez potrubí	74
(34) Tlaková ztráta	74
(35) Tlaková ztráta vlivem výšky hladiny	75
(36) Průtok nouzového větracího vzduchu	88
(37) Maximální energetický přínos	123

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

A. Výpočet součinitele prostupu tepla

B. Výpočet prostupu tepla

C. Ochlazení zboží

D. Výměna vzduchu

E. Návrh výparníků – R717

F. Návrh výparníků – R404A

G. Parametry kompresorových jednotek – R717

H. Parametry kompresorových jednotek – R404A

I. Parametry navržených kondenzátorů – R717

J. Parametry navržených kondenzátorů – R404A

K Dimenzování potrubí pro chladivo R717

K.1 Chladicí cyklus okruhu č. 2

K.2 Chladicí cyklus okruhu č. 3

K.3 Chladicí cyklus okruhu č. 4

K.4 Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát - okruh č. 2

K.5 Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát - okruh č. 3

K.6 Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát - okruh č. 4

L. Dimenzování potrubí pro chladivo R404A

L.1 Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát - okruh č. 2

L.2 Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát - okruh č. 3

L.3 Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát - okruh č. 4

M. Výkresová dokumentace

Výkres č. 1 – Půdorys 1.NP – R717

Výkres č. 2 – Půdorys 1.NP – R404A

Výkres č. 3 – Půdorys 2.NP – R717

Výkres č. 4 – Půdorys 2.NP – R404A

Výkres č. 5 – Půdorys střechy – R717

Výkres č. 6 – Půdorys střechy – R404A

Výkres č. 7 – Schéma potrubních tras – R717

Výkres č. 8 – Schéma potrubních tras – R404A

A. Výpočet součinitele prostupu tepla

Výpočet pro stěnu vnitřní tl. 60 mm

Skladba:

tl. 60 mm Polyuretanový panel $\lambda = 0,0224 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [39]

Výpočet:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{19} + \sum \frac{0,06}{0,0224} + \frac{1}{19}} = 0,359 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Výpočet pro stěnu vnitřní tl. 80 mm

Skladba:

tl. 80 mm Polyuretanový panel $\lambda = 0,0224 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [39]

Výpočet:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{19} + \sum \frac{0,08}{0,0224} + \frac{1}{19}} = 0,272 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Výpočet pro stěnu vnitřní tl. 200 mm

Skladba:

tl. 200 mm Polyuretanový panel $\lambda = 0,0224 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [39]

Výpočet:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{19} + \sum \frac{0,2}{0,0224} + \frac{1}{19}} = 0,111 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Výpočet pro stěnu vnější tl. 120 mm

Skladba:

tl. 120 mm Polyuretanový panel $\lambda = 0,0224 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [39]

Výpočet:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{29} + \sum \frac{0,12}{0,0224} + \frac{1}{19}} = 0,184 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Výpočet pro podlahu chladírny

Skladba:

tl. 50 mm Roznášecí betonová vrstva $\lambda = 1,36 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [6]

tl. 50 mm Polyuretanové desky $\lambda = 0,022 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [10]

tl. 100 mm Podkladní beton $\lambda = 1,36 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [39]

Výpočet:

$$U = \frac{1}{\sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\sum \left(\frac{0,05}{1,36} + \frac{0,05}{0,022} + \frac{0,1}{1,36} \right) + \frac{1}{19}} = 0,411 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Výpočet pro strop chladírny

Skladba:

tl. 100 mm Polyuretanový panel $\lambda = 0,0224 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [39]

tl. 250 mm Železobetonová stropní deska $\lambda = 1,74 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [6]

Výpočet:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{19} + \sum \left(\frac{0,10}{0,0224} + \frac{0,25}{1,74} \right) + \frac{1}{19}} = 0,212 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Výpočet pro strop mrazírny

Skladba:

tl. 200 mm Polyuretanový panel $\lambda = 0,0224 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [39]

tl. 250 mm Železobetonová stropní deska $\lambda = 1,74 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [6]

Výpočet:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{19} + \sum \left(\frac{0,20}{0,0224} + \frac{0,25}{1,74} \right) + \frac{1}{19}} = 0,109 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Výpočet pro stěnu PUR panel + zdivo 250

Skladba:

tl. 50 mm Polyuretanový panel $\lambda = 0,0224 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [39]

tl. 240 mm Cihelné tvárnice Porotherm $\lambda = 0,37 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [44]

tl. 10 mm Omítka vnitřní $\lambda = 0,45 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [6]

Výpočet:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{19} + \sum \left(\frac{0,05}{0,0224} + \frac{0,24}{0,37} + \frac{0,01}{0,45} \right) + \frac{1}{19}} = 0,329 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

B. Výpočet prostupu tepla

MÍSTNOST		2 Příjem masa			
teplota interiéru			$t_i =$	5	°C
světlá výška			s.v. =	4	m
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota sousedního prostoru $t_e [°C]$	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stěnou $Q_s [W]$
stěna vnější 120 mm	EXT	19,2	29	0,184	84,6
stěna vnitřní 80 mm	3	6,52	24	0,272	33,7
stěna vnitřní 80 mm	4	12,25	24	0,272	63,3
stěna vnitřní 80 mm	5	10,08	1	0,272	-11,0
stěna vnitřní 80 mm	6	14,4	1	0,272	-15,7
stěna vnitřní 80 mm	7	15,6	24	0,272	80,6
stěna vnitřní 80 mm	8	21,24	10	0,272	28,9
sekční vrata zateplená	EXT	6	29	0,510	73,4
provozní ocelové dveře	3	1,4	24	0,800	21,3
provozní ocelové dveře	4	1,6	24	0,800	24,3
okno	4	2,55	24	1,200	58,1
chladírenské dveře - posuvné	5	2,8	1	0,390	-4,4
chladírenské dveře - posuvné	6	2,8	1	0,390	-4,4
chladírenské dveře - posuvné	8	3,4	10	0,390	6,6
provozní ocelové dveře	7	1,6	24	0,800	24,3
strop	PŮDA	54,5	29	0,212	277,5
podlaha	ZEM	54,5	5	0,411	0,0
Celkem					741,43615

MÍSTNOST		6 Chladírna			
teplota interiéru			$t_i =$	1	°C
světlá výška			s.v. =	4	m
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota sousedního prostoru $t_e [°C]$	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stěnou $Q_s [W]$
stěna vnitřní 80 mm	21	25,36	10	0,272	62,1
stěna vnitřní 80 mm	5	37	1	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	2	14,4	5	0,272	15,7
stěna vnitřní 80 mm	8	24,64	10	0,272	60,3
chladírenské dveře - posuvné	2	2,8	5	0,390	4,4
chladírenské dveře - posuvné	21	2,8	10	0,390	9,8
strop	PŮDA	39,67	29	0,212	235,7
podlaha	ZEM	39,67	5	0,411	65,1
Celkem					453,08074

MÍSTNOST		8 Manipulační chodba			
teplota interiéru		$t_i =$	10	°C	
světla výška		s.v. =	4	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota souse-	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stě- nou $Q_s [W]$
			ního pro- storu $t_e [°C]$		
stěna vnitřní 80 mm	6	24,64	1	0,272	-60,3
stěna vnitřní 80 mm	2	21,24	5	0,272	-28,9
stěna vnitřní 80 mm	7	8,96	24	0,272	34,1
stěna vnitřní 80 mm	9	8,36	5	0,272	-11,4
stěna vnitřní 60 mm	10	5,88	10	0,359	0,0
stěna vnitřní 200 mm	16	20,2	1	0,111	-20,1
stěna vnitřní 80 mm	19	21	1	0,272	-51,4
chladírenské dveře - posuvné	2	3,4	5	0,390	-6,6
chladírenské dveře - posuvné	19	3,4	1	0,390	-11,9
chladírenské dveře - posuvné	16	3,4	1	0,390	-11,9
chladírenské dveře - posuvné	9	2,2	5	0,390	-4,3
polochladírenské dveře	10	3,4	10	0,800	0,0
strop	PŮDA	38,86	29	0,212	156,7
podlaha	ZEM	38,86	5	0,411	-79,8
Celkem					-95,89681

MÍSTNOST		9 Kosti - chlazený sklad			
teplota interiéru		$t_i =$	5	°C	
světla výška		s.v. =	3	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota souse-	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stě- nou $Q_s [W]$
			ního pro- storu $t_e [°C]$		
stěna vnější 120 mm	EXT	20,2	29	0,184	89,1
stěna vnitřní 80 mm	7	14,4	24	0,272	74,4
stěna vnitřní 80 mm	8	5,72	10	0,272	7,8
stěna vnitřní 80 mm	10	23,94	10	0,272	32,6
chladírenské dveře - otevíravé	EXT	4,4	29	0,390	41,2
chladírenské dveře - posuvné	8	2,2	10	0,390	4,3
strop	PŮDA	29,52	29	0,212	150,3
podlaha	ZEM	29,52	5	0,411	0,0
Celkem					399,60595

MÍSTNOST		10 Čisté přepravy			
teplota interiéru			$t_i =$	10	°C
světla výška			s.v. =	4	m
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota souse-	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stě- nou $Q_s [W]$
			ního pro- storu $t_e [°C]$		
stěna vnější 120 mm	EXT	89,925	29	0,184	313,9
stěna vnitřní 80 mm	9	43,89	5	0,272	-59,7
stěna vnitřní 60 mm	8	12,76	10	0,359	0,0
stěna vnitřní 200 mm	16	16,5	1	0,111	-16,4
stěna vnitřní 200 mm	17	74,8	-20	0,111	-248,4
stěna vnitřní 80 mm	18	17,605	24	0,272	67,0
stěna vnitřní 80 mm	11	30,2	24	0,272	115,0
chladírenské dveře - posuvné	18	2,8	9	0,390	-1,1
chladírenské dveře - posuvné	11	2,8	24	0,390	15,3
polochladírenské dveře	8	3,4	10	0,800	0,0
strop	PŮDA	108,07	29	0,212	435,7
podlaha	ZEM	108,07	5	0,411	-221,9
Celkem					399,36504

MÍSTNOST		14 Chladírna stěv			
teplota interiéru			$t_i =$	7	°C
světla výška			s.v. =	3	m
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota souse-	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stě- nou $Q_s [W]$
			ního pro- storu $t_e [°C]$		
stěna vnitřní 80 mm	11	7,02	24	0,184	21,9
stěna vnitřní 80 mm	12	8,01	24	0,184	25,0
stěna vnitřní 80 mm	13	8,01	24	0,184	25,0
stěna vnitřní 80 mm	15	5,02	24	0,184	15,7
chladírenské dveře - posuvné	15	2	24	0,390	13,3
strop	PŮDA	6,24	29	0,212	29,1
podlaha	ZEM	6,24	5	0,411	-5,1
Celkem					124,9

MÍSTNOST		16 Předmrazírna			
teplota interiéru			$t_i =$	1	°C
světla výška			s.v. =	4	m
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota souse-	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stě- nou $Q_s [W]$
			ního pro- storu $t_e [°C]$		
stěna vnitřní 200 mm	8	20,2	10	0,111	20,1
stěna vnitřní 200 mm	10	12	10	0,111	12,0
stěna vnitřní 200 mm	17	20,2	-20	0,111	-47,0
stěna vnitřní 200 mm	19	12	1	0,111	0,0
mrazírenské dveře	17	3,4	-20	0,240	-17,1
chladírenské dveře - posuvné	8	3,4	10	0,390	11,9
strop	PŮDA	17,7	29	0,212	105,2
podlaha	ZEM	17,7	5	0,411	29,1
Celkem					114,1

MÍSTNOST		17 Mrazírna masa			
teplota interiéru		$t_i =$	-20	°C	
světlná výška		s.v. =	4	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota sousedního prostoru $t_e [°C]$	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stěnou $Q_s [W]$
stěna vnitřní 200 mm	16	20,2	1	0,111	47,0
stěna vnitřní 200 mm	19	32	1	0,111	74,4
stěna vnitřní 200 mm	20	21,6	1	0,111	50,2
stěna vnitřní 200 mm	18	23,6	24	0,111	115,0
stěna vnitřní 200 mm	10	53,6	10	0,111	178,0
mrazírenské dveře	16	3,4	1	0,240	17,1
strop	PŮDA	78,5	29	0,109	419,1
podlaha	ZEM	78,5	5	0,212	416,8
Celkem					1317,6

MÍSTNOST		19 Výrobní chladírna			
teplota interiéru		$t_i =$	1	°C	
světlná výška		s.v. =	4	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota sousedního prostoru $t_e [°C]$	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stěnou $Q_s [W]$
stěna vnitřní 200 mm	16	12,52	1	0,111	0,0
stěna vnitřní 200 mm	17	32,48	-20	0,111	-75,5
stěna vnitřní 80 mm	20	44,04	1	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	25	8,88	10	0,272	21,7
stěna vnitřní 80 mm	24	33,16	10	0,272	81,2
stěna vnitřní 80 mm	21	19,32	10	0,272	47,3
stěna vnitřní 80 mm	8	21	10	0,272	51,4
chladírenské dveře - posuvné	21	3,4	10	0,390	11,9
chladírenské dveře - posuvné	8	3,4	10	0,390	11,9
chladírenské dveře - posuvné	24	3,4	10	0,390	11,9
chladírenské dveře - posuvné	20	3,4	1	0,390	0,0
strop	PŮDA	135,67	29	0,212	806,0
podlaha	ZEM	135,67	5	0,411	222,8
Celkem					1190,7

MÍSTNOST		20 Masírky + nastř. Masa			
teplota interiéru		$t_i =$	1	°C	
světla výška		s.v. =	4	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota sousedního prostoru	Součinitel prostupu tepla	Prostup tepla stěnou
			$t_e [°C]$	$U [W/m^2K]$	$Q_s [W]$
stěna vnitřní 200 mm	17	21,6	-20	0,111	-50,2
stěna vnitřní 80 mm	18	65,28	24	0,272	408,4
stěna vnitřní 80 mm	19	44,04	1	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	25	14,56	10	0,272	35,6
stěna vnitřní 80 mm	24,28,29	68	10	0,272	166,5
stěna vnitřní 80 mm	30	44,64	24	0,272	279,3
chladírenské dveře - posuvné	19	3,4	1	0,390	0,0
chladírenské dveře - posuvné	24,28,29	4	10	0,390	14,0
chladírenské dveře - posuvné	30	2,8	24	0,390	25,1
strop	PŮDA	257,27	29	0,212	1528,4
podlaha	ZEM	257,27	5	0,411	422,5
Celkem					2829,6

MÍSTNOST		21 Bourárna			
teplota interiéru		$t_i =$	10	°C	
světla výška		s.v. =	4	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota sousedního prostoru	Součinitel prostupu tepla	Prostup tepla stěnou
			$t_e [°C]$	$U [W/m^2K]$	$Q_s [W]$
stěna vnější 120 mm	EXT	28,12	29	0,1837	98,1
stěna vnitřní 80 mm	5	18,4	1	0,272	-45,0
stěna vnitřní 80 mm	6	25,36	1	0,272	-62,1
stěna vnitřní 80 mm	8	10,56	10	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	19	19,48	1	0,272	-47,7
stěna vnitřní 80 mm	24,28,29	48,2	10	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	46	8	3	0,272	-15,2
stěna vnitřní 80 mm	23	15,44	1	0,272	-37,8
stěna vnitřní 80 mm	22	12,8	1	0,272	-31,3
stěna vnitřní 80 mm	49	12,72	24	0,272	48,4
pur + zdivo 150	110	17,6	24	0,345	85,1
pur + zdivo 250	113	9,2	24	0,329	42,4
pur + zdivo 250	116	2,8	24	0,329	12,9
chladírenské dveře - posuvné	5	2,8	1	0,390	-9,8
chladírenské dveře - posuvné	6	2,8	1	0,390	-9,8
chladírenské dveře - posuvné	19	3,4	1	0,390	-11,9
chladírenské dveře - posuvné	24	3,4	10	0,390	0,0
provozní ocelové dveře	24	1,6	10	0,800	0,0
chladírenské dveře - posuvné	22	2,8	1	0,390	-9,8
provozní ocelové dveře	49	1,6	24	0,800	17,9
strop	PŮDA	197,29	29	0,212	795,3
podlaha	ZEM	197,29	5	0,411	-405,0
Celkem					414,7

MÍSTNOST		22 Expediční chladírna masa			
teplota interiéru		$t_i =$	1	°C	
světlá výška		s.v. =	4	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota sousedního prostoru $t_e [°C]$	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stěnou $Q_s [W]$
stěna vnitřní 80 mm	21	12,8	10	0,272	31,3
stěna vnitřní 80 mm	23	32,56	1	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	47	15,6	3	0,272	8,5
stěna vnitřní 80 mm	49	35,36	24	0,272	221,2
chladírenské dveře - posuvné	21	2,8	10	0,390	9,8
chladírenské dveře - posuvné	23	2,8	1	0,390	0,0
strop	PŮDA	34,47	29	0,212	204,8
podlaha	ZEM	34,47	5	0,411	56,6
Celkem					532,2

MÍSTNOST		23 expediční chladírna baleného masa			
teplota interiéru		$t_i =$	1	°C	
světlá výška		s.v. =	4	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota sousedního prostoru $t_e [°C]$	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stěnou $Q_s [W]$
stěna vnitřní 80 mm	21	15,44	10	0,272	37,8
stěna vnitřní 80 mm	22	32,56	1	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	47	12,04	3	0,272	6,5
stěna vnitřní 80 mm	46	35,36	3	0,272	19,2
chladírenské dveře - posuvné	22	2,8	1	0,390	0,0
chladírenské dveře - otevíravé	47	3,4	3	0,390	2,7
strop	PŮDA	34,12	29	0,212	202,7
podlaha	ZEM	34,12	5	0,411	56,0
Celkem					325,0

MÍSTNOST		24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr			
teplota interiéru		$t_i =$	10	°C	
světlá výška		s.v. =	4	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny	Teplota sousedního prostoru	Součinitel prostupu tepla	Prostup tepla stěnou
		S [m ²]	t_e [°C]	U [W/m ² K]	Q _s [W]
stěna vnitřní 80 mm	19	36,88	1	0,272	-90,3
stěna vnitřní 80 mm	20	72	1	0,272	-176,3
stěna vnitřní 80 mm	21	47,4	10	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	25	50,64	10	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	30	50,24	24	0,272	191,3
stěna vnitřní 80 mm	31	45,88	24	0,272	174,7
stěna vnitřní 80 mm	33	21,2	24	0,272	80,7
stěna vnitřní 80 mm	34	10,16	1	0,272	-24,9
stěna vnitřní 80 mm	46	47,36	3	0,272	-90,2
chladírenské dveře - posuvné	21	3,4	10	0,390	0,0
provozní ocelové dveře	21	1,6	10	0,800	0,0
chladírenské dveře - posuvné	25	4,8	10	0,390	0,0
chladírenské dveře - posuvné	31	3,4	24	0,390	18,6
chladírenské dveře - posuvné	33	2,8	24	0,390	15,3
chladírenské dveře - posuvné	34	2,8	1	0,390	-9,8
chladírenské dveře - posuvné	30	2,8	24	0,390	15,3
chladírenské dveře - posuvné	20	4	1	0,390	-14,0
strop	PŮDA	413,33	29	0,212	1666,2
podlaha	ZEM	413,33	5	0,411	-848,5
Celkem					908,2

MÍSTNOST		25 Chladárna zamíchané sur.			
teplota interiéru		$t_i =$	10	°C	
světlá výška		s.v. =	4	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny	Teplota sousedního prostoru	Součinitel prostupu tepla	Prostup tepla stěnou
		S [m ²]	t_e [°C]	U [W/m ² K]	Q _s [W]
stěna vnitřní 80 mm	24,28,29	50,64	10	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	19	9,2	1	0,272	-22,5
stěna vnitřní 80 mm	20	14,88	1	0,272	-36,4
chladírenské dveře - posuvné	24,28,29	4,8	10	0,390	0,0
strop	PŮDA	34,12	29	0,212	137,5
podlaha	ZEM	34,12	5	0,411	-70,0
Celkem					8,6

MÍSTNOST		34 Chladírna nar. šunky			
teplota interiéru		$t_i =$	1	°C	
světlá výška		s.v. =	4	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota sousedního prostoru $t_e [°C]$	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stěnou $Q_s [W]$
stěna vnitřní 80 mm	24,28,29	10,16	10	0,272	24,9
stěna vnitřní 80 mm	30	46,32	24	0,272	289,8
stěna vnitřní 80 mm	33	33,36	24	0,272	208,7
chladírenské dveře - posuvné	24,28,29	2,8	10	0,390	9,8
strop	PŮDA	27,02	29	0,212	160,5
podlaha	ZEM	27,02	5	0,411	44,4
Celkem					738,1

MÍSTNOST		35 Zchlazování			
teplota interiéru		$t_i =$	3	°C	
světlá výška		s.v. =	4	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota sousedního prostoru $t_e [°C]$	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stěnou $Q_s [W]$
stěna vnitřní 80 mm	46	40,48	3	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	31	46,48	24	0,272	265,5
stěna vnitřní 80 mm	30	46,08	24	0,272	263,2
stěna vnitřní 80mm	45	45,88	7	0,272	49,9
chladírenské dveře - posuvné	31	2,8	24	0,390	22,9
chladírenské dveře - posuvné	45	3,4	7	0,390	5,3
chladírenské dveře - posuvné	46	5,6	3	0,390	0,0
strop	PŮDA	141,93	29	0,212	782,9
podlaha	ZEM	141,93	5	0,411	116,5
Celkem					1506,3

MÍSTNOST		44 Balení nářezů			
teplota interiéru		$t_i =$	7	°C	
světlá výška		s.v. =	4	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota sousedního prostoru $t_e [°C]$	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stěnou $Q_s [W]$
stěna vnitřní 80 mm	45	105,12	7	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	30	22,4	24	0,272	103,6
stěna vnitřní 80 mm	40	105,12	24	0,272	486,1
stěna vnitřní 80 mm	55	3,6	24	0,272	16,6
stěna vnitřní 80 mm	54	20	7	0,272	0,0
provozní ocelové dveře	55	1,6	24	0,800	21,8
chladírenské dveře - otevíravé	30	2,8	24	0,390	18,6
strop	PŮDA	165,56	29	0,212	772,8
podlaha	ZEM	165,56	5	0,411	-135,9
Celkem					1283,5

MÍSTNOST		45 Balení, etiketování			
teplota interiéru			$t_i =$	7	°C
světlá výška			s.v. =	4	m
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota souse-	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stě- nou $Q_s [W]$
			ního pro- storu $t_e [°C]$		
stěna vnitřní 80 mm	35	43,68	3	0,272	-47,5
stěna vnitřní 80 mm	30	33,04	24	0,272	152,8
stěna vnitřní 80 mm	44	105,12	7	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	54	27,44	7	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	46	61,6	3	0,272	-67,0
chladírenské dveře - posuvné	30	2,8	24	0,390	18,6
chladírenské dveře - posuvné	35	5,6	3	0,390	-8,7
chladírenské dveře - posuvné	46	2,8	3	0,390	-4,4
strop	PŮDA	206,07	29	0,212	961,9
podlaha	ZEM	206,07	5	0,411	-169,2
Celkem					836,4

MÍSTNOST		46 Expediční chladírna mas. výroby			
teplota interiéru			$t_i =$	3	°C
světlá výška			s.v. =	4	m
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota souse-	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stě- nou $Q_s [W]$
			ního pro- storu $t_e [°C]$		
stěna vnitřní 80 mm	47	57,08	3	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	23	35,36	1	0,272	-19,2
stěna vnitřní 80 mm	21	8,32	10	0,272	15,8
stěna vnitřní 80 mm	24,28,29	47,36	10	0,272	90,2
stěna vnitřní 80 mm	31	43,28	24	0,272	247,2
stěna vnitřní 80 mm	35	42,68	3	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	45	61,6	7	0,272	67,0
chladírenské dveře - posuvné	47	3,4	3	0,390	0,0
chladírenské dveře - otevíravé	47	1,6	3	0,390	0,0
chladírenské dveře - posuvné	35	3,4	3	0,390	0,0
chladírenské dveře - posuvné	45	2,8	7	0,390	4,4
strop	PŮDA	340,2	29	0,212	1876,7
podlaha	ZEM	340,2	5	0,411	279,4
Celkem					2561,4

MÍSTNOST		47 Vychystávání			
teplota interiéru			$t_i =$	3	°C
světlná výška			s.v. =	4	m
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny S [m ²]	Teplota souse-	Součinitel prostupu tepla U [W/m ² K]	Prostup tepla stěnou Q_s [W]
			ního prostoru t_e [°C]		
stěna vnější 120 mm	50	57,48	24	0,184	221,7
stěna vnější 120 mm	51	1,76	24	0,184	6,8
stěna vnitřní 80 mm	48	19,34	24	0,272	110,5
stěna vnitřní 80 mm	49	4,08	24	0,272	23,3
stěna vnitřní 80 mm	22	15,6	1	0,272	-8,5
stěna vnitřní 80 mm	23	12,04	1	0,272	-6,5
stěna vnitřní 80 mm	46	57,08	3	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	54	55	7	0,272	59,8
stěna vnitřní 80 mm	53	3,2	10	0,272	6,1
stěna vnitřní 200 mm	52	22,12	-25	0,111	-68,6
stěna vnější 120 mm	EXT	24,88	29	0,184	118,8
chladírenské dveře - posuvné	50	12	24	0,390	98,3
chladírenské dveře - otevíravé	23	3,4	1	0,390	-2,7
mrazírenské dveře	52	3,4	-25	0,240	-22,8
provozní ocelové dveře	53	1,6	10	0,800	9,0
chladírenské dveře - posuvné	54	3,4	7	0,390	5,3
chladírenské dveře - otevíravé	46	1,6	3	0,390	0,0
chladírenské dveře - posuvné	46	3,4	3	0,390	0,0
provozní ocelové dveře	48	1,6	24	0,800	26,9
okno	48	4,5	24	1,200	113,4
provozní ocelové dveře	49	1,6	24	0,800	26,9
strop	PŮDA	227,35	29	0,212	1254,2
podlaha	ZEM	227,35	5	0,411	186,7
Celkem					2158,5

MÍSTNOST		50 Nakládka			
teplota interiéru			$t_i =$	5	°C
světlná výška			s.v. =	4	m
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny S [m ²]	Teplota souse-	Součinitel prostupu tepla U [W/m ² K]	Prostup tepla stěnou Q_s [W]
			ního prostoru t_e [°C]		
stěna vnější 120 mm	EXT	33,73	29	0,184	148,7
stěna vnitřní 80 mm	51	19,6	24	0,272	101,3
stěna vnější 120 mm	47	56,56	3	0,184	-20,8
sekční vrata zateplená	EXT	18,75	29	0,510	229,5
chladírenské dveře - posuvné	47	12	3	0,390	-9,4
provozní ocelové dveře	51	1,6	24	0,800	24,3
strop	PŮDA	54,5	29	0,212	277,5
podlaha	ZEM	54,5	5	0,411	0,0
Celkem					751,19835

MÍSTNOST		52 Mrazírna			
teplota interiéru		$t_i =$	-25	°C	
světla výška		s.v. =	4	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota sousedního prostoru $t_e [°C]$	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stěnou $Q_s [W]$
stěna vnější 200 mm	EXT	28,16	29	0,111	168,6
stěna vnitřní 200 mm	47	21,32	3	0,111	66,1
stěna vnitřní 200 mm	53	26	15	0,111	115,1
stěna vnitřní 200 mm	40	22,56	24	0,111	122,4
mrazírenské dveře	47	3,4	3	0,240	22,8
strop	PŮDA	39,6	29	0,109	233,0
podlaha	ZEM	39,6	5	0,212	252,3
Celkem					980,4
MÍSTNOST		53 Chodba			
teplota interiéru		$t_i =$	15	°C	
světla výška		s.v. =	3	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota sousedního prostoru $t_e [°C]$	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stěnou $Q_s [W]$
stěna vnitřní 80 mm	47	19,52	3	0,272	-63,7
stěna vnitřní 80 mm	54	19,34	7	0,272	-42,1
stěna vnitřní 80 mm	56	5,3	24	0,272	13,0
stěna vnitřní 80 mm	40	9,86	24	0,272	24,1
stěna vnitřní 200 mm	52	16,92	-25	0,111	-74,9
provozní ocelové dveře	47	1,6	3	0,800	-15,4
chladírenské dveře - posuvné	54	3,4	7	0,390	-10,6
chladírenské dveře - posuvné	56	1,6	24	0,390	5,6
chladírenské dveře - posuvné	40	3,4	24	0,390	11,9
strop	PŮDA	14,42	29	0,212	42,8
podlaha	ZEM	14,42	5	0,411	-59,2
Celkem					-168,4
MÍSTNOST		54 Kartonovány			
teplota interiéru		$t_i =$	7	°C	
světla výška		s.v. =	4	m	
Typ stěny	Sousedící místnost	Plocha stěny $S [m^2]$	Teplota sousedního prostoru $t_e [°C]$	Součinitel prostupu tepla $U [W/m^2K]$	Prostup tepla stěnou $Q_s [W]$
stěna vnitřní 80 mm	53	42,36	15	0,272	92,2
stěna vnitřní 80 mm	47	55	3	0,272	-59,8
stěna vnitřní 80 mm	45	27,44	7	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	44	19,68	7	0,272	0,0
stěna vnitřní 80 mm	55	14,4	24	0,272	66,6
stěna vnitřní 80 mm	56	9,6	24	0,272	44,4
chladírenské dveře - posuvné	47	3,4	3	0,390	-5,3
chladírenské dveře - posuvné	53	3,4	15	0,390	10,6
strop	PŮDA	61,86	29	0,212	288,7
podlaha	ZEM	61,86	5	0,411	-50,8
Celkem					386,6

C. Ochlazení zboží

MÍSTNOST 6 Chladírna				
rozdíl počáteční a koncové teploty zboží		$\Delta t =$	3	°C
čas chlazení		$\tau =$	14	h
Teplo pro ochlazení zboží	Typ zboží	Množství zboží	měrná tepelná kapacita zboží	Teplo pro ochlazení zboží
		m [kg]	c [kJ/kgK]	Q_z [W]
	vepřové maso	7000	2,27	945,8

MÍSTNOST 9 Kosti - chlazený sklad				
rozdíl počáteční a koncové teploty zboží		$\Delta t =$	3	°C
čas chlazení		$\tau =$	24	h
Teplo pro ochlazení zboží	Typ zboží	Množství zboží	měrná tepelná kapacita zboží	Teplo pro ochlazení zboží
		m [kg]	c [kJ/kgK]	Q_z [W]
	vepřové maso	3500	2,27	275,9

MÍSTNOST 19 Výrobní chladírna				
rozdíl počáteční a koncové teploty zboží		$\Delta t =$	3	°C
čas chlazení		$\tau =$	24	h
Teplo pro ochlazení zboží	Typ zboží	Množství zboží	měrná tepelná kapacita zboží	Teplo pro ochlazení zboží
		m [kg]	c [kJ/kgK]	Q_z [W]
	vepřové maso	19000	2,27	1497,6

MÍSTNOST 22 Expediční chladírna masa				
rozdíl počáteční a koncové teploty zboží		$\Delta t =$	6	°C
čas chlazení		$\tau =$	1	h
Teplo pro ochlazení zboží	Typ zboží	Množství zboží	měrná tepelná kapacita zboží	Teplo pro ochlazení zboží
		m [kg]	c [kJ/kgK]	Q_z [W]
	vepřové maso	830	2,27	3140,2

MÍSTNOST 23 expediční chladírna baleného masa				
rozdíl počáteční a koncové teploty zboží		$\Delta t =$	6	°C
čas chlazení		$\tau =$	1	h
Teplo pro ochlazení zboží	Typ zboží	Množství zboží	měrná tepelná kapacita zboží	Teplo pro ochlazení zboží
		m [kg]	c [kJ/kgK]	Q_z [W]
	vepřové maso	830	2,27	3140,2

MÍSTNOST 25 Chladírna zamíchané sur.				
rozdíl počáteční a koncové teploty zboží		$\Delta t =$	3	°C
čas chlazení		$\tau =$	1	h
Teplo pro ochlazení zboží	Typ zboží	Množství zboží	měrná tepelná kapacita zboží	Teplo pro ochlazení zboží
		m [kg]	c [kJ/kgK]	Q_z [W]
	vepřové maso	4200	2,27	7945,0

MÍSTNOST 34 Chladírna nar. šunky				
rozdíl počáteční a koncové teploty zboží		$\Delta t =$	3	°C
čas chlazení		$\tau =$	2	h
Teplo pro ochlazení zboží	Typ zboží	Množství zboží	měrná tepelná kapacita zboží	Teplo pro ochlazení zboží
		m [kg]	c [kJ/kgK]	Q_z [W]
	šunka	4800	2,65	5300,0

MÍSTNOST 35 Zchlazování				
rozdíl počáteční a koncové teploty zboží		$\Delta t =$	15	°C
čas chlazení		$\tau =$	3	h
Teplo pro ochlazení zboží	Typ zboží	Množství zboží	měrná tepelná kapacita zboží	Teplo pro ochlazení zboží
		m [kg]	c [kJ/kgK]	Q_z [W]
	salám	7200	3,72	37200,0

MÍSTNOST 46 Expediční chladírna mas. výroby				
rozdíl počáteční a koncové teploty zboží		$\Delta t =$	4	°C
čas chlazení		$\tau =$	1	h
Teplo pro ochlazení zboží	Typ zboží	Množství zboží	měrná tepelná kapacita zboží	Teplo pro ochlazení zboží
		m [kg]	c [kJ/kgK]	Q_z [W]
	salám	2500	3,72	10333,3

MÍSTNOST 17 Mrazírna masa				
rozdíl počáteční a koncové teploty zboží		$\Delta t =$	2	°C
čas chlazení		$\tau =$	24	h
Teplo pro dochlazení zboží	Typ zboží	Množství zboží	měrná tepelná kapacita zboží	Teplo pro ochlazení zboží
		m [kg]	c [kJ/kgK]	Q_z [W]
	vepřové maso	20000	1,34	620,37037

MÍSTNOST 52 Mrazírna masa				
rozdíl počáteční a koncové teploty zboží		$\Delta t =$	2	°C
čas chlazení		$\tau =$	24	h
Teplo pro dochlazení zboží	Typ zboží	Množství zboží	měrná tepelná kapacita zboží	Teplo pro ochlazení zboží
		m [kg]	c [kJ/kgK]	Q_z [W]
	vepřové maso	20000	1,34	620,37037

D. Výměna vzduchu

MÍSTNOST		2 Příjem masa					
objem chlazeného prostoru		$V =$	218,08	[m ³]			
teplota vzduchu v chlazeném prostoru		$t_i =$	5	[°C]			
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru		$\varphi_i =$	85%				
entalpie vzduchu		$h_i =$	16,9351	[kJ/kg]			
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	EXT	4,740	29	40%	1,12	55,67	44968,5
	3	4,740	24	50%	1,14	48,69	37491,7
	4	4,740	24	50%	1,14	48,69	37491,7
	5	4,740	1	85%	1,24	9,92	-9015,3
	6	4,740	1	85%	1,24	9,92	-9015,3
	7	4,740	24	50%	1,14	48,69	37491,7
	8	4,740	10	85%	1,20	26,94	12423,4
						Celkem	151836,4

MÍSTNOST		5 Chladírna					
objem chlazeného prostoru		$V =$	194,4	[m ³]			
teplota vzduchu v chlazeném prostoru		$t_i =$	1	[°C]			
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru		$\varphi_i =$	85%				
entalpie vzduchu		$h_i =$	9,9168	[kJ/kg]			
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	2	5,021	5	85%	1,22	16,94	8383,5
	21	5,021	10	85%	1,20	26,94	19955,3
						Celkem	28338,8

MÍSTNOST		6 Chladírna					
objem chlazeného prostoru		$V =$	158,76	[m ³]			
teplota vzduchu v chlazeném prostoru		$t_i =$	1	[°C]			
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru		$\varphi_i =$	85%				
entalpie vzduchu		$h_i =$	9,9168	[kJ/kg]			
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	2	5,556	5	85%	1,22	16,94	7576,1
	21	5,556	10	85%	1,20	26,94	18033,6
						Celkem	25609,7

MÍSTNOST 8 Manipulační chodba							
objem chlazeného prostoru				$V =$	153,52	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	10	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	26,9428	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	2	5,650	5	85%	1,22	16,94	-10623,3
	9	5,650	5	85%	1,22	16,94	-10623,3
	10	5,650	10	85%	1,20	26,94	0,0
	16	4,035	1	85%	1,24	9,92	-13107,1
	19	5,650	1	85%	1,24	9,92	-18350,0
	21	5,650	10	85%	1,20	26,94	0,0
						Celkem	-52703,7

MÍSTNOST 9 Kosti - chlazený sklad							
objem chlazeného prostoru				$V =$	87,21	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	5	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	16,9351	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	EXT	7,496	29	40%	1,12	55,67	28437,0
	8	7,496	10	85%	1,20	26,94	7856,2
						Celkem	36293,2

MÍSTNOST 10 Čisté přepravky							
objem chlazeného prostoru				$V =$	560,12	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	10	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	26,9428	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	8	2,958	10	85%	1,20	26,94	0,0
	11	2,958	24	50%	1,14	48,69	41146,2
	18	2,958	24	50%	1,14	48,69	41146,2
						Celkem	82292,3

MÍSTNOST 14 Chladírna střev							
objem chlazeného prostoru				$V =$	18,75	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	7	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	20,7548	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	15	16,166	24	50%	1,14	48,69	9670,7
						Celkem	9670,7

MÍSTNOST 16 Předmrazírna							
objem chlazeného prostoru				$V =$	70,8	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	1	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	9,9168	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	8	8,319	10	85%	1,20	26,94	12042,8
17	5,942	-20	85%	1,35	-18,53	-16135,6	
						Celkem	-4092,8

MÍSTNOST 17 Mrazírna masa							
objem chlazeného prostoru				$V =$	315,04	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	-20	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	-18,5338	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	16	3,944	1	85%	1,24	9,92	43925,1
						Celkem	43925,1

MÍSTNOST 19 Výrobní chladárna							
objem chlazeného prostoru				$V =$	542,72	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	1	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	9,9168	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	8	3,005	10	85%	1,20	26,94	33342,5
	21	3,005	10	85%	1,20	26,94	33342,5
	20	3,005	1	85%	1,24	9,92	0,0
	24	3,005	10	85%	1,20	26,94	33342,5
						Celkem	100027,6

MÍSTNOST 20 Masírky + nastř. Masa							
objem chlazeného prostoru				$V =$	1028,28	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	1	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	9,9168	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	19	2,183	1	85%	1,24	9,92	0,0
	24	2,183	10	85%	1,20	26,94	45895,1
	30	2,183	24	50%	1,14	48,69	99406,9
						Celkem	145302,0

MÍSTNOST 21 Bourárna							
objem chlazeného prostoru				$V =$	778,6	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	10	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	26,9428	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	5	2,509	1	85%	1,24	9,92	-41324,8
	6	2,509	1	85%	1,24	9,92	-41324,8
	8	2,509	10	85%	1,20	26,94	0,0
	19	2,509	1	85%	1,24	9,92	-41324,8
	24	2,509	10	85%	1,20	26,94	0,0
	22	2,509	1	85%	1,24	9,92	-41324,8
	49	2,509	24	50%	1,14	48,69	48511,7
						Celkem	-116787,5

MÍSTNOST 22 Expediční chladárna masa							
objem chlazeného prostoru					$V =$	137,92	[m ³]
teplota vzduchu v chlazeném prostoru					$t_i =$	1	[°C]
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru					$\varphi_i =$	85%	
entalpie vzduchu					$h_i =$	9,9168	[kJ/kg]
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	21	5,961	10	85%	1,20	26,94	16808,3
	23	5,961	1	85%	1,24	9,92	0,0
						Celkem	16808,3

MÍSTNOST 23 expediční chladárna baleného masa							
objem chlazeného prostoru					$V =$	134,4	[m ³]
teplota vzduchu v chlazeném prostoru					$t_i =$	1	[°C]
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru					$\varphi_i =$	85%	
entalpie vzduchu					$h_i =$	9,9168	[kJ/kg]
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	22	6,038	1	85%	1,24	9,92	0,0
	47	6,038	3	85%	1,23	13,33	3416,0
						Celkem	3416,0

MÍSTNOST 24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr							
objem chlazeného prostoru					$V =$	1689,36	[m ³]
teplota vzduchu v chlazeném prostoru					$t_i =$	10	[°C]
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru					$\varphi_i =$	85%	
entalpie vzduchu					$h_i =$	26,9428	[kJ/kg]
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	19	1,703	1	85%	1,24	9,92	-60871,6
	21	1,703	10	85%	1,20	26,94	0,0
	20	1,703	1	85%	1,24	9,92	-60871,6
	25	1,703	10	85%	1,20	26,94	0,0
	30	1,703	24	50%	1,14	48,69	71457,9
	31	1,703	24	50%	1,14	48,69	71457,9
	33	1,703	24	50%	1,14	48,69	71457,9
	34	1,703	1	85%	1,24	9,92	-60871,6
						Celkem	31758,9

MÍSTNOST 25 Chladírna zamíchané sur.							
objem chlazeného prostoru				$V =$	90,04	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	10	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	26,9428	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	24	7,377	10	85%	1,20	26,94	0,0
						Celkem	0,0

MÍSTNOST 34 Chladírna nar. šunky							
objem chlazeného prostoru				$V =$	108,08	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	1	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	9,9168	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	1	6,733	10	85%	1,20	26,94	14879,3
						Celkem	14879,3

MÍSTNOST 35 Zchlazování							
objem chlazeného prostoru				$V =$	562,6	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	3	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	13,3300	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	31	2,951	24	50%	1,14	48,69	67055,6
	45	2,951	7	85%	1,21	20,75	14973,6
	46	2,951	3	85%	1,23	13,33	0,0
						Celkem	82029,2

MÍSTNOST 44 Balení nářezů							
objem chlazeného prostoru				$V =$	662,24	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	7	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	20,7548	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	30	2,720	24	50%	1,14	48,69	57473,4
	55	2,720	24	50%	1,14	48,69	57473,4
						Celkem	114946,9

MÍSTNOST 45 Balení, etiketování							
objem chlazeného prostoru				$V =$	832,28	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	7	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	20,7548	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	30	2,426	24	50%	1,14	48,69	64430,9
	35	2,426	3	85%	1,23	13,33	-18490,7
46	2,426	3	85%	1,23	13,33	-18490,7	
						Celkem	27449,4

MÍSTNOST 46 Expediční chladárna mas. výroby							
objem chlazeného prostoru				$V =$	1358,24	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	3	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	13,3300	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	35	1,899	3	85%	1,23	13,33	0,0
	45	1,899	7	85%	1,21	20,75	23265,6
47	1,899	3	85%	1,23	13,33	0,0	
						Celkem	23265,6

MÍSTNOST 47 Vychystávání							
objem chlazeného prostoru				$V =$	905,68	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	3	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	13,3300	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	23	2,326	1	85%	1,24	9,92	-8935,1
	46	2,326	3	85%	1,23	13,33	0,0
	48	2,326	24	50%	1,14	48,69	85079,0
	49	2,326	24	50%	1,14	48,69	85079,0
	50	2,326	5	85%	1,22	16,94	9294,8
	51	2,326	24	50%	1,14	48,69	85079,0
	52	1,661	-25	85%	1,38	-24,18	-77636,8
	53	2,326	15	60%	1,18	31,72	45716,8
54	2,326	7	85%	1,21	20,75	18998,2	
						Celkem	242674,9

MÍSTNOST 50 Nakládka							
objem chlazeného prostoru				$V =$	286,16	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	5	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	16,9351	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	EXT	4,138	29	40%	1,12	55,67	51511,6
	47	4,138	3	85%	1,23	13,33	-5264,5
	51	4,138	24	50%	1,14	48,69	42946,9
						Celkem	89194,0

MÍSTNOST 52 Mrazárna							
objem chlazeného prostoru				$V =$	158,4	[m ³]	
teplota vzduchu v chlazeném prostoru				$t_i =$	-25	[°C]	
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru				$\varphi_i =$	85%		
entalpie vzduchu				$h_i =$	-24,1823	[kJ/kg]	
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	47	3,973	3	85%	1,23	13,33	29111,4
						Celkem	29111,4

MÍSTNOST 53 Chodba							
objem chlazeného prostoru					$V =$	36,66	[m ³]
teplota vzduchu v chlazeném prostoru					$t_i =$	15	[°C]
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru					$\varphi_i =$	60%	
entalpie vzduchu					$h_i =$	31,7191	[kJ/kg]
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	47	11,561	3	85%	1,23	13,33	-9611,6
	54	11,561	7	85%	1,21	20,75	-5644,5
	40	11,561	24	50%	1,14	48,69	8214,1
56	11,561	24	50%	1,14	48,69	8214,1	
						Celkem	1172,2

MÍSTNOST 54 Kartonování							
objem chlazeného prostoru					$V =$	250,08	[m ³]
teplota vzduchu v chlazeném prostoru					$t_i =$	7	[°C]
rel. vlhkost vzduchu v chlaz. prostoru					$\varphi_i =$	85%	
entalpie vzduchu					$h_i =$	20,7548	[kJ/kg]
Vnikající vzduch	Z místnosti	četnost výměny vzduchu	teplota vnikajícího vzduchu	relativní vlhkost	měrná hmotnost vzduchu	entalpie vzduchu	Teplo pro pokrytí výměny vzduchu
		n [1/den]	t_e [°C]	φ_e	ρ_e [kg/m ³]	h_e [kJ/kg]	Q_{vz} [kJ]
	47	4,426	3	50%	1,23	9,07	-15964,5
	53	4,426	15	60%	1,18	31,72	14323,5
						Celkem	-1640,9

E. Návrh výparníků - R717

MÍSTNOST	2 Příjem masa		
požadovaný výkon	Q =	4975,3	[W]
teplota v místnosti	$t_i =$	5	[°C]
teplota výparná	$t_v =$	-3	[°C]
NÁVRH			
Řada	DRS		
Model	31407 Low Speed		
Provedení	Dvoustranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	5,4	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 301	
Prostorová teplota	°C	5	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	7,1 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	2,9 (93,2%)	
Condensate	kg/h	2,87	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-3	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	17	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1220 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	80	
Objem	dm ³	5	
Cena netto za kus	CZK	96 824	
Lehké elektrické odtávání v bloku 2 x 0,63 W	CZK	4 182	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	101 006	

MÍSTNOST	6 Chladírna		
požadovaný výkon	Q =	4032	[W]
teplota v místnosti	t _i =	1	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	VRB		
Model	31407		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	6	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 505	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	2,6 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-0,6 (91,4%)	
Condensate	kg/h	2,73	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	17	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,4 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 530 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	56	
Objem	dm ³	4	
Cena netto za kus	CZK	68 774	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 2,68 kW	CZK	7 293	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	76 067	

MÍSTNOST	9 Kosti - chlazená sklad		
požadovaný výkon	Q =	2671	[W]
teplota v místnosti	t _i =	5	[°C]
teplota výparná	t _v =	-3	[°C]
NÁVRH			
Řada	VRB		
Model	31407		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	6,5	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 505	
Prostorová teplota	°C	5	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	6,7 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	3,3 (91,6%)	
Condensate	kg/h	3,37	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-3	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	17	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,4 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 530 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	56	
Objem	dm ³	4	
Cena netto za kus	CZK	68 774	
Lehké elektrické odtávání v bloku 1,52 kW	CZK	4 896	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	73 670	

MÍSTNOST	10 Čisté přepravky	
požadovaný výkon	Q =	3493,7 [W]
teplota v místnosti	t _i =	10 [°C]
teplota výparná	t _v =	2 [°C]
NÁVRH		
Řada	VRB	
Model	31407 Low Speed	
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou	
Výkon	kW	5,9
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 323
Prostorová teplota	°C	10
Teplota vzduchu na vstupu	°C	12,1 (85,0%)
Teplota vzduchu na výstupu	°C	7,9 (93,7%)
Condensate	kg/h	3,64
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh	
Vypařovací teplota	°C	2
Námraza	mm	0
Plocha	m ²	17
Blok	Nerez / Al	
Rozteč lamel	mm	7
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3
Opláštění	Pozink	
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003	
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,4 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]
Dofuk	m	14
Ventilátor(y)		
Počet ventilátoru	1	
Údaje pro 1 ventilátor:		
Průměr ventilátoru	mm	400
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13
Nominální proud	A	0,58
ErP Compliance	2015	
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50
Izolační třída	IP54	
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 530 x 620
Hmotnost (bez náplně)	kg	56
Objem	dm ³	4
Cena netto za kus	CZK	68 774
Slevový koeficient	1	
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	68 774

MÍSTNOST	14 Chladírna střev		
požadovaný výkon	Q =	1096	[W]
teplota v místnosti	t _i =	7	[°C]
teplota výparná	t _v =	-3	[°C]
NÁVRH			
Řada	VRB		
Model	31407		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	8,7	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 505	
Prostorová teplota	°C	7	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	9,2 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	4,9 (93,5%)	
Condensate	kg/h	4,88	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-3	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	17	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,4 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 530 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	56	
Objem	dm ³	4	
Cena netto za kus	CZK	68 774	
Lehké elektrické odtávání v bloku 1,52 kW	CZK	4 896	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	73 670	

MÍSTNOST	16 Předmrazírna		
požadovaný výkon	Q =	1143	[W]
teplota v místnosti	t _i =	1	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	VRB		
Model	31407		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	6	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 505	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	2,6 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-0,6 (91,4%)	
Condensate	kg/h	2,73	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	17	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,4 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 530 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	56	
Objem	dm ³	4	
Cena netto za kus	CZK	68 774	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 2,68 kW	CZK	7 293	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	76 067	

MÍSTNOST	17 Mrazírna masa		
požadovaný výkon	Q =	5440,5	[W]
teplota v místnosti	t _i =	-20	[°C]
teplota výparná	t _v =	-32	[°C]
NÁVRH			
Řada	VRB		
Model	31407		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	7,3	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 505	
Prostorová teplota	°C	-20	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	-17,5 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-22,5 (100,0%)	
Condensate	kg/h	0,82	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-32	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	17	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 33,7	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,4 @ 3,0	[+/- 2 dB(A)]
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360	[4p (D)]
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400	/50
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 530 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	56	
Objem	dm ³	4	
Cena netto za kus	CZK	68 774	
Intenzivní elektrické odtávání v bloku i ve vaně Celková 3,84 kW	CZK	9 792	
Ohřev límce ventilátoru (1 x 0,5 kW)	CZK	2 678	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	81 244	

MÍSTNOST	19 Výrobní chladírna		
požadovaný výkon	Q =	8303	[W]
teplota v místnosti	t _i =	1	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	DRS		
Model	31404 Low Speed		
Provedení	Dvoustranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	8,8	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 119	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	4,9 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-2,9 (99,5%)	
Condensate	kg/h	4,29	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	29	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1220 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	85	
Objem	dm ³	5	
Cena netto za kus	CZK	98 787	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 2,61 kW	CZK	6 987	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	105 774	

MÍSTNOST	20 Masírky + nastř. Masa		
požadovaný výkon	Q =	11987	[W]
teplota v místnosti	t _i =	1	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	DRS		
Model	61404 Low Speed		
Provedení	Dvoustranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	13,1	
Průtok vzduchu	m ³ /h	1 852	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	7,4 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-5,4 (100,0%)	
Condensate	kg/h	6,85	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	59	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 26,7	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	43,1 @ 4,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1520 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	118	
Objem	dm ³	9	
Cena netto za kus	CZK	121 431	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 3,88 kW	CZK	8 441	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	129 872	

MÍSTNOST	21 Bourárna		
požadovaný výkon	Q =	4450	[W]
teplota v místnosti	t _i =	10	[°C]
teplota výparná	t _v =	2	[°C]
NÁVRH			
Řada	DRS		
Model	31407 Low Speed		
Provedení	Dvoustranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	6	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 301	
Prostorová teplota	°C	10	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	12,2 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	7,9 (93,8%)	
Condensate	kg/h	3,68	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	2	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	17	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	43,2 @ 4,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1220 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	80	
Objem	dm ³	5	
Cena netto za kus	CZK	96 824	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	96 824	

MÍSTNOST	22 Expediční chladírna masa		
požadovaný výkon	Q =	7876	[W]
teplota v místnosti	t _i =	1	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	VRB		
Model	41407		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	7,9	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 415	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	3,2 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-1,2 (93,7%)	
Condensate	kg/h	3,65	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	22	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	51,2 @ 4,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 580 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	62	
Objem	dm ³	6	
Cena netto za kus	CZK	75 276	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 2,68 kW	CZK	7 293	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	82 569	

MÍSTNOST	23 Expediční chladírna baleného masa		
požadovaný výkon	Q =	7268	[W]
teplota v místnosti	t _i =	1	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	VRB		
Model	41407		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	7,9	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 415	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	3,2 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-1,2 (93,7%)	
Condensate	kg/h	3,65	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	22	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	51,2 @ 4,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 580 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	62	
Objem	dm ³	6	
Cena netto za kus	CZK	75 276	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 2,68 kW	CZK	7 293	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	82 569	

MÍSTNOST	24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr		
požadovaný výkon	Q =	8534	[W]
teplota v místnosti	t _i =	10	[°C]
teplota výparná	t _v =	2	[°C]
NÁVRH			
Řada	DRS		
Model	31404 Low Speed		
Provedení	Dvoustranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	10,6	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 119	
Prostorová teplota	°C	10	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	14,0 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	6,1 (99,5%)	
Condensate	kg/h	6,9	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	2	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	29	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1220 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	85	
Objem	dm ³	5	
Cena netto za kus	CZK	98 787	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	98 787	

MÍSTNOST	25 Chladírna zamíchané suroviny		
požadovaný výkon	Q =	13004	[W]
teplota v místnosti	t _i =	10	[°C]
teplota výparná	t _v =	2	[°C]
NÁVRH			
Řada	VRB		
Model	61407		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	13,5	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 234	
Prostorová teplota	°C	10	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	13,4 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	6,7 (97,8%)	
Condensate	kg/h	8,65	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	2	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	34	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 26,7	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 680 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	76	
Objem	dm ³	9	
Cena netto za kus	CZK	91 418	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	91 418	

MÍSTNOST	34 Chladírna nar. Šunky		
požadovaný výkon	Q =	11009	[W]
teplota v místnosti	t _i =	1	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	VRB		
Model	41404		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	12,7	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 985	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	5,0 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-2,9 (99,7%)	
Condensate	kg/h	6,22	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	38	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 26,7	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,4 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 580 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	69	
Objem	dm ³	6	
Cena netto za kus	CZK	72 420	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 2,68 kW	CZK	7 293	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	79 713	

MÍSTNOST	35 Zchlazování		
požadovaný výkon	Q =	66798	[W]
teplota v místnosti	t _i =	3	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	VRB		
Model	62454		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	67,7	
Průtok vzduchu	m ³ /h	9 426	
Prostorová teplota	°C	3	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	9,4 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-3,3 (100,0%)	
Condensate	kg/h	37,34	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	156	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	33,7 / 48,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	55,9 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	23,5	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	2		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	450	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1350 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,54	
Nominální proud	A	1,1	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	2056 x 760 x 720	
Hmotnost (bez náplně)	kg	199	
Objem	dm ³	22	
Cena netto za kus	CZK	142 800	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 6,59 kW	CZK	9 486	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	152 286	

MÍSTNOST	44 Balení nářezů		
požadovaný výkon	Q =	7129	[W]
teplota v místnosti	t _i =	7	[°C]
teplota výparná	t _v =	-3	[°C]
NÁVRH			
Řada	DRS		
Model	31407 Low Speed		
Provedení	Dvoustranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	7,2	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 301	
Prostorová teplota	°C	7	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	9,7 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	4,3 (95,6%)	
Condensate	kg/h	4,14	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-3	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	17	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1220 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	80	
Objem	dm ³	5	
Cena netto za kus	CZK	96 824	
Lehké elektrické odtávání v bloku 2 x 0,63 W	CZK	4 182	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	101 006	

MÍSTNOST	45 Balení, etiketování		
požadovaný výkon	Q =	5188	[W]
teplota v místnosti	t _i =	7	[°C]
teplota výparná	t _v =	-3	[°C]
NÁVRH			
Řada	DRS		
Model	31407 Low Speed		
Provedení	Dvoustranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	7,2	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 301	
Prostorová teplota	°C	7	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	9,7 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	4,3 (95,6%)	
Condensate	kg/h	4,14	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-3	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	17	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1220 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	80	
Objem	dm ³	5	
Cena netto za kus	CZK	96 824	
Lehké elektrické odtávání v bloku 2 x 0,63 W	CZK	4 182	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	101 006	

MÍSTNOST	46 Expediční chladírna mas. Výroby		
požadovaný výkon	Q =	27603,5	[W]
teplota v místnosti	t _i =	3	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	DRS		
Model	42404 Low Speed		
Provedení	Dvoustranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	28,5	
Průtok vzduchu	m ³ /h	4 035	
Prostorová teplota	°C	3	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	9,3 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-3,2 (100,0%)	
Condensate	kg/h	15,68	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	78	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 42,4	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	48,1 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 8	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	2		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1656 x 1320 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	154	
Objem	dm ³	11	
Cena netto za kus	CZK	128 393	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 4,47 kW	CZK	7 650	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	136 043	

MÍSTNOST	47 Vychystávání		
požadovaný výkon	Q =	12707	[W]
teplota v místnosti	t _i =	3	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	DRS		
Model	32407 Low Speed		
Provedení	Dvoustranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	13,3	
Průtok vzduchu	m ³ /h	4 599	
Prostorová teplota	°C	3	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	5,7 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	0,3 (94,9%)	
Condensate	kg/h	6,65	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	34	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 26,7	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	48,1 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 8	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	2		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1656 x 1220 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	126	
Objem	dm ³	8	
Cena netto za kus	CZK	114 036	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 4,47 kW	CZK	7 548	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	121 584	

MÍSTNOST	50 Nakládka		
požadovaný výkon	Q =	4219	[W]
teplota v místnosti	t _i =	5	[°C]
teplota výparná	t _v =	-3	[°C]
NÁVRH			
Řada	DRS		
Model	31407 Low Speed		
Provedení	Dvoustranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	5,4	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 301	
Prostorová teplota	°C	5	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	7,1 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	2,9 (93,2%)	
Condensate	kg/h	2,87	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-3	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	17	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1220 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	80	
Objem	dm ³	5	
Cena netto za kus	CZK	96 824	
Lehké elektrické odtávání v bloku 2 x 0,63 W	CZK	4 182	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	101 006	

MÍSTNOST	52 Mrazírna		
požadovaný výkon	Q =	4536	[W]
teplota v místnosti	t _i =	-25	[°C]
teplota výparná	t _v =	-32	[°C]
NÁVRH			
Řada	VRB		
Model	41407		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	4,9	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 415	
Prostorová teplota	°C	-25	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	-23,3 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-26,7 (95,7%)	
Condensate	kg/h	0,39	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-32	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	22	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 26,7	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,4 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 580 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	62	
Objem	dm ³	6	
Cena netto za kus	CZK	75 276	
Intenzivní elektrické odtávání v bloku i ve vaně Celková 3,84 kW	CZK	9 792	
Ohřev límce ventilátoru (1 x 0,5 kW)	CZK	2 678	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	87 746	

MÍSTNOST	54 Kartonování		
požadovaný výkon	Q =	1965	[W]
teplota v místnosti	t _i =	7	[°C]
teplota výparná	t _v =	-3	[°C]
NÁVRH			
Řada	VRB		
Model	31407		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	8,7	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 505	
Prostorová teplota	°C	7	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	9,2 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	4,9 (93,5%)	
Condensate	kg/h	4,88	
Chladivo	R-717 (NH3) nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-3	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	17	
Blok	Nerez / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	21,3 / 21,3	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,4 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 530 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	56	
Objem	dm ³	4	
Cena netto za kus	CZK	68 774	
Lehké elektrické odtávání v bloku 1,52 kW	CZK	4 896	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	73 670	

F. Návrh výparníků - R404A

MÍSTNOST	2 Příjem masa		
požadovaný výkon	Q =	4978	[W]
teplota v místnosti	t _i =	5	[°C]
teplota výparná	t _v =	-3	[°C]
NÁVRH			
Řada		DVS-p	
Model		41407 Low Speed	
Provedení		Dvoustranný výfuk lamelovou plochou	
Výkon	kW	6,2	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 252	
Prostorová teplota	°C	5	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	7,5 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	2,5 (94,5%)	
Condensate	kg/h	3,3	
Chladivo		R-404A nucený oběh	
Vypařovací teplota	°C	-3	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	23	
Blok		Cu / Al	
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 22	
Opláštění		Pozink	
Povrchová úprava opláštění		Bílý lak RAL 9003	
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru		1	
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance		2015	
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída		IP54	
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1320 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	90	
Objem	dm ³	6	
Cena netto za kus	CZK	75 225	
Lehké elektrické odtávání v bloku 1,27 kW	CZK	4 182	
Slevový koeficient		1	
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	79 407	

MÍSTNOST	6 Chladírna		
požadovaný výkon	Q =	3609	[W]
teplota v místnosti	t _i =	1	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada		FC38S-p	
Model		41304	
Provedení		Jednostranný výfuk z ventilátoru	
Výkon	kW	4,1	
Průtok vzduchu	m ³ /h	1 204	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	4,2 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-2,2 (97,6%)	
Condensate	kg/h	1,96	
Chladivo		R-404A nucený oběh	
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	11	
Blok		Cu / Al	
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 15	
Opláštění		Pozink	
Povrchová úprava opláštění		Bílý lak RAL 9003	
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	42,7 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru		1	
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	300	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1290 [4p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,09	
Nominální proud	A	0,39	
ErP Compliance		2015	
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída		IP44	
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	64	
Délka x hloubka x výška	mm	765 x 527 x 466	
Hmotnost (bez náplně)	kg	34	
Objem	dm ³	2	
Cena netto za kus	CZK	18 080	
Elektrické odtávání v bloku i ve vaně Celková 1,63 kW	CZK	4 284	
Slevový koeficient		1	
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	22 364	

MÍSTNOST	9 Kosti - chlazená sklad		
požadovaný výkon	Q =	2459	[W]
teplota v místnosti	t _i =	5	[°C]
teplota výparná	t _v =	-3	[°C]
NÁVRH			
Řada		FC38S-p	
Model		41254	
Provedení		Jednostranný výfuk lamelovou plochou	
Výkon	kW	2,7	
Průtok vzduchu	m ³ /h	632	
Prostorová teplota	°C	5	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	8,8 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	1,2 (98,2%)	
Condensate	kg/h	1,51	
Chladivo		R-404A nucený oběh	
Vypařovací teplota	°C	-3	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	7	
Blok		Cu / Al	
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 15	
Opláštění		Pozink	
Povrchová úprava opláštění		Bílý lak RAL 9003	
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	40,8 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru		1	
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	250	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1370 [4p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,05	
Nominální proud	A	0,24	
ErP Compliance		2015	
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída		IP44	
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	62	
Délka x hloubka x výška	mm	690 x 500 x 395	
Hmotnost (bez náplně)	kg	26	
Objem	dm ³	2	
Cena netto za kus	CZK	14 994	
Elektrické odtávání v bloku i ve vaně Celková 1,43 kW	CZK	3 468	
Slevový koeficient		1	
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	18 462	

MÍSTNOST	10 Čisté přepravky	
požadovaný výkon	Q =	3450 [W]
teplota v místnosti	t _i =	10 [°C]
teplota výparná	t _v =	2 [°C]
NÁVRH		
Řada	FC38S-p	
Model	61307	
Provedení	Jednostranný výfuk z ventilátoru	
Výkon	kW	4,7
Průtok vzduchu	m ³ /h	1 291
Prostorová teplota	°C	10
Teplota vzduchu na vstupu	°C	13,0 (85,0%)
Teplota vzduchu na výstupu	°C	7,1 (96,7%)
Condensate	kg/h	2,95
Chladivo	R-404A nucený oběh	
Vypařovací teplota	°C	2
Námraza	mm	0
Plocha	m ²	10
Blok	Cu / Al	
Rozteč lamel	mm	7
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 15
Opláštění	Pozink	
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003	
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	42,7 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]
Ventilátor(y)		
Počet ventilátoru	1	
Údaje pro 1 ventilátor:		
Průměr ventilátoru	mm	300
Otáčky ventilátoru	ot/min	1290 [4p (E)]
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,09
Nominální proud	A	0,39
ErP Compliance	2015	
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50
Izolační třída	IP44	
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	64
Délka x hloubka x výška	mm	765 x 527 x 467
Hmotnost (bez náplně)	kg	36
Objem	dm ³	4
Cena netto za kus	CZK	22 823
Slevový koeficient	1	
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	22 823

MÍSTNOST	14 Chladírna střev		
požadovaný výkon	Q =	873	[W]
teplota v místnosti	t _i =	7	[°C]
teplota výparná	t _v =	-3	[°C]
NÁVRH			
Řada	FC38S-p		
Model	41257		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	2,4	
Průtok vzduchu	m ³ /h	720	
Prostorová teplota	°C	7	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	9,8 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	4,2 (96,1%)	
Condensate	kg/h	1,35	
Chladivo	R-404A nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-3	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	4	
Blok	Cu / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 15	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	40,8 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	250	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1370 [4p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,05	
Nominální proud	A	0,24	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP44		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	62	
Délka x hloubka x výška	mm	690 x 500 x 395	
Hmotnost (bez náplně)	kg	25	
Objem	dm ³	2	
Cena netto za kus	CZK	14 357	
Elektrické odtávání v bloku i ve vaně Celková 1,43 kW	CZK	3 468	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	17 825	

MÍSTNOST	16 Předmrazárna		
požadovaný výkon	Q =	626	[W]
teplota v místnosti	t _i =	1	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada		FC38S-p	
Model		41257	
Provedení		Jednostranný výfuk lamelovou plochou	
Výkon	kW	1,6	
Průtok vzduchu	m ³ /h	720	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	3,1 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-1,1 (93,7%)	
Condensate	kg/h	0,74	
Chladivo		R-404A nucený oběh	
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	4	
Blok		Cu / Al	
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 15	
Opláštění		Pozink	
Povrchová úprava opláštění		Bílý lak RAL 9003	
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	40,8 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru		1	
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	250	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1370 [4p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,05	
Nominální proud	A	0,24	
ErP Compliance		2015	
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída		IP44	
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	62	
Délka x hloubka x výška	mm	690 x 500 x 395	
Hmotnost (bez náplně)	kg	25	
Objem	dm ³	2	
Cena netto za kus	CZK	14 357	
Elektrické odtávání v bloku i ve vaně Celková 1,43 kW	CZK	3 468	
Slevový koeficient		1	
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	17 825	

MÍSTNOST	17 Mrazírna masa		
požadovaný výkon	Q =	5440,5	[W]
teplota v místnosti	t _i =	-20	[°C]
teplota výparná	t _v =	-32	[°C]
NÁVRH			
Řada	VCI-p		
Model	31407		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	6	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 505	
Prostorová teplota	°C	-20	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	-17,9 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-22,1 (100,0%)	
Condensate	kg/h	0,66	
Chladivo	R-404A nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-32	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	17	
Blok	Cu / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 28	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,4 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)	1		
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 530 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	55	
Objem	dm ³	4	
Cena netto za kus	CZK	49 215	
Intenzivní elektrické odtávání v bloku i ve vaně Celková 3,84 kW	CZK	9 792	
Ohřev límce ventilátoru (1 x 0,5 kW)	CZK	2 678	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	61 685	

MÍSTNOST	19 Výrobní chladírna		
požadovaný výkon	Q =	8304	[W]
teplota v místnosti	t _i =	1	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	DVS-p		
Model	41404 Low Speed		
Provedení	Dvoustranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	9,3	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 021	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	5,3 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-3,3 (100,0%)	
Condensate	kg/h	4,59	
Chladivo	R-404A nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	39	
Blok	Cu / Al		
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 22	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1320 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	96	
Objem	dm ³	6	
Cena netto za kus	CZK	77 724	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 2,61 kW	CZK	6 987	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	84 711	

MÍSTNOST	20 Masírky + nastř. Masa		
požadovaný výkon	Q =	12240,5	[W]
teplota v místnosti	t _i =	1	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada		DVS-p	
Model		31454 Low Speed	
Provedení		Dvoustranný výfuk lamelovou plochou	
Výkon	kW	12,3	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 876	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	4,0 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-2,0 (96,8%)	
Condensate	kg/h	5,82	
Chladivo		R-404A nucený oběh	
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	46	
Blok		Cu / Al	
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	22 / 28	
Opláštění		Pozink	
Povrchová úprava opláštění		Bílý lak RAL 9003	
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	44,1 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 8,5	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru		1	
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	450	
Otáčky ventilátoru	ot/min	900 [6p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,18	
Nominální proud	A	0,5	
ErP Compliance		2015	
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída		IP54	
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	66	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 1270 x 590	
Hmotnost (bez náplně)	kg	114	
Objem	dm ³	7	
Cena netto za kus	CZK	84 813	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 4,60 kW	CZK	8 594	
Slevový koeficient		1	
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	93 407	

MÍSTNOST	21 Bourárna		
požadovaný výkon	Q =	4450	[W]
teplota v místnosti	t _i =	10	[°C]
teplota výparná	t _v =	2	[°C]
NÁVRH			
Řada		DVS-p	
Model		31407 Low Speed	
Provedení		Dvoustranný výfuk lamelovou plochou	
Výkon	kW	5,2	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 301	
Prostorová teplota	°C	10	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	11,9 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	8,1 (92,9%)	
Condensate	kg/h	3,2	
Chladivo		R-404A nucený oběh	
Vypařovací teplota	°C	2	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	17	
Blok		Cu / Al	
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 15	
Opláštění		Pozink	
Povrchová úprava opláštění		Bílý lak RAL 9003	
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru		1	
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance		2015	
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída		IP54	
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1220 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	80	
Objem	dm ³	5	
Cena netto za kus	CZK	71 961	
Slevový koeficient		1	
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	71 961	

MÍSTNOST	22 Expediční chladárna masa		
požadovaný výkon	Q =	7854	[W]
teplota v místnosti	t _i =	1	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	FC38S-p		
Model	42304		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	8,1	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 399	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	4,2 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-2,2 (97,6%)	
Condensate	kg/h	3,89	
Chladivo	R-404A nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	22	
Blok	Cu / Al		
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 22	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,5 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	2		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	300	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1290 [4p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,09	
Nominální proud	A	0,39	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP44		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	64	
Délka x hloubka x výška	mm	1210 x 495 x 466	
Hmotnost (bez náplně)	kg	50	
Objem	dm ³	4	
Cena netto za kus	CZK	33 099	
Elektrické odtávání v bloku i ve vaně Celková 2,80 kW	CZK	5 432	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	38 531	

MÍSTNOST	23 Expediční chladárna baleného masa		
požadovaný výkon	Q =	7268	[W]
teplota v místnosti	t _i =	1	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	VCI-p		
Model	41406		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	7,6	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 323	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	3,2 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-1,2 (93,8%)	
Condensate	kg/h	3,52	
Chladivo	R-404A nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	26	
Blok	Cu / Al		
Rozteč lamel	mm	6	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 22	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,4 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 580 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	62	
Objem	dm ³	6	
Cena netto za kus	CZK	51 357	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 2,68 kW	CZK	7 293	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	58 650	

MÍSTNOST	24,26,27 včetně 28,29 Míchárna, kutr		
požadovaný výkon	Q =	8534	[W]
teplota v místnosti	t _i =	10	[°C]
teplota výparná	t _v =	2	[°C]
NÁVRH			
Řada	DVS-p		
Model	31404 Low Speed		
Provedení	Dvoustranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	9,1	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 119	
Prostorová teplota	°C	10	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	13,5 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	6,6 (98,1%)	
Condensate	kg/h	5,83	
Chladivo	R-404A nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	2	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	29	
Blok	Cu / Al		
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	22 / 22	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1220 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	85	
Objem	dm ³	5	
Cena netto za kus	CZK	73 874	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	73 874	

MÍSTNOST	25 Chladírna zamíchané suroviny		
požadovaný výkon	Q =	13004	[W]
teplota v místnosti	t _i =	10	[°C]
teplota výparná	t _v =	2	[°C]
NÁVRH			
Řada	VCI-p		
Model	41404		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	13,2	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 985	
Prostorová teplota	°C	10	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	13,6 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	6,5 (98,5%)	
Condensate	kg/h	8,54	
Chladivo	R-404A nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	2	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	38	
Blok	Cu / Al		
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	22 / 22	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,4 @ 3,0	[+/- 2 dB(A)]
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 580 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	67	
Objem	dm ³	6	
Cena netto za kus	CZK	53 168	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	53 168	

MÍSTNOST	34 Chladírna nar. Šunky		
požadovaný výkon	Q =	11209	[W]
teplota v místnosti	t _i =	1	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	VCI-p		
Model	81407		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	12,3	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 065	
Prostorová teplota	°C	1	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	4,8 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-2,8 (99,4%)	
Condensate	kg/h	5,97	
Chladivo	R-404A nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	45	
Blok	Cu / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	22 / 28	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 780 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	86	
Objem	dm ³	12	
Cena netto za kus	CZK	63 801	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 3,44 kW	CZK	8 441	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	72 242	

MÍSTNOST	35 Zchlazování		
požadovaný výkon	Q =	67643	[W]
teplota v místnosti	t _i =	3	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	VCI-p		
Model	61634		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	75,6	
Průtok vzduchu	m ³ /h	12 318	
Prostorová teplota	°C	3	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	8,6 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-2,5 (100,0%)	
Condensate	kg/h	40,77	
Chladivo	R-404A nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	195	
Blok	Cu / Al		
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	42 / 54	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	63,6 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	32	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	630	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	1,5	
Nominální proud	A	2,7	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	86	
Délka x hloubka x výška	mm	1656 x 1010 x 1120	
Hmotnost (bez náplně)	kg	241	
Objem	dm ³	28	
Cena netto za kus	CZK	119 085	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 8,13 kW	CZK	11 832	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	130 917	

MÍSTNOST	44 Balení nářezů		
požadovaný výkon	Q =	7129	[W]
teplota v místnosti	t _i =	7	[°C]
teplota výparná	t _v =	-3	[°C]
NÁVRH			
Řada		DVS-p	
Model		41407 Low Speed	
Provedení		Dvoustranný výfuk lamelovou plochou	
Výkon	kW	8,3	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 252	
Prostorová teplota	°C	7	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	10,2 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	3,8 (97,3%)	
Condensate	kg/h	4,82	
Chladivo		R-404A nucený oběh	
Vypařovací teplota	°C	-3	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	23	
Blok		Cu / Al	
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 22	
Opláštění		Pozink	
Povrchová úprava opláštění		Bílý lak RAL 9003	
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru		1	
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance		2015	
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída		IP54	
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1320 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	90	
Objem	dm ³	6	
Cena netto za kus	CZK	75 225	
Lehké elektrické odtávání v bloku 2 x 0,63 W	CZK	4 182	
Slevový koeficient		1	
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	79 407	

MÍSTNOST	45 Balení, etiketování		
požadovaný výkon	Q =	5188	[W]
teplota v místnosti	t _i =	7	[°C]
teplota výparná	t _v =	-3	[°C]
NÁVRH			
Řada	DVS-p		
Model	31407 Low Speed		
Provedení	Dvoustranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	6,4	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 301	
Prostorová teplota	°C	7	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	9,4 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	4,6 (94,5%)	
Condensate	kg/h	3,62	
Chladivo	R-404A nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-3	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	17	
Blok	Cu / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 22	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1220 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	80	
Objem	dm ³	5	
Cena netto za kus	CZK	71 961	
Lehké elektrické odtávání v bloku 2 x 0,63 W	CZK	4 182	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	76 143	

MÍSTNOST	46 Expediční chladárna mas. Výroby		
požadovaný výkon	Q =	28123	[W]
teplota v místnosti	t _i =	3	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada	DVS-p		
Model	31564 Low Speed		
Provedení	Dvoustranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	29,1	
Průtok vzduchu	m ³ /h	6 571	
Prostorová teplota	°C	3	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	7,1 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-1,0 (100,0%)	
Condensate	kg/h	15,07	
Chladivo	R-404A nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	81	
Blok	Cu / Al		
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	28 / 35	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	50,9 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 10,5	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	560	
Otáčky ventilátoru	ot/min	870 [6p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,34	
Nominální proud	A	0,7	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída	IP54		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	73	
Délka x hloubka x výška	mm	1456 x 1380 x 705	
Hmotnost (bez náplně)	kg	164	
Objem	dm ³	12	
Cena netto za kus	CZK	101 388	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 6,04 kW	CZK	9 180	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	110 568	

MÍSTNOST	47 Vychystávání		
požadovaný výkon	Q =	12053	[W]
teplota v místnosti	t _i =	3	[°C]
teplota výparná	t _v =	-7	[°C]
NÁVRH			
Řada		DVS-p	
Model		41404 Low Speed	
Provedení		Dvoustranný výfuk lamelovou plochou	
Výkon	kW	12,6	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 021	
Prostorová teplota	°C	3	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	8,6 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-2,6 (100,0%)	
Condensate	kg/h	6,82	
Chladivo		R-404A nucený oběh	
Vypařovací teplota	°C	-7	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	39	
Blok		Cu / Al	
Rozteč lamel	mm	4	
Kapalina / Sací potrubí	mm	22 / 28	
Opláštění		Pozink	
Povrchová úprava opláštění		Bílý lak RAL 9003	
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru		1	
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance		2015	
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída		IP54	
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1320 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	96	
Objem	dm ³	6	
Cena netto za kus	CZK	77 724	
Lehké elektrické odtávání v bloku i ve vaně			
Celková 2,61 kW	CZK	6 987	
Slevový koeficient		1	
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	84 711	

MÍSTNOST	50 Nakládka		
požadovaný výkon	Q =	4219	[W]
teplota v místnosti	t _i =	5	[°C]
teplota výparná	t _v =	-3	[°C]
NÁVRH			
Řada		DVS-p	
Model		31407 Low Speed	
Provedení		Dvoustranný výfuk lamelovou plochou	
Výkon	kW	4,7	
Průtok vzduchu	m ³ /h	2 301	
Prostorová teplota	°C	5	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	6,9 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	3,1 (92,4%)	
Condensate	kg/h	2,46	
Chladivo		R-404A nucený oběh	
Vypařovací teplota	°C	-3	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	17	
Blok		Cu / Al	
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 15	
Opláštění		Pozink	
Povrchová úprava opláštění		Bílý lak RAL 9003	
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	45,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	2x 7	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru		1	
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	950 [6p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,13	
Nominální proud	A	0,58	
ErP Compliance		2015	
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída		IP54	
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	67	
Délka x hloubka x výška	mm	1056 x 1220 x 420	
Hmotnost (bez náplně)	kg	80	
Objem	dm ³	5	
Cena netto za kus	CZK	71 961	
Lehké elektrické odtávání v bloku 2 x 0,63 W	CZK	4 182	
Slevový koeficient		1	
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	76 143	

MÍSTNOST	52 Mrazírna		
požadovaný výkon	Q =	4736	[W]
teplota v místnosti	t _i =	-25	[°C]
teplota výparná	t _v =	-32	[°C]
NÁVRH			
Řada		VCI-p	
Model		61408	
Provedení		Jednostranný výfuk lamelovou plochou	
Výkon	kW	5,4	
Průtok vzduchu	m ³ /h	3 330	
Prostorová teplota	°C	-25	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	-23,0 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	-27,0 (97,1%)	
Condensate	kg/h	0,43	
Chladivo		R-404A nucený oběh	
Vypařovací teplota	°C	-32	
Námraza	mm	0,2	
Plocha	m ²	30	
Blok		Cu / Al	
Rozteč lamel	mm	8	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 28	
Opláštění		Pozink	
Povrchová úprava opláštění		Bílý lak RAL 9003	
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	53,3 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Dofuk	m	20	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru		1	
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	400	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1360 [4p (D)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,23	
Nominální proud	A	0,46	
ErP Compliance		2015	
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50	
Izolační třída		IP54	
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	75	
Délka x hloubka x výška	mm	1156 x 680 x 620	
Hmotnost (bez náplně)	kg	72	
Objem	dm ³	9	
Cena netto za kus	CZK	56 763	
Intenzivní elektrické odtávání v bloku i ve vaně Celková 4,60 kW	CZK	10 991	
Ohřev límce ventilátoru (1 x 0,5 kW)	CZK	2 678	
Slevový koeficient		1	
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	70 431	

MÍSTNOST	54 Kartonování		
požadovaný výkon	Q =	1742	[W]
teplota v místnosti	t _i =	7	[°C]
teplota výparná	t _v =	-3	[°C]
NÁVRH			
Řada	FC38S-p		
Model	41257		
Provedení	Jednostranný výfuk lamelovou plochou		
Výkon	kW	2,4	
Průtok vzduchu	m ³ /h	720	
Prostorová teplota	°C	7	
Teplota vzduchu na vstupu	°C	9,8 (85,0%)	
Teplota vzduchu na výstupu	°C	4,2 (96,1%)	
Condensate	kg/h	1,35	
Chladivo	R-404A nucený oběh		
Vypařovací teplota	°C	-3	
Námraza	mm	0	
Plocha	m ²	4	
Blok	Cu / Al		
Rozteč lamel	mm	7	
Kapalina / Sací potrubí	mm	15 / 15	
Opláštění	Pozink		
Povrchová úprava opláštění	Bílý lak RAL 9003		
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	40,8 @ 3,0 [+/- 2 dB(A)]	
Ventilátor(y)			
Počet ventilátoru	1		
Údaje pro 1 ventilátor:			
Průměr ventilátoru	mm	250	
Otáčky ventilátoru	ot/min	1370 [4p (E)]	
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,05	
Nominální proud	A	0,24	
ErP Compliance	2015		
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	1 x 230 /50	
Izolační třída	IP44		
Akustický výkon (LwA)	dB(A)	62	
Délka x hloubka x výška	mm	690 x 500 x 395	
Hmotnost (bez náplně)	kg	25	
Objem	dm ³	2	
Cena netto za kus	CZK	14 357	
Elektrické odtávání v bloku i ve vaně Celková 1,43 kW	CZK	3 468	
Slevový koeficient	1		
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	17 825	

G. Parametry kompresorových jednotek – chladivo R717

Okruh č. 1				
Návrhové parametry:				
Chladivo	R717			
Vypařovací teplota	-32	°C		
Kondenzační teplota	45	°C		
Přehřátí (sací plynu)	10	K		
Podchlazení kapaliny	2	K		
Navržené kompresory:				
Model kompresoru	OSNA5351-K (Bitzer)			
Počet kompresorů	1			
Parametry:	1 kompresor		celkem	
	OSNA5351-K			
Chladicí výkon	19,61	kW	19,61	kW
Výkon výparníků	19,61	kW	19,61	kW
Příkon	15,26	kW	15,26	kW
Výkon kondenzátoru	22,6	kW	22,6	kW
Sací potrubí	DN 50			
Výtlačné potrubí	DN 40			
Hmotnostní průtok	68	kg/h	68	kg/h
COP	1,29			
Cena	180000	Kč	320000	Kč

Okruh č. 2				
Návrhové parametry:				
Chladivo	R717			
Vypařovací teplota	-7	°C		
Kondenzační teplota	45	°C		
Přehřátí (sací plynu)	10	K		
Podchlazení kapaliny	2	K		
Navržené kompresory:				
Model kompresoru	63VS-4B (Dorin)			
Počet kompresorů	3			
Parametry:	1 kompresor		celkem	
	63VS-4B11			
Chladicí výkon	61,3	kW	183,9	kW
Výkon výparníků	59,85	kW	179,55	kW
Příkon	19,44	kW	58,32	kW
Výkon kondenzátoru	80,73	kW	242,19	kW
Sací potrubí	42	mm		
Výtlačné potrubí	28	mm		
Hmotnostní průtok	205,1	kg/h	615,3	kg/h
COP	3,08			
Cena	393795	Kč	1121400	Kč

Okruh č. 4				
Návrhové parametry:				
Chladivo	R717			
Vypařovací teplota	2	°C		
Kondenzační teplota	45	°C		
Přehřátí (sací plynu)	10	K		
Podchlazení kapaliny	2	K		
Navržené kompresory:				
Model kompresoru	7-ELEC-1.5 (Frigopol)			
Počet kompresorů	6			
Parametry:	1 kompresor		celkem	
	7-ELEC-1.5			
Chladicí výkon	5,5833	kW	33,4998	kW
Výkon výparníků	5,441	kW	32,646	kW
Příkon	1,645	kW	9,87	kW
Výkon kondenzátoru	7,227	kW	43,362	kW
Sací potrubí	18	mm		
Výtlačné potrubí	18	mm		
Vstupní proud	7,95	A	47,7	A
Hmotnostní průtok	0,005143	kg/s	0,030858	kg/s
COP	3,39			
Cena	50000	Kč	450000	Kč

H. Parametry kompresorových jednotek – chladivo R404A

Okruh č. 1				
Návrhové parametry:				
Chladivo	R404A			
Vypařovací teplota	-32	°C		
Kondenzační teplota	45	°C		
Přehřátí (sací plynu)	10	K		
Podchlazení kapaliny	2	K		
Navržené sdružené jednotky:				
Model jednotky	BPCU - L2 - 4TES-9Y			
Rozměry jednotky	1,4x1,2x1,3	m		
Sací potrubí	42	mm		
Výtlačné potrubí	22	mm		
Navržené kompresory:				
Model kompresoru	4TES-9Y			
Počet kompresorů	2		4	
Parametry:	1 kompresor		Celkem	
	4TES-9Y			
Chladicí výkon	5,73	kW	11,46	kW
Výkon výparníků	5,73	kW	11,46	kW
Příkon	5,01	kW	10,02	kW
Výkon kondenzátoru	10,73	kW	21,46	kW
Vstupní proud	9,443	A	18,886	A
Hmotnostní průtok	225	kg/h	450	kg/h
COP	1,14			
Cena	128558	Kč	357100	Kč

Okruh č. 2				
Návrhové parametry:				
Chladivo	R404A			
Vypařovací teplota	-7	°C		
Kondenzační teplota	45	°C		
Přehřátí (sací plynu)	10	K		
Podchlazení kapaliny	2	K		
Navržené sdružené jednotky:				
Model jednotky	BPCU – M4 – 4HE-25Y			
Rozměry jednotky	2,4x1,3x1,4	m		
Sací potrubí	76	mm		
Výtlačné potrubí	42	mm		
Navržené kompresory:				
Model kompresoru	4HE-25Y			
Počet kompresorů	4			
Parametry:	1 kompresor 4HE-25Y		celkem	
Chladicí výkon	41,1	kW	164,4	kW
Výkon výparníků	41,1	kW	164,4	kW
Příkon	17,04	kW	68,16	kW
Výkon kondenzátoru	58,2	kW	232,8	kW
Vstupní proud	29,9	A	119,6	A
Hmotnostní průtok	1388	kg/h	5552	kg/h
COP	2,41			
Cena	207336	Kč	979300	Kč

Okruh č. 4				
Návrhové parametry:				
Chladivo	R404A			
Vypařovací teplota	2	°C		
Kondenzační teplota	45	°C		
Přehřátí (sací plynu)	10	K		
Podchlazení kapaliny	2	K		
Navržené sdružené jednotky:				
Model jednotky	BPCU-M2-4EES-6Y			
Rozměry jednotky	1,2x0,9x1,3	m		
Sací potrubí	36	mm		
Výtlačné potrubí	22	mm		
Navržené kompresory:				
Model kompresoru	4EES-6Y			
Počet kompresorů	2		4	
Parametry:	1 kompresor 4EES-6Y		Celkem	
Chladicí výkon	18,18	kW	36,36	kW
Výkon výparníků	18,18	kW	36,36	kW
Příkon	6,01	kW	12,02	kW
Výkon kondenzátoru	24,2	kW	48,4	kW
Vstupní proud	10,36	A	20,72	A
Hmotnostní průtok	586	kg/h	1172	kg/h
COP	3,03			
Cena	79048	Kč	258000	Kč

I. Parametry navržených kondenzátorů – chladivo R717

Okruh č. 1		
Řada		INAL-S
Model		NF-MB101T2H-091P690
Provedení		Svislé proudění vzduchu
Výkon	kW	25,2
Průtok vzduchu	m ³ /h	16 920
Teplota vzduchu na vstupu	°C	35
Chladivo		R-717 (NH3)
Kondenzační teplota	°C	45
Plocha	m ²	75
Blok		Nerez / Al
Rozteč lamel	mm	2,30
Opláštění		Pozink
Povrchová úprava opláštění		Křemíková šed' RAL 7032
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	46,0 @ 10,0 [+/- 2 dB(A)]
Energetická třída		C
Ventilátor(y)		
Počet ventilátoru		1
Údaje pro 1 ventilátor:		
Průměr ventilátoru	mm	910
Otáčky ventilátoru	ot/min	690 [EC]
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,69
Nominální proud	A	3,2
ErP Compliance		2015
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50
Izolační třída		IP54
Délka x hloubka x výška	mm	1800 x 1130 x 1334
Hmotnost (bez náplně)	kg	236
Objem	dm ³	14
Cena netto za kus	CZK	111 996
Slevový koeficient		1
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	111996

Okruh č. 2		
Řada		INAL-S
Model		NF-PA105T4H-091E700
Provedení		Svislé proudění vzduchu
Výkon	kW	267,8
Průtok vzduchu	m ³ /h	97 920
Teplota vzduchu na vstupu	°C	35
Chladivo		R-717 (NH3)
Kondenzační teplota	°C	45
Plocha	m ²	1 202
Blok		Nerez / Al
Rozteč lamel	mm	2,3
Opláštění		Pozink
Povrchová úprava opláštění		Křemíková šed' RAL 7032
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	56,0 @ 10,0 [+/- 2 dB(A)]
Energetická třída		B
Ventilátor(y)		
Počet ventilátoru		5
Údaje pro 1 ventilátor:		
Průměr ventilátoru	mm	910
Otáčky ventilátoru	ot/min	700 [EC]
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,98
Nominální proud	A	3,5
ErP Compliance		2015
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50
Izolační třída		IP54
Délka x hloubka x výška	mm	6300 x 2260 x 1334
Hmotnost (bez náplně)	kg	1404
Objem	dm ³	188
Cena netto za kus	CZK	762 017
Slevový koeficient		1
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	762017

Okruh č. 4		
Řada		INAL-S
Model		NF-MB102T2H-091P630
Provedení		Svislé proudění vzduchu
Výkon	kW	47,9
Průtok vzduchu	m ³ /h	30 600
Teplota vzduchu na vstupu	°C	35
Chladivo		R-717 (NH3)
Kondenzační teplota	°C	45
Plocha	m ²	150
Blok		Nerez / Al
Rozteč lamel	mm	2,3
Opláštění		Pozink
Povrchová úprava opláštění		Křemíková šed' RAL 7032
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	46,0 @ 10,0 [+/- 2 dB(A)]
Energetická třída		C
Ventilátor(y)		
Počet ventilátoru		2
Údaje pro 1 ventilátor:		
Průměr ventilátoru	mm	910
Otáčky ventilátoru	ot/min	630 [EC]
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,54
Nominální proud	A	3,2
ErP Compliance		2015
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50
Izolační třída		IP54
Délka x hloubka x výška	mm	3300 x 1130 x 1334
Hmotnost (bez náplně)	kg	418
Objem	dm ³	26
Cena netto za kus	CZK	200 456
Slevový koeficient		1
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	200456

J. Parametry navržených kondenzátorů – chladivo R404A

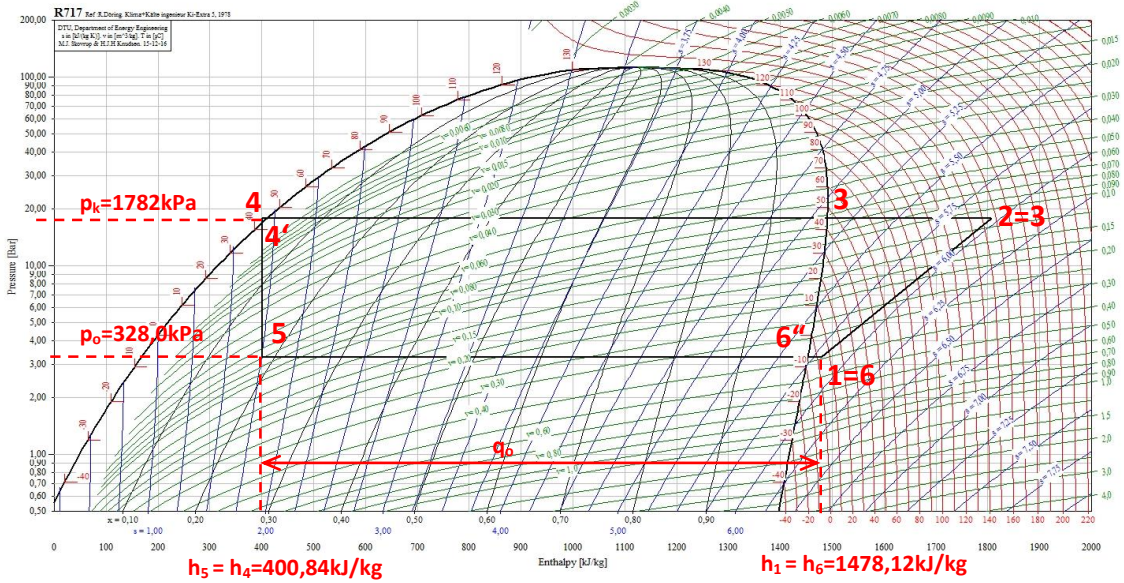
Okruh č. 1		
Řada		KOAL-S
Model		RF-MB101T2H-080N08D
Provedení		Svislé proudění vzduchu
Výkon	kW	24
Průtok vzduchu	m ³ /h	14 400
Teplota vzduchu na vstupu	°C	35
Chladivo		R-404a DX
Kondenzační teplota	°C	45
Plocha	m ²	75
Blok		Cu / Al
Rozteč lamel	mm	2,3
Opláštění		Pozink
Povrchová úprava opláštění		Křemíková šed' RAL 7032
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	43,0 @ 10,0 [+/- 2 dB(A)]
Energetická třída		C
Ventilátor(y)		
Počet ventilátoru		1
Údaje pro 1 ventilátor:		
Průměr ventilátoru	mm	800
Otáčky ventilátoru	ot/min	660
Příkon 1 ventilátoru	kW	0,8
Nominální proud	A	2,5
ErP Compliance		2015
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50
Izolační třída		IP54
Délka x hloubka x výška	mm	1823 x 1130 x 1333
Hmotnost (bez náplně)	kg	233
Objem	dm ³	14
Cena netto za kus	CZK	61 991
Slevový koeficient		1
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	61991

Okruh č. 2		
Řada		KOAL-S
Model		RF-PA105T3H-091H06S
Provedení		Svislé proudění vzduchu
Výkon	kW	256,4
Průtok vzduchu	m ³ /h	113 246
Teplota vzduchu na vstupu	°C	35
Chladivo		R-404a DX
Kondenzační teplota	°C	45
Plocha	m ²	901
Blok		Cu / Al
Rozteč lamel	mm	2,3
Opláštění		Pozink
Povrchová úprava opláštění		Křemíková šed' RAL 7032
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	58,0 @ 10,0 [+/- 2 dB(A)]
Energetická třída		C
Ventilátor(y)		
Počet ventilátoru		5
Údaje pro 1 ventilátor:		
Průměr ventilátoru	mm	910
Otáčky ventilátoru	ot/min	705
Příkon 1 ventilátoru	kW	1,75
Nominální proud	A	3,5
ErP Compliance		2015
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50
Izolační třída		IP54
Délka x hloubka x výška	mm	6323 x 2260 x 1333
Hmotnost (bez náplně)	kg	1249
Objem	dm ³	144
Cena netto za kus	CZK	405 935
Slevový koeficient		1
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	405935

Okruh č. 4		
Řada		KOAL-S
Model		RF-PA101T3H-091E865
Provedení		Svislé proudění vzduchu
Výkon	kW	53,1
Průtok vzduchu	m ³ /h	24 840
Teplota vzduchu na vstupu	°C	35
Chladivo		R-404a DX
Kondenzační teplota	°C	45
Plocha	m ²	180
Blok		Cu / Al
Rozteč lamel	mm	2,3
Opláštění		Pozink
Povrchová úprava opláštění		Křemíková šed' RAL 7032
Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	55,0 @ 10,0 [+/- 2 dB(A)]
Energetická třída		C
Ventilátor(y)		
Počet ventilátoru		1
Údaje pro 1 ventilátor:		
Průměr ventilátoru	mm	910
Otáčky ventilátoru	ot/min	865 [EC]
Příkon 1 ventilátoru	kW	1,7
Nominální proud	A	3,5
ErP Compliance		2015
Fáze - Napětí - Kmitočet	#-V-Hz	3 x 400 /50
Izolační třída		IP54
Délka x hloubka x výška	mm	1523 x 2260 x 1333
Hmotnost (bez náplně)	kg	340
Objem	dm ³	32
Cena netto za kus	CZK	117 785
Slevový koeficient		1
CENA PO SLEVĚ (za kus)	CZK	117785

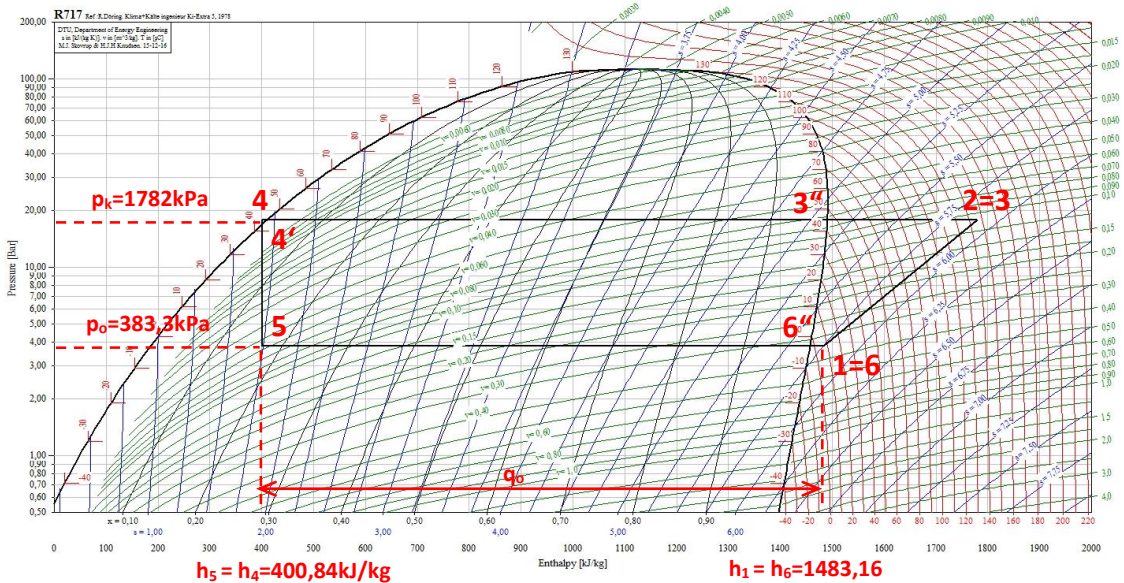
K. Dimenzování potrubí pro chladivo R717

K. 1 Chladicí cyklus okruhu č. 2



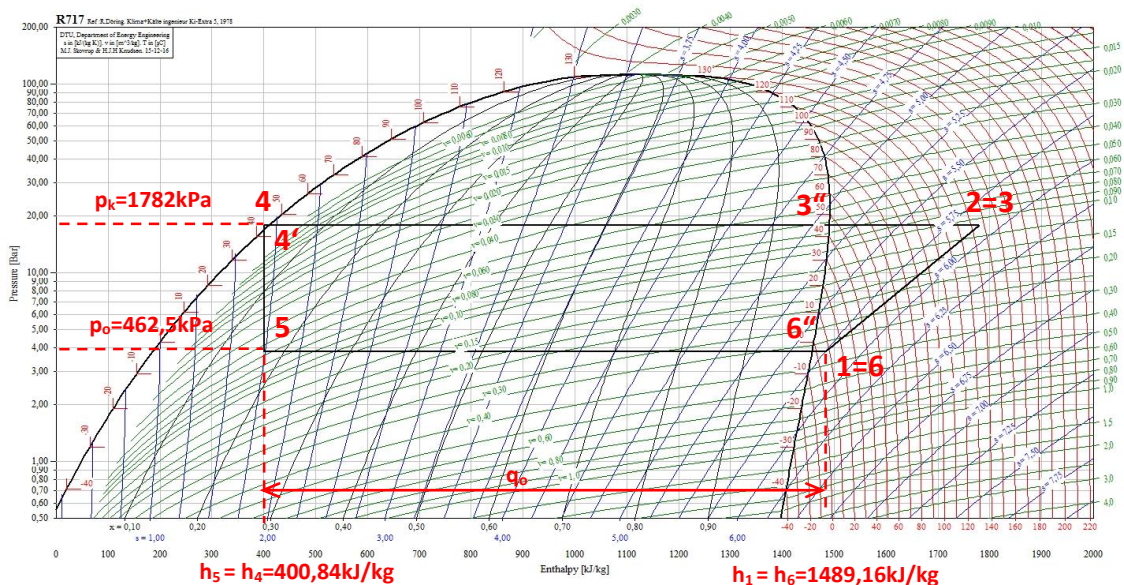
Stavy chladiva	Teplota	Tlak	Měrný objem	Entalpie
	t [°C]	p [kPa]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]
1=6	-3	328,0	0,390624	1478,12
2=3	156,909	1782	0,112355	1807,59
3''	45	1782	0,07284	1491,02
4'	45	1782	0,0017505	410,49
4	43	1782	0,0017443	400,838
5	-7	328,0	0,06872	400,838
6''	-7	328,0	0,37285	1452,85

K. 2 Chladicí cyklus okruhu č. 3



Stavy chladiwa	Teplota	Tlak	Měrný objem	Entalpie
	t [°C]	p [kPa]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]
1=6	7	383,3	0,337239	1483,16
2=3	145,941	1782	0,10893	1779,288
3''	45	1782	0,07284	1491,02
4'	45	1782	0,0017505	410,49
4	43	1782	0,0017443	400,838
5	-3	383,3	0,05566	400,838
6''	-3	383,3	0,32178	1457,40

K. 3 Chladicí cyklus okruhu č. 4



Stavy chladiwa	Teplota	Tlak	Měrný objem	Entalpie
	t [°C]	p [kPa]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]
1=6	12	462,5	0,282433	1489,162
2=3	133,098	1782	0,104856	1745,93
3''	45	1782	0,07284	1491,02
4'	45	1782	0,0017505	410,49
4	43	1782	0,0017443	400,838
5	2	462,5	0,04250	400,838
6''	2	462,5	0,26935	1462,76

K. 4 Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát – okruh č. 2

OKRUH č. 2		Výparná teplota		$t_o =$	-7	$^{\circ}\text{C}$	měrný objem chladiva - sání		$v_1 = v_6 =$	$0,39062$	m^3/kg	
		Kondenzační teplota		$t_k =$	45	$^{\circ}\text{C}$	měrný objem chladiva - kapalina		$v_4 =$	$0,00174$	m^3/kg	
		Přehřátí		$\Delta t_{pře} =$	10	K	měrný objem chladiva - výtlak		$v_2 = v_3 =$	$0,11236$	m^3/kg	
		Podchlazení		$\Delta t_{pod} =$	2	K	součinitel tření v potrubí		$\lambda =$	$0,03$		
		měrná chladivost		$q_o =$	$1077,3$	kJ/kg						
č. ú.	výparníky v místnostech	Výkon Q_o [kW]	Hmotnostní průtok m [kg/h]	Objemový průtok V [m ³ /h]	DN	vnitřní průměr potrubí d _i [m]	Rychlost w [m/s]	Měrná tlaková ztráta [Pa/m]	skutečná délka l_{skut} [m]	Místní odpory	Ekvivalentní délka l_{eq}	Tlaková ztráta
												Δp [Pa]
2.1	5	4,84	16,16	sací kapalinové	14x1	0,012	15,50	769,1	5,5	3xkolo, T-přímé, 2xsmyčka	2,2	5922,3
2.2	5+6	8,87	29,63	sací kapalinové	6x1 18x1	0,004 0,016	0,62 15,99	834,6 613,8	6,9	3xkolo, T-přímé T-odbočka	0,4	4924,1
2.3	5+6+16	10,01	33,45	sací kapalinové	8x1	0,006	0,51	369,6	6,6	T-odbočka	0,9	4787,5
2.4	5+6+16+19+20	30,30	101,26	sací kapalinové	18x1 8x1	0,016 0,006	18,05 0,57	782,2 471,0	6,6	T-přímé T-přímé	0,35 0,5	2679,5
2.5	5+6+16+19+20+22+23+47+46	85,76	286,58	sací kapalinové	34x1,5 20x1	0,031 0,018	14,56 0,55	262,5 142,3	38,6	2xkolo, T-přímé 2xkolo, T-přímé	2,5 0,55	10789,0
2.6	5+6+16+19+20+22+23+47+46+34+35	163,57	546,60	sací kapalinové	12x1 70x2	0,01 0,068	0,62 16,33	335,6 150,6	22,5	2xkolo, T-přímé 1xkolo, T-přímé	0,55 3,1	13138,4
2.7	5+6+16+19+20+22+23+47+46+34+35	163,57	546,60	výtlačné kondenzátů	20x1 38x1,5 30x1,5	0,025 0,035 0,027	0,54 17,73 0,46	100,1 1199,2 68,1	4,5	1xkolo, T-přímé 2xkolo, 2xsmyčka 3xkolo, 4xsmyčka 3xkolo	0,9 7,8 9,05 1,8	6047,8 3328,7 2605,6 1051,4 16249,3 429,3
2.1.1	6	4,03	13,47	sací kapalinové	12x1 6x1	0,01 0,004	18,61 0,52	1330,5 580,2	1	2xkolo, T-odbočka, 2xsmyčka 2xkolo, T-odbočka	1,45 0,4	3259,8 812,3
2.2.1	16	1,14	3,82	sací kapalinové	8x1 4x1	0,006 0,002	14,66 0,59	1375,4 1492,4	6,9	2xkolo, T-přímé, 2xsmyčka 2x kolo, T-přímé	1,05 0,3	10934,1 10745,2
2.3.1	20	11,99	40,06	sací kapalinové	20x1 8x1	0,018 0,006	17,08 0,69	622,5 675,4	16,1	2xkolo, T-přímé, 2xsmyčka 2x kolo, T-přímé	2,95 0,45	11857,7 11178,2
2.3.2	20+19	20,29	67,81	sací kapalinové	28x1,5 10x1	0,025 0,008	14,99 0,65	345,1 459,2	4	T-odbočka T-odbočka	1,6 0,6	1932,5 2112,5

č. ú.	výparníky v místnostech	Výkon Q _o [kW]	Hmotnostní průtok m [kg/h]	Objemový průtok potrubí	DN	vnitřní průměr potrubí d _i [m]	Rychlost w [m/s]	Měrná tlaková ztráta [Pa/m]	skutečná délka l _{skut} [m]	Místní odpory	Ekvivalentní délka		Tlaková ztráta Δp [Pa]
											l _{eq}	Δp [Pa]	
2.3.1.1	19	8,30	27,75	sací kapalinové	16x1 7x1	0,014 0,005	19,56 0,68	1049,3 806,4	1,6	1xkolo, T-odbočka, 2xsmýčka 1xkolo, T-odbočka	2 0,45	3777,6 1653,2	
2.4.1	23	7,27	24,29	sací kapalinové	16x1 6x1	0,014 0,004	17,12 0,94	804,1 1885,8	8	2xkolo, T-přímé, 2xsmýčka 2xkolo, T-přímé	2,4 0,3	8362,4 15652,4	
2.4.2	23+22	15,15	50,61	sací kapalinové	22x1 8x1	0,02 0,006	17,48 0,87	586,7 1078,1	4,6	T-odbočka T-odbočka	0,45 0,35	2962,8 5336,6	
2.4.3	23+22+47	27,85	93,08	sací kapalinové	30x1,5 12x1	0,027 0,01	17,64 0,57	442,5 283,5	7,5	T-přímé T-přímé	1 0,25	3761,4 2197,4	
2.4.4	23+22+47+46	55,46	185,32	sací kapalinové	45x2 16x1	0,041 0,014	15,23 0,58	217,3 209,0	6,2	T-odbočka T-odbočka	3 1,2	1998,9 1546,6	
2.4.1.1	22	7,88	26,32	sací kapalinové	16x1 7x1	0,014 0,005	18,55 0,65	944,1 725,5	4,5	1xkolo, T-odbočka, 2xsmýčka 1xkolo, T-odbočka	2,2 0,45	6325,4 3591,5	
2.4.2.1	47	12,71	42,47	sací kapalinové	20x1 8x1	0,018 0,006	18,11 0,73	699,5 759,0	11,3	2xkolo, T-odbočka, 2xsmýčka 2xkolo, T-odbočka	3,4 0,55	10282,8 8994,6	
2.4.3.1	46	27,60	92,24	sací kapalinové	30x1,5 12x1	0,027 0,01	17,48 0,57	601,1 278,5	1,8	2xkolo, T-odbočka, 2xsmýčka 2xkolo, T-odbočka	5,8 1	4568,6 779,8	
2.5.1	34	11,01	36,79	sací kapalinové	20x1 8x1	0,018 0,006	15,69 0,63	525,1 569,8	14,1	4xkolo, T-přímé, 2xsmýčka 4xkolo, T-přímé	3,55 0,75	9267,5 8460,8	
2.5.2	34+35	77,81	260,02	sací kapalinové	50x2 18x1	0,046 0,016	16,98 0,63	240,6 211,0	6,6	T-odbočka T-odbočka	3,9 1,4	2526,2 1688,2	
2.5.1.1	35	66,80	223,22	sací kapalinové	45x2 18x1	0,041 0,016	18,35 0,54	315,2 155,5	1,6	2xkolo, T-odbočka, 2xsmýčka 2xkolo, T-odbočka	8,8 2	3278,4 559,9	
Celková ztráta sacího potrubí:											5922+4787+5553+10789+6048+2606=	1,37	35705,9
Celková ztráta kapalinového potrubí:											3179+13138+3329+1051+429+10745-(p g h)=31872-(575-9,81-1,5)=	0	<2 K <35000 Pa
Celková ztráta výtláčného potrubí:											16249=	0,18	<30000 Pa

K. 5 Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát – okruh č. 3

OKRUH č. 3	Výparná teplota	$t_0 =$	-3	°C	měrný objem chladiva - sání	$v_1 = v_6 =$	0,33724	m^3/kg
	Kondenzační teplota	$t_k =$	45	°C	měrný objem chladiva - kapalina	$v_4 =$	0,00174	m^3/kg
	Přehřátí	$\Delta t_{pře} =$	10	K	měrný objem chladiva - výtlak	$v_2 = v_3 =$	0,10893	m^3/kg
	Podchlazení	$\Delta t_{pod} =$	2	K	součinitel tření v potrubí	$\lambda =$	0,03	
	měrná chladivost	$q_0 =$	1082,3	kJ/kg				

č. ú.	výparníky v místnostech	Výkon Q_0 [kW]	Hmotnostní průtok m [kg/h]	Objemový průtok potrubí	DN	vnitřní průměr potrubí d_i [m]	Rychlost w [m/s]	Měrná tlaková ztráta [Pa/m]	skutečná délka l_{skut} [m]	Místní odpory	Ekvivalentní délka l_{eq}	Tlaková ztráta Δp [Pa]
3.1	50	4,22	14,03	sací kapalinové	8x1	0,01	16,74	1246,3	24,8	3xkoleno, T-přímé, 2xsmyčka	1,2	32403,1
3.2	50+54	6,18	20,57	sací kapalinové	6x1	0,004	0,54	629,5	13,1	3xkoleno, T-přímé	0,45	15894,9
3.3	50+54+44	13,31	44,28	sací kapalinové	10x1	0,012	17,04	1076,1	1,4	T-přímé	0,2	14311,7
3.4	50+54+44+45	18,50	61,54	sací kapalinové	7x1	0,005	0,51	443,2		T-přímé	0,15	5872,1
3.5	50+54+44+45+14+2+9	27,25	90,62	sací kapalinové	20x1	0,018	16,30	656,7		T-přímé	0,55	1280,6
3.5	50+54+44+45+14+2+9	27,25	90,62	sací kapalinové	8x1	0,006	0,76	825,4		T-přímé	0,15	1279,4
3.1.1	54	1,97	6,54	sací kapalinové	22x1,0	0,02	18,35	748,9	34	3xkoleno, T-odbočka	2,4	27261,5
3.2.1	44	7,13	23,71	sací kapalinové	10x1	0,008	0,59	378,3	5,4	3xkoleno, T-odbočka	1,05	13259,3
3.3.1	45	5,19	17,26	sací kapalinové	28x1,5	0,025	17,29	532,1		2xkoleno, 2xsmyčka	3,4	4682,7
				výtláčné kondenzátmi	12x1	0,01	0,56	268,8		2xkoleno	0,3	1532,1
					16x1	0,014	17,81	3120,9	4,5	3xkoleno, 4xsmyčka	3	23407,1
					14x1	0,012	0,39	108,0		3xkoleno	0,6	550,9
3.1.1	54	1,97	6,54	sací kapalinové	9x1	0,007	15,91	1608,7	2,1	1xkoleno, T-odbočka, 2xsmyčka	1,05	5067,3
3.2.1	44	7,13	23,71	sací kapalinové	4x1	0,002	1,01	4370,1	2,3	1xkoleno, T-odbočka	0,3	10488,2
3.3.1	45	5,19	17,26	sací kapalinové	14x1	0,012	19,64	1430,1	3,4	1xkoleno, T-odbočka, 2xsmyčka	1,8	5863,3
					7x1	0,005	0,59	589,0		1xkoleno, T-odbočka	0,4	1590,2
					12x1	0,01	20,58	1884,6		1xkoleno, T-odbočka, 2xsmyčka	0,9	8103,7
					6x1	0,004	0,67	951,9		1xkoleno, T-odbočka	0,3	3522,1

č. ú.	výparníky v místnostech	Výkon		Hmotnostní průtok		Objemový průtok		DN	vnitřní průměr potrubí	Rychlost	Měrná tlaková ztráta		skutečná délka	Místní odpory		Ekvivalentní délka	Tlaková ztráta
		Q_o [kW]	m [kg/h]	V [m ³ /h]	w [m/s]	l_{skut} [m]	l_{eq}				Δp [Pa]						
3.4.1	2	4,98	16,55	5,581	0,01	19,74	1732,9	12x1	0,01	0,64	875,3	5,8	3xkolo, T-odbočka, 2xsmýčka	1,6	12823,7		
																sací kapalinové	6x1
3.4.2	2+9	7,65	25,43	8,577	0,014	15,48	761,1	16x1	0,014	0,63	677,5	30,7	T-přímé	0,4	23669,4		
																sací kapalinové	7x1
3.4.3	2+9+14	8,74	29,08	9,807	0,014	17,70	994,9	16x1	0,014	0,50	355,9	57,1	3xkolo, T-odbočka	1,4	58202,3		
																sací kapalinové	8x1
3.4.1.1	9	2,67	8,88	2,996	0,008	16,56	1524,4	10x1	0,008	0,61	1063,2	4,6	3xkolo, T-odbočka, 2xsmýčka	1,4	9146,5		
																sací kapalinové	5x1
3.4.2.1	14	1,10	3,65	1,230	0,005	17,39	2691,6	7x1	0,005	0,56	1359,6	1,7	1xkolo, T-odbočka, 2xsmýčka	0,7	6459,9		
																sací kapalinové	4x1
Celková ztráta sacího potrubí: $4683+12824+23669+58202=$													122785,1	4,9	<2 K		
Celková ztráta kapalinového potrubí: $1532,1+551+5515+21002+20608 \cdot (\rho \cdot g \cdot h) = 49207 \cdot (575 \cdot 9,81 \cdot 1,5) =$													40771,1	0,01	<35000 Pa		
Celková ztráta výfukového potrubí: $23407=$													23407,1	0,19	<30000 Pa		

K. 6 Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát – okruh č. 4

OKRUH č. 4	Výparná teplota Kondenzační teplota Přehřátí Podchlazení měrná chladivost	$t_o = 2$ °C $t_k = 45$ °C $\Delta t_{pře} = 10$ K $\Delta t_{pod} = 2$ K $q_o = 1088,3$ kJ/kg	měrný objem chladiva - sání měrný objem chladiva - kapalina měrný objem chladiva - výtlač	$v_1 = v_6 = 0,28243$ m ³ /kg $v_4 = 0,00174$ m ³ /kg $v_2 = v_3 = 0,10486$ m ³ /kg $\lambda = 0,03$
součinitel tření v potrubí				

č. ú.	výparníky v místnostech	Výkon Q_o [kW]	Hmotnostní průtok m [kg/h]	potrubí	Objemový průtok V [m ³ /h]	DN	vnitřní průměr potrubí d _i [m]	Rychlost w [m/s]	Měrná tlaková ztráta [Pa/m]	skutečná délka l _{skut} [m]	Místní odpory	Ekvivalentní délka		Tlaková ztráta Δp [Pa]
												leq		
4.1	21	4,45	14,72	sací kapalinové	4,158	12x1	0,01	14,71	1149,5	23,5	3xkolenno, T-odbočka, 2xsmyčka	1,5	28713,1	
4.2	21+24	12,98	42,95	sací kapalinové	12,131	18x1	0,016	16,76	932,4	5,2	1xkolenno, T-přímé	0,8	16624,8	
4.3	21+24+10+25	29,48	97,53	sací kapalinové	27,545	28x1,5	0,025	15,59	516,1	29	4xkolenno, 2xsmyčka	0,35	5594,3	
4.4	21+24+10+25	29,48	97,53	výtlačné kondenzátání	10,226	16x1	0,014	18,45	3479,4	4,5	3xkolenno, 4xsmyčka	0,6	4309,6	
					0,170	14x1	0,012	0,42	125,1		3xkolenno	0,6	17239,1	
													9214,4	
													26095,6	
													638,0	

4.1.1	24	8,53	28,23	sací kapalinové	7,973	14x1	0,012	19,58	1697,3	1	1xkolenno, T-přímé, 2xsmyčka	1,85	4837,2
					0,049	7x1	0,005	0,70	834,7		1xkolenno, T-přímé	0,25	1043,3

4.2.1	10	3,49	11,56	sací kapalinové	3,264	10x1	0,008	18,04	2160,0	23,1	2xkolenno, T-odbočka, 2xsmyčka	1,25	52595,2
4.2.2	10+25	16,50	54,57	sací kapalinové	15,414	20x1	0,018	16,83	835,3	10,6	T-odbočka	0,4	42273,1
					0,095	10x1	0,008	0,53	297,5		T-odbočka	1,15	9814,7
											T-odbočka	0,6	3331,8

4.2.1.1	25	13,00	43,02	sací kapalinové	12,150	18x1	0,016	16,79	935,2	5,5	1xkolenno, T-odbočka, 2xsmyčka	2,6	7575,3
					0,075	8x1	0,006	0,74	778,9		1xkolenno, T-odbočka	0,45	4634,3
													79648,9
													2,77
													<2 K
													<35000 Pa
													<30000 Pa

$9650+750+42723+3510 \cdot (p \cdot g \cdot h) = 55457 - (575 \cdot 9,81 \cdot 1,5) =$
 $17239 + 52595 + 9815 =$
 $26096 =$

L. Dimenzování potrubí pro chladivo R404A

L.1 Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát - okruh č. 2

OKRUH č. 2														
Výparná teplota $t_e = -7$ °C Kondenzační teplota $t_k = 45$ °C Přehřátí $\Delta t_{pře} = 10$ K Podchlazení $\Delta t_{pod} = 2$ K														
č. ú.	výparníky v místnostech	Výkon Q_e [kW]	Hmotnostní průtok m [g/s]	potrubí	DN	Rychlost w [m/s]	Měrná tlaková ztráta		Měrná skutečná ztráta R [K/m]	skutečná délka l_{skur} [m]	Místní odpory	Ekvivalentní délka l_{eq}	Ztráta teploty Δt [K]	Tlaková ztráta Δp [Pa]
							R [Pa/m]	R [K/m]						
2.1	5	4,84	45,062	sací kapalinové	18x1 12x1	9,8 0,6	1045 359	0,07 0,01	6	3xkolo, T-přímé, 2xsmyčka 3xkolo, T-přímé	2,98 0,7	0,6286 0,067	9384,1 2405,3	
2.2	5+6	8,44	78,579	kapalinové	16x1	0,54	193	0	7	T-odbočka	0,8	0	1505,4	
2.3	5+6+16	9,07	84,444	sací kapalinové	28x1,5 16x1	7,52 0,58	375 219	0,02 0	6,9	T-přímé T-přímé	0,6 0,4	0,15 0	2812,5 1598,7	
2.4	5+6+16+19+20	29,61	275,68	kapalinové	42x1,5	10,09	382	0,02	38,3	2xkolo, T-přímé 2xkolo, T-přímé	2,9 1,8	0,824 0	15738,4 4531,3	
2.5	5+6+16+19+20+22+23+47+46	84,91	790,57	kapalinové	64x2,0	12,23	329	0,02	22,6	1xkolo, T-přímé	3,6	0,524	8619,8	
2.6	6+16+19+20+22+23+47+46+34+31	163,77	1524,7	sací kapalinové	89x2,0 64x2,0	11,77 0,57	204 37	0,01 0	5,9	2xkolo, 2xsmyčka 2xkolo	9,5 2,4	0,154 0	3141,6 307,1	
2.7	6+16+19+20+22+23+47+46+34+31	163,77	1524,7	výtlačné kondenzát ní	54x2,0 76x2	8,29 0,4	713 15	0,01 0	4,5	3xkolo, 4xsmyčka 3xkolo	15,3 3,6	0,198 0	14117,4 121,5	
2.1.1	6	3,61	33,61	sací kapalinové	16x1,0 12x1,0	9,55 0,45	1169 212	0,07 0	1,1	2xkolo, T-odbočka, 2xsmyčka 2xkolo, T-odbočka	2,4 0,75	0,245 0	4091,5 392,2	
2.2.1	16	0,63	5,819	sací kapalinové	10x1,0 6x1,0	5,1 0,49	728 772	0,05 0,02	7,3	2xkolo, T-přímé, 2xsmyčka 2xkolo, T-přímé	1,2 0,3	0,425 0,152	6188 5867,2	
2.3.1	20	12,24	113,96	sací kapalinové	28x1,5 18x1,0	10,12 0,6	651 197	0,04 0	16,9	2xkolo, T-přímé, 2xsmyčka 2xkolo, T-přímé	4,2 1,1	0,844 0	13736,1 3546	
2.3.2	20+19	20,54	191,23	sací kapalinové	35x1,5 22x1,0	10,38 0,64	509 171	0,03 0	3,5	T-odbočka T-odbočka	2,2 1,2	0,171 0	2901,3 803,7	
2.3.1.1	19	8,30	77,275	sací kapalinové	22x1,0 16x1,0	10,76 0,53	952 187	0,06 0	1,6	1xkolo, T-odbočka, 2xsmyčka 1xkolo, T-odbočka	3,4 1	0,3 0	4760 486,2	

č. ú.	výparníky v místnostech	Výkon Q _o [kW]	Hmotnostní průtok m [g/s]	potrubí	DN	Rychlost w [m/s]	Měrná tlaková ztráta R [Pa/m]	Měrná ztráta R [K/m]	skutečná délka l _{skut} [m]	Místní odpory	Ekvivalentní délka l _{eq}	Ztráta teploty Δt [K]	Tlaková ztráta Δp [Pa]
2.4.1		7,27	67,667	sací kapalinové	22x1,0 15x1,0	9,42 0,54	744 211	0,05 0	8,1	2xkoleno, T-přímé, 2xsmyčka 2xkoleno, T-přímé	3,2 0,75	0,565 0	8407,2 1867,35
2.4.2		15,12	140,77	sací kapalinové	28x1,5 22x1,0	12,53 0,47	969 98	0,06 0	4,5	T-odbočka T-odbočka	1,6 1,2	0,366 0	5910,9 558,6
2.4.3		27,18	252,96	sací kapalinové	42x1,5 28x1,5	9,27 0,54	326 97	0,02 0	6,7	T-přímé T-přímé	1,4 0,8	0,162 0	2640,6 727,5
2.4.4		55,30	514,85	sací kapalinové	54x2,0 35x1,5	11,47 0,68	362 107	0,02 0	6,9	T-odbočka T-odbočka	3,9 2,2	0,216 0	3909,6 973,7
2.4.1.1		7,85	73,125	sací kapalinové	22x1,0 16x1,0	10,17 0,5	858 169	0,05 0	4,6	1xkoleno, T-odbočka, 2xsmyčka 1xkoleno, T-odbočka	3,4 1	0,4 0	6864 946,4
2.4.2.1		12,05	112,22	sací kapalinové	28x1,5 18x1,0	10,04 0,59	641 194	0,04 0	10,7	2xkoleno, T-odbočka, 2xsmyčka 2xkoleno, T-odbočka	5 1,5	0,628 0	10063,7 2366,8
2.4.3.1		28,12	261,83	sací kapalinové	42x1,5 28x1,5	9,58 0,56	346 103	0,02 0	1,8	2xkoleno, T-odbočka, 2xsmyčka 2xkoleno, T-odbočka	7,7 2,6	0,19 0	3287 453,2
2.5.1		11,21	104,36	sací kapalinové	28x1,5 18x1,0	9,29 0,55	555 169	0,03 0	14,7	4xkoleno, T-přímé, 2xsmyčka 4xkoleno, T-přímé	6 1,7	0,621 0	11488,5 2771,6
2.5.2		78,85	734,12	sací kapalinové	64x2 42x1,5	11,35 0,65	286 78	0,02 0	6,2	T-odbočka T-odbočka	4,7 2,8	0,218 0	3117,4 702
2.5.1.1		67,64	629,75	sací kapalinové	64x2,0 42x1,5	9,74 0,56	215 59	0,01 0	1,7	2xkoleno, T-odbočka, 2xsmyčka 2xkoleno, T-odbočka	14,1 4,3	0,158 0	3397 354
Celková ztráta sacího potrubí: 0,6286+0,492+0,15+0,824+0,524+0,154= Celková ztráta kapalinového potrubí: 0,067+0+0+0+0+0= Celková ztráta výtlačného potrubí: 0,198=													
<2K <35000Pa <30000Pa													

L. 2 Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát – okruh č. 3

OKRUH Č. 3													
Výparná teplota $t_o = -3$ °C Kondenzační teplota $t_k = 45$ °C Přehřátí $\Delta t_{pře} = 10$ K Podchlazení $\Delta t_{pod} = 2$ K													
č. ú.	výparníky v místnostech	Výkon Q_o [kW]	Hmotnostní průtok m [g/s]	potrubí	DN	Rychlost w [m/s]	Měrná tlaková ztráta R [Pa/m]	Měrná ztráta R [K/m]	skutečná délka l_{skut} [m]	Místní odpory	Ekvivalentní délka l_{eq}	Ztráta teploty Δt [K]	Tlaková ztráta Δp [Pa]
3.1	50	4,22	38,389	sací kapalinové	18x1,0	7,35	687	0,04	24,8	3xkolenno, T-přímé, 2xsmyčka 3xkolenno, T-přímé	2,8	1,104	18961,2
3.2	50+54	5,96	54,346	sací kapalinové	22x1,0	6,64	436	0,02	13,1	T-přímé	0,5	0,272	5929,6
3.3	50+54+44	13,09	119,36	sací kapalinové	28x1,5	9,34	629	0,04	1,4	T-přímé	0,8	0,088	1383,8
3.4	50+54+44+45	18,28	166,69	sací kapalinové	35x1,5	7,97	349	0,02	34	T-přímé	0,5	0	410,4
3.5	50+54+44+45+14+2+9	26,59	242,45	sací kapalinové	22x1,0	0,56	134	0	34	3xkolenno, T-odbočka 3xkolenno, T-odbočka	4,3	0,766	13366,7
3.5	50+54+44+45+14+2+9	26,59	242,45	sací výtláčné kondenzátní	35x1,5	11,58	701	0,04	5,4	2xkolenno, 2xsmyčka	4,8	0,408	7150,2
3.1.1	54	1,74	15,884	sací kapalinové	12x1,0	7,76	1337	0,08	2,1	3xkolenno, 4xsmyčka 3xkolenno	1,5	0	162
3.2.1	44	7,13	65,006	sací kapalinové	18x1,0	12,42	1823	0,1	2,3	1xkolenno, T-odbočka, 2xsmyčka 1xkolenno, T-odbočka	2,6	0,49	8932,7
3.3.1	45	5,19	47,307	sací kapalinové	18x1,0	9,04	1008	0,06	3,4	1xkolenno, T-odbočka, 2xsmyčka 1xkolenno, T-odbočka	2,6	0,36	6048
					12x1,0	0,64	392	0,01			0,6	0,04	1568

č. ú.	výparníky v místnostech	Výkon		Hmotnostní průtok		potrubí	DN	Rychlost w [m/s]	Měrná tlaková ztráta		Měrná ztráta R [K/m]	skutečná délka		Místní odpory	Ekvivalentní délka l _{eq}	Ztráta teploty Δt [K]	Tlaková ztráta Δp [Pa]	
		Q _o [kW]		m [g/s]					Dxt	l _{sp} [m]		l _{kur} [m]	Δp [Pa/m]					R [K/m]
3.4.1	2	4,98		45,391		sací kapalinové	18x1,0 12x1,0	8,67 0,61	933 364	0,05 0,01		5,8	3xkoleno, T-odbočka, 2xsmyčka 3xkoleno, T-odbočka	3,2 0,9	0,45 0,067	8397 2438,8		
3.4.2	2+9	7,44		67,81		sací kapalinové	22x1,0 15x1,0	8,29 0,54	658 211	0,04 0		30,7	T-přímé T-přímé	0,6 0,35	1,252 0	20595,4 6551,55		
3.4.3	2+9+14	8,31		75,765		sací kapalinové	28x1,5 16x1,0	5,93 0,52	270 181	0,02 0		57,1	3xkoleno, T-odbočka 3xkoleno, T-odbočka	3,1 1,4	1,204 0	16254 10588,5		
3.4.1.1	9	2,46		22,418		sací kapalinové	15x1,0 10x1,0	6,49 0,47	701 301	0,04 0,01		4,6	3xkoleno, T-odbočka, 2xsmyčka 3xkoleno, T-odbočka	2,25 0,8	0,274 0,054	4801,85 1625,4		
3.4.2.1	14	0,87		7,963		sací kapalinové	8x1,0 6x1,0	10,77 0,67	4568 1322	0,26 0,03		1,7	1xkoleno, T-odbočka, 2xsmyčka 1xkoleno, T-odbočka	0,65	0,611 0,051	10734,8 2247,4		
		Celková ztráta sacího potrubí: 1,104+0,272+0,088+0,766+0,408=																
		Celková ztráta kapalinového potrubí: 0,255+0+0+0+0=																
		Celková ztráta výtlačného potrubí: 0,372=																
		<35000Pa																
		<30000Pa																

L. 3 Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát – okruh č. 4

č. ú.		výparníky v místnostech		Výparná teplota		Kondenzační teplota		Přehřátí		Podchlazení					
				Q _o [kW]	m [g/s]	W [m/s]	R [Pa/m]	R [K/m]	l _{skur} [m]	l _{eq}	Δt [K]	Δp [Pa]			
				t _o =	2	°C	t _k =	45	°C	Δt _{pře} =	10	K	Δt _{pod} =	2	K
č. ú.	výparníky v místnostech	Výkon Q _o [kW]	Hmotnostní průtok m [g/s]	potrubí	DN	Rychlost w [m/s]	Měrná tlaková ztráta R [Pa/m]	Měrná ztráta R [K/m]	skutečná délka l _{skur} [m]	Místní odpory	Ekvivalentní délka l _{eq}	Ztráta teploty Δt [K]	Tlaková ztráta Δp [Pa]		
														Dxt	16x1,0 12x1,0 22x1,0 18x1,0 42x1,5 28x1,5 22x1,0 35x1,5
4.1	21	4,45	39,582	sací kapalinové	16x1,0 12x1,0	8,43 0,53	1194 284	0,06 0,01	23,5	3xkoleny, T-odbočka, 2xsmyčka 3xkoleny, T-odbočka	2,6 0,9	1,566 0,244	31163,4 6929,6		
4.2	21+24	12,98	115,49	sací kapalinové	22x1,0 18x1,0	12,06 0,61	1525 203	0,08 0	5,2	1xkoleny, T-přímé 1xkoleny, T-přímé	1,6 1,2	0,544 0	10370 1299,2		
4.3	21+24+10+25	29,44	261,86	sací kapalinové	42x1,5 28x1,5	7,17 0,56	261 103	0,01 0	29	4xkoleny, 2xsmyčka 4xkoleny	6,4 2	0,354 0	9239,4 3193		
4.4	21+24+10+25	29,44	261,86	výtlačné kondenzátů	22x1,0 35x1,5	8,72 0,34	2353 31	0,05 0	4,5	3xkoleny, 4xsmyčka 3xkoleny	4,8 1,5	0,465 0	21882,9 186		
4.1.1	24	8,53	75,909	sací kapalinové	18x1,0 16x1,0	12,37 0,52	2085 181	0,1 0	1	1xkoleny, T-přímé, 2xsmyčka 1xkoleny, T-přímé	2,3 0,6	0,33 0	6880,5 289,6		
4.2.1	10	3,45	30,685	sací kapalinové	16x1,0 10x1,0	6,53 0,64	745 528	0,04 0,01	23,1	2xkoleny, T-odbočka, 2xsmyčka 2xkoleny, T-odbočka	2,4 0,65	1,02 0,2375	18997,5 12540		
4.2.2	10+25	16,45	146,36	sací kapalinové	28x1,5 22x1,0	9,8 0,49	792 106	0,04 0	10,6	T-odbočka T-odbočka	1,6 1,2	0,488 0	9662,4 1250,8		
4.2.1.1	25	13,00	115,67	sací kapalinové	28x1,5 18x1,0	7,72 0,61	507 203	0,03 0	5,5	1xkoleny, T-odbočka, 2xsmyčka 1xkoleny, T-odbočka	4,5 1,2	0,3 0	5070 1360,1		
Celková ztráta sacího potrubí:												2,464	50772,8		
Celková ztráta kapalinového potrubí:												0,244	11607,8		
Celková ztráta výtlačného potrubí:												0,465	21882,9		
Celková ztráta kapalinového potrubí:												<2K	<35000Pa		
Celková ztráta výtlačného potrubí:												0,465	21882,9		