



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

CHLADICÍ ZAŘÍZENÍ DOMÁCÍHO PIVOVARU

REFRIGERATION DEVICE FOR HOME BREWERY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

František Křivánek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Hejčík, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **František Křivánek**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Jiří Hejčík, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Chladicí zařízení domácího pivovaru

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Důležitou fází v procesu výroby piva je rychlé zchlazení vyrobeného piva na zákvasnou teplotu. V případě spodně kvašených piv se jedná o teploty v rozmezí 7 – 15 °C, které jsou bez zdroje chladu obtížně docílitelné.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je provést konstrukční návrh chladicího zařízení domácího pivovaru, které zajistí chlazení mladiny v průběhu spílání a hlavního kvašení.

Seznam doporučené literatury:

KOSAŘ, Karel, 2000. Technologie výroby sladu a piva. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. ISBN 80-902658-6-3.

KOLEKTIV AUTORŮ., 2012. Chladicí a klimatizační technika. Praha: Svaz chladicí a klimatizační techniky, 181 s.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá problematikou chladících procesů a návrhu chladicího zařízení pro domácí pivovar. V první části je nastíněn úvod do této problematiky následován návrhem chladicího okruhu a popisem jeho jednotlivých částí. Odhad nákladů je uveden v příloze.

Klíčová slova

Chlazení, chladicí zařízení, domácí pivovar, vaření piva, komponenty chladicího okruhu

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the issue of cooling processes and the design of cooling equipment for home brewery. The first part outlines an introduction to this issue, followed by the design of the cooling circuit and a description of its individual parts. Attached is the cost estimate for this device.

Key words

Cooling, cooling unit, home brewery, beer brewing, components of the cooling circuit

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KŘIVÁNEK, František. Chladicí zařízení domácího pivovaru. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/133290>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Jiří Hejčík.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Chladicí zařízení domácího pivovaru** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

František Křivánek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Jiřímu Hejčíkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování závěrečné práce.

Obsah

ÚVOD.....	8
1 Výroba piva	8
1.1 Historie výroby piva	9
1.2 Suroviny k výrobě piva.....	9
1.3 Výrobní postup	11
1.4 Možnosti domácího vaření piva.....	14
2 Chladicí zařízení	15
2.1 Historie chladících zařízení	15
2.2 Kompresorové chlazení	16
2.3 Absorpční chlazení	16
2.4 Termoelektrické chlazení.....	17
3 Návrh chladicího zařízení.....	18
3.1 Popis domácího pivovaru pro danou aplikaci.....	18
3.2 Požadavky pro navrhované chladicí zařízení.....	18
3.3 Požadovaný chladicí výkon	19
3.4 Koncept.....	19
3.5 Kritická místa návrhu.....	21
3.6 Volba jednotlivých částí zařízení.....	21
4 Návrh chladicího okruhu	25
4.1 Schéma chladicího okruhu.....	25
4.2 Diagram chladicího oběhu	25
4.3 Volba komponent chladicího okruhu.....	26
4.4 Řízení chladicího okruhu	29
ZÁVĚR.....	30
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	31
SEZNAM OBRÁZKŮ	33
SEZNAM PŘÍLOH	34

ÚVOD

Pivovarnictví i samotná konzumace piva má v našich zemích bohatou tradici, a ne nadarmo je pivo označováno za náš národní nápoj. S přehledem vedeme žebříčky vyrobených i spotřebovaných piv na osobu. V posledních letech se z piva opět stává produkt domácnosti, jako tomu bylo na počátku pivovarnictví na našem území.

Chlazení patří k důležitým částem výroby piva ovlivňující trvanlivost a chuť výsledného produktu. To hraje důležitou roli v průmyslové výrobě většího objemu piv, kde jsou vysoké požadavky na skladování. V případě domácího hobby vaření piva není chlazení úplně nezbytné z důvodu nižších požadavků na trvanlivost. Nicméně udržování vhodné konstantní teploty při kvašení a zrání zásadně ovlivní výslednou chuť piva.

Cílem práce je navrhnout chladicí zařízení pro malý domácí hobby pivovar s důrazem na co nejnižší cenu a jednoduchou výrobu z dostupných dílů.



Obr. 1 Fotografie domácího pivovaru

1 Výroba piva

1.1 Historie výroby piva

Historie výroby piva sahá až do starověké Mezopotámie (4 tisíce až 3 tisíce let před našim letopočtem). Výroba kvašených nápojů byla známa i v dalších částech světa, vznikala nezávisle na sobě. Na našem území znali kvašené nápoje již kmeny Keltů, Germánů i Slovanů. V Americe se vyráběla kukuřičná „piva“, v Asii rýžová a v Africe se používalo k výrobě kvašených nápojů proso.

Dějiny vaření piva na našem území mají bohatou historii. Historikové se domnívají, že právě Slované přinesli na naše území chmel, i jako první vařili chmelená piva. Až do 9. století bylo pivo považováno za běžný produkt domácnosti podobně jako pečení chleba. Poté se stávalo čím dál častějším „předmětem obchodu“. Rozmach vyrábění piva sofistikovanější metodou přišel se zakládáním klášterních pivovarů. Další rozvoj pivovarnictví je spojován se zakládáním měst ve dvanáctém a třináctém století. [6]



Obr. 2 Chmel [7]

1.2 Suroviny k výrobě piva

1.2.1 Chmel

Chmel je nezastupitelnou ingrediencí piva, dodává typickou aromatickou vůni a hořkost. Ovlivňuje technologii i výsledný produkt. Používá se především pro obsah pryskyřic (lupulin), které jsou nositelé hořkosti. K ochucování piva se používají pouze šišťice ze samičích rostlin. U nás se pěstuje celosvětově známá odrůda Žatecký poloraný červeňák, proslulý svou jemnou chmelovou vůní. Chmelařské odrůdy se u nás pěstují především v Čechách v oblastech Žatecka a Úštěcka, na Moravě na Tršicku. V současnosti se používá až na výjimky ve formě granulí. [3, 6]

1.2.2 Slad

Pivo, jaké známé u nás, se vyrábí především z ječmene. Proces, při kterém je obvykle ječmen přeměněn na slad, se nazývá sladování. Většinou sladování probíhalo v tzv. humnech, což jsou rozsáhlé sklepní prostory, kde se obilí rozprostíralo. Nyní se používá pneumatické sladování, kdy je celý proces automatizován. Skládá se ze tří fází. První z nich je máčení ječmene, kdy je cílem naklíčit ječmen. V průběhu se musí ječmen dostatečně provzdušňovat, aby došlo k naklíčení. Další fází je samotné klíčení. Provádí se ve vrstvách až 15 cm, během klíčení je několikrát převracen. Třetí fází je hvozdění (sušení sladu), kdy je cílem snížit obsah vody pod 2 %. Probíhá při postupném zvyšování teploty sladu z 35 °C následně na 50 °C, 60 °C až na 80 °C. Slad se skladuje na půdách a v silech. Před použitím se slady čistí od prachu. [3, 9]



Obr. 3 Slad [8]

1.2.3 Voda

Pivo je velmi náročné na spotřebu vody, výsledný produkt tvoří z větší části právě voda. Navíc se voda využívá k mytí nádob a jejich sterilizaci případně jako chladio. Podmínky na vodu musí až na výjimky splňovat požadavky na pitnou vodu, a to především z důvodu zdravotní a hygienické nezávadnosti.

Obecně se udává obvyklá spotřeba mezi 4 až 7 litry vody na jeden litr vyrobeného piva. Plzeňský prazdroj udává, že na 1 l piva spotřebuje díky nové technologii 3,1 l vody. Pivovar Radegast se chlubí dokonce technologií se spotřebou 2,5 litrů na jeden litr vyrobeného piva, podobnou spotřebu udává i brněnské Starobrno. [3, 9]

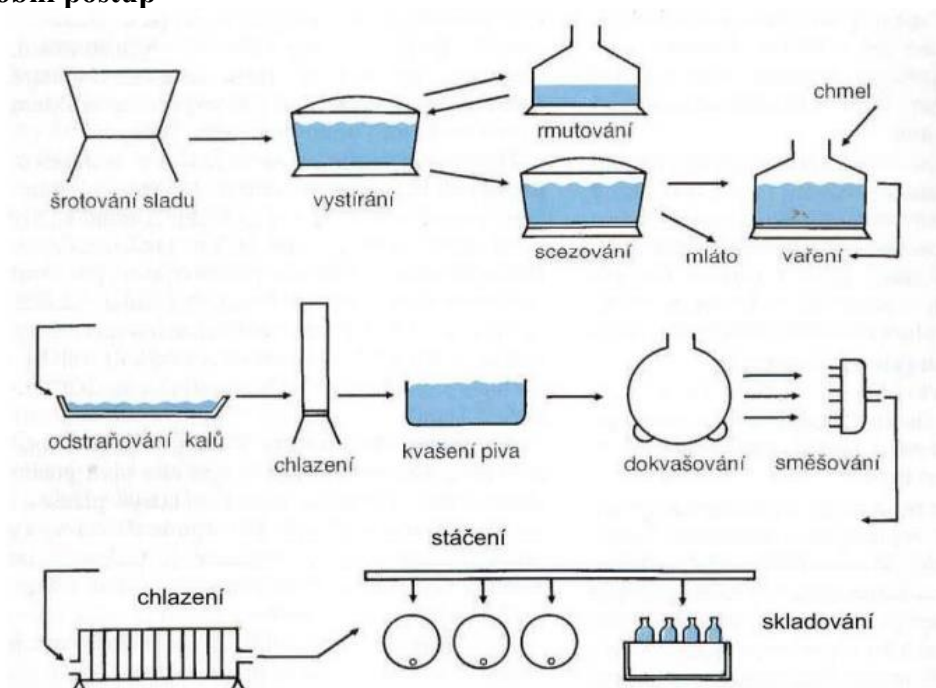
1.2.4 Pivovarské kvasinky

Kvasinky jsou jednobuněčné organismy, které se nacházejí téměř všude okolo nás, pouze některé jsou však vhodné pro zkvašení ječmenného odvaru (mladiny) na pivo. Kvašení je přítomné dělení buněk, při kterém dochází k přeměně zkvasitelných cukrů na alkohol a oxid uhličitý. Kvasinky rozdělujeme do dvou skupin podle druhu kvašení na kvasinky pro spodní a pro svrchní kvašení. Kvasinky pro svrchní kvašení pracují při teplotách 15 až 25 °C a stoupají k hladině piva a tvoří tzv. kvasnicovou deku. Oproti tomu spodní kvašení se vyznačuje sedimentací kvasnic na dně nádoby a kvasnice pracují při 5 až 10 °C. [6, 9]



Obr. 4 Pivovarské kvasnice [11]

1.3 Výrobní postup



Obr. 5 Schéma výrobního procesu [6]

1.3.1 Šrotování

Před mletím sladu se vybere zpravidla jeden druh sladu nebo směsice druhu sladů podobných vlastností s vhodnými hodnotami pro dané pivo. Samotný výrobní postup výroby piva začíná mechanickým šrotováním sladu, při kterém se naruší struktura zrna pro lepší extrakci. Dbá se na zachování celistvosti obalových pluch, které se následně využívají k filtraci sladiny. Rozdělujeme základní postupy mletí: mletí za sucha, mletí za sucha s oddělením jednotlivých frakcí, mletí s kondicionováním, mletí namočeného sladu, příprava velmi jemného moučnatého šrotu. [3,9]



Obr. 6 Šrotování sladu [13]

1.3.2 Vystírání

Prvním samotným krokem vaření piva je vystírání. Jedná se o proces, při kterém je smíšena ohřátá voda obvykle okolo 37 °C s rozemletým sladem ve vystírací kádce o objemu odpovídající vypočtenému nálevu, obvykle 5 l až 6 l na 1 kg sladu. Při této teplotě dochází k změknutí rozemletého zrna a k částečnému rozpuštění. Následně se směs zahřeje na teplotu okolo 50 °C. Po promočení sladu se směs musí neustále míchat pro co nejlepší smísení sladu s vodou. Tato směs označována jako dílo, musí být pořádně smíšena a nesmí v ní zůstat kousky nerozmočeného sladového šrotu. Poměr vystírací vody a volba sladu velmi ovlivňuje stupňovitost piva. [3,9]

1.3.3 Rmutování

Další neméně důležitou fází je rmutovací proces, kdy při postupném zvyšování teploty vstříčky dochází k přeměně škrobů nacházejících se ve sladu na zkvasitelné sacharidy a cukry. Tento proces probíhá při dodržování technologických teplot. Základní metodami rmutování jsou infuze a dekokce. U nás je nejpoužívanějším postupem dekokce, tzv. dvourmutový výrobní postup, kdy přibližně jedna třetina díla je odčerpána do rmutovacího kotle a teplotní režim probíhá odděleně. Po povaření je tato třetina vrácena zpět a po promíchání je opět oddělena jedna třetina a celý proces se opakuje. Mezi nejdůležitější rmutovací teploty patří 37 °C, při které se ovlivňuje kyselost piva a teplota 52 °C, při které jsou štěpeny bílkoviny. Štěpení škrobu probíhá při dvou teplotách tzv. nižší cukrotravné teplotě 63 °C a vyšší cukrotravné teplotě 72 °C. U infuze se dílo pouze postupně zahřívá na dané rmutovací teploty. Na závěr se vždy rmut zahřeje na 78 – 80 °C. Tímto postupem získáme sladinu, což je tekutý cukerný podíl rmutu a mláto, tedy obaly zrněk. Podle druhu piva se volí postup rmutování, např. ALE je vařen infuzí. [3,9]

1.3.4 Scezování

Scezování je proces filtrace, při kterém dochází k oddělení pevného mláta a kapalného roztoku. Vzniká čirý roztok zvaný sladina. Před scezováním se dílo nechá usadit v scezovací pánvi s děrovaným dnem. Při scezování se dílo vypouští ze scezovací pánve přes usazené mláto a děrované dno.

Zbylé cukry jsou z mláta promývány teplou vodou (75 °C). Mláto bývá dále využíváno v potravinářství či jako krmivo dobytka nebo nachází využití v energetice. Tato část výrobního procesu je pracná a časově náročná. [3, 6, 9]

1.3.5 Chmelovar

Sladina se přivede k varu a následně je postupně přidáván chmel. Účelem je extrakce hořkých kyselin z chmele do sladiny a odpaření přebytečné vody. Průběh tohoto postupu přímo ovlivňuje následnou hořkost piva. Výsledkem se označuje jako mladina. [3, 6]

1.3.6 Ochlazování

Po chmelovaru je nutné mladinu vyčistit od hrubých kalů, které mohou způsobovat problémy při kvašení. Mladina má po chmelovaru teplotu těsně pod 100 °C. Je nutné ji ochladit na zákvasnou teplotu obvykle okolo 10 °C, která je ideální pro pivovarské kvasinky. Proces by neměl trvat déle jak 2 h z důvodu možné kontaminace mladiny a ovlivňuje dobu trvanlivost piva. Po ochlazení je mladina stočena do otevřené nádoby – spilky.

Dnes se k tomuto účelu používají vířivé kádě, kde se mladina roztočí a hrubé kaly se usadí uprostřed nádoby. Následuje chlazení přes deskový výměník. Dříve se chlazení odehrávalo v chladících štocích, kde se mladina rozprostřela do výšky okolo 20 cm, studený proudící vzduch ji ochlazoval a zároveň s tím docházelo k sedimentaci kalů u dna nádoby. Od tohoto způsobu se odstoupilo z důvodu vysokého rizika kontaminace.

V dnešní době se pro malé domácí pivovary vyskytuje větší množství profesionálních řešení tohoto chlazení. Dominují různé formy průtokových chladičů, ať už deskových (Obr. 7) či chladících spirál. Mají jednu nepopiratelnou výhodu a tou je využití ohřáté vody z chlazení pro dezinfekci použitého nádobí. [3, 9]



Obr. 7 Deskový chladič pro domácí pivovar od firmy CCW [14]

1.3.7 Hlavní kvašení

Ve spilce jsou do mladiny přidány kvasnice, vzniká alkohol a oxid uhličitý. Při hlavním kvašení kvasinky spotřebují většinu využitelných látek, kvasinky se oddělí a začnou shromažďovat u dna (spodní kvašení) nebo na hladině (svrchní kvašení) Vzniká mladé pivo, které se zbavuje usazených kvasnic a je přečerpáno do sudů v ležáckém sklepe. [3, 6, 9]



Obr. 8 Kvasné prostory pivovaru Chodovar [15]

1.3.8 Dokvašování a zrání

Mladé pivo zraje v ležáckých sklepech, kde leží nejčastěji v cylindrokónických nádobách, dále se využívají KEG sudy, plastové nebo skleněné láhve. Zrání probíhá při mírného zvýšení tlaku a postupné snížení teploty do teploty okolo 2 °C. Pivo bývá dosycováno oxidem uhličitým a v průběhu procesu se dotváří chuť a barva. Délka tohoto procesu se odvíjí od druhu piva a ovlivňuje výslednou chuť. [3, 6]

1.3.9 Filtrace a pasterizace

Po ukončení předchozího kroku je možné pivo začít konzumovat. V zájmu pivovarů je co nejdéle prodloužit trvanlivost nápoje, a proto následuje filtrace a pasterizace. Bohužel pro koncového zákazníka právě pasterizace výrazně ovlivňuje chuť. [4, 6]

1.4 Možnosti domácího vaření piva

Dle nové legislativy České republiky je povoleno vyrobit pro vlastní potřebu bez daně až 2000 litrů piva za rok, s podmínkou nahlášení této skutečnosti na celní úřad. Existují tři způsoby, jak lze v domácích podmínkách tento nápoj vyrobit. [22]

1.4.1 Mladinové koncentráty

Mladinový koncentrát (Obr. 9) je produkt vyrobený přerušением výrobního procesu piva před samotným kvašením. Mladina je při výrobě tohoto produktu opatrně zhuštěna. V domácích podmínkách tedy provádíme pouze poslední fázi výroby piva, a to kvašení. Tento polotovár bývá dodáván v plechovkách se sáčkem kvasnic. Na trhu nalezneme široké spektrum takovýchto polotovarů, bohužel tento způsob vaření piva nám neumožňuje zásadní ovlivnění výsledné chuti piva. Jedná se o nejjednodušší způsob vaření piva v domácích podmínkách, cena surovin na 1 l piva je okolo 30 Kč.



Obr. 9 Mladinový koncentrát od firmy VIK [16]

1.4.2 Sladový výtažek

Hlavní rozdíl mezi sladinným výtažkem a koncentrátem spočívá ve výrobní fázi, kterými polotovár prošel. Sladinný výtažek bývá označován též jako mezikrok mezi vařením piva z polotovarů a ze surovin. U výroby tohoto polotovarů byl proces vaření piva přerušen již před chmelovarem, zhuštěním sladiny. Významnou část vaření piva chmelovar již provádíme v domácích podmínkách a máme možnost významně ovlivnit chuť i vůni výsledného nápoje. Ať už samotným vařením nebo i volbou chmele. Cena surovin na 1 l piva je okolo 25 Kč.

1.4.3 Výroba ze základních surovin

Výroba ze základních surovin v domácích podmínkách se postupem neliší od výroby ve velkých pivovarech. Největší rozdíl je v technice použité při výrobě. V dnešní době se dají pořídit malé komerčně vyráběné domácí pivovary (Obr. 10) cenově v řádech vyšších tisíc až desítek tisíc korun. Případně si lze vyrobit pivovar svépomocí do deseti tisíc. Cena 1 l takto vyrobeného piva je pod 15 Kč.



Obr. 10 Komerční domácí pivovar Klarstein Brauheld Pro [17]

2 Chladicí zařízení

2.1 Historie chladících zařízení

Teoretické základy chlazení byli spojeny s koncem středověku, kdy přišla potřeba chladících zařízení s cílem zvýšení doby trvanlivosti potravin při skladování. První patenty na chladicí stroje však byli nahlášeny v polovině 19. století (Peltier, Carré). Praktické aplikace přichází až koncem 19. století. Pivovary se tradičně předzásobovaly v zimě obrovským množstvím ledu skladovaným ve velkých podzemních sklepech pivovarů, nejčastěji zasypaný popelem nebo jiným izolačním materiálem. S velkým zvýšením produkce piva v druhé polovině 19. století s kombinací mírných zim vznikl enormní nedostatek přírodního ledu. To způsobilo zájem o chladicí zařízení.

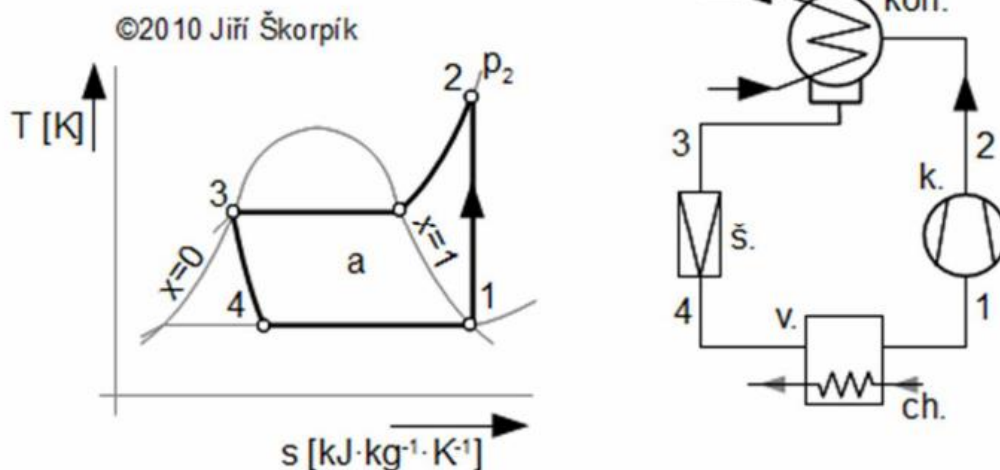
Nejvýznamnějším evropským výrobcem chladících zařízení se stala firma Linde mnichovského vynálezce Carla von Lindeho. Jednalo se o čpavkové kompresorové zařízení pro výrobu ledu. Souběžně se vyvíjely a vyráběly absorpční systémy založené na chemicko – fyzikálních procesech. Tato zařízení kvůli své nízké energetické účinnosti, ale nízké hladině hluku našla využití v jiných aplikacích. Led se však nepřestal těžit a v Praze se led těžil ještě v polovině 20. století (Obr. 11). Po výstavbě Slapské přehrady však přestala Vltava zamrzat a těžba ustala. Před druhou světovou válkou byla obvyklá cena 100 kg ledu v létě odpovídající 1 kg masa. [5, 9]



Obr. 11 Těžba ledu u pražských Šitkovských mlýnů z roku 1895 [18]

2.2 Kompresorové chlazení

Je to nejpoužívanější způsob chlazení, pracuje na něm většina lednic a jiných chladicích systémů v domácnostech. Chladicí látka se stlačuje v kompresoru. Odtud jde dále do kondenzátoru, kde zkapalní, přičemž předává energii do okolí. Poté pokračuje kapalně chladivo přes expanzní ventil až do výparníku, kde dochází k ochlazení chlazeného média případně okolního prostoru. Následně je opět chladivo stlačeno v kompresoru a celý cyklus se opakuje (Obr. 12). Při potřebě vysokého rozdílu výparného a kondenzačního tlaku bývá komprese rozdělena do dvou i více stupňů. [5, 9, 10]



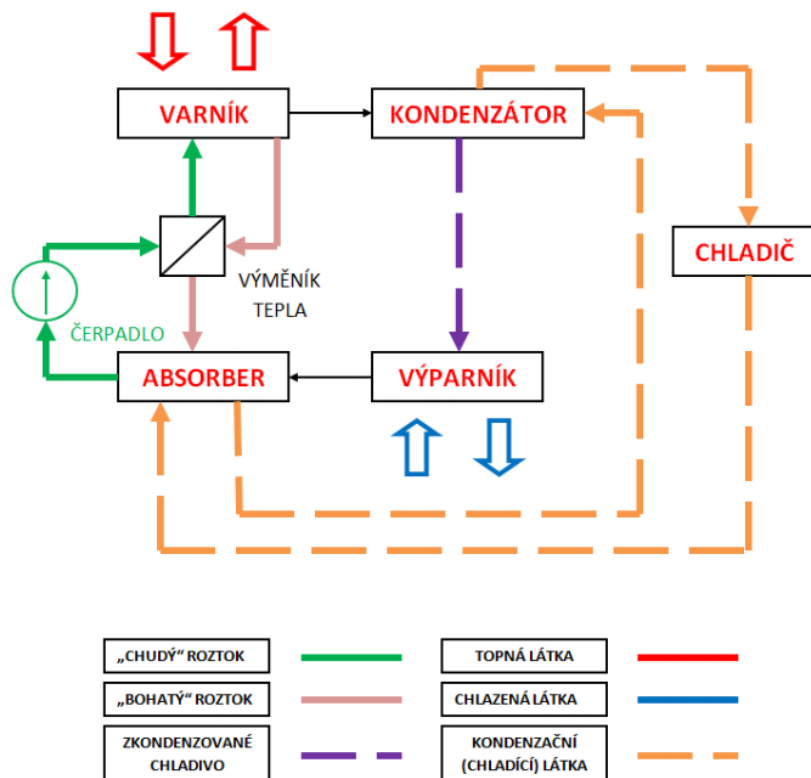
Obr. 12 Graf závislosti teploty (T) na entropii (s) chladiva ideálního chladicího oběhu [4]

(1 – 2 komprese, 2 – 3 kondenzace par chladiva, 3 – 4 expanze chladiva, 4 – 1 odpar chladiva). Schéma zařízení, k – kompresor, ch – chladič (výparník), š – expanzní (škrťací) ventil, kon – kondenzátor.

2.3 Absorpční chlazení

Ve většině případů tyto systémy využívají odpadní teplo. Nejčastěji se nachází v trigeneračních jednotkách, v kombinaci se solárním chlazením, nebo tepelným čerpadlem. Absorpční chladicí zařízení pracuje podobně jako kompresorové chladicí zařízení. Liší se pouze ve způsobu dopravy par chladiva z výparníku do kondenzátoru. U kompresorového chladicího zařízení se pro dopravu par chladiva používá elektrický kompresor. U absorpčního chladicího zařízení jsou páry chladiva dopravovány pomocí „tepelného“ kompresoru (Obr. 13). Nejčastěji je používána kombinace chladiva a absorbéru – čpavek a voda, nebo voda a bromid. V případě difúzního bez čerpadlového oběhu se přidává inertní plyn – vodík.

Tento systém má výhody oproti standardním kompresorovým zařízením v nízkých provozních nákladech, využití odpadního tepla, vysoké životnosti, tichosti a nižší spotřebě elektrické energie. Naproti tomu má nevýhody vyšších pořizovacích nákladů, větších rozměrů a vysoké hmotnosti. [9, 10]



Obr. 13 Schéma absorpčního chlazení [10]

2.4 Termoelektrické chlazení

Při termoelektrickém jevu dochází k přeměně elektrické energie na energii tepelnou a naopak. K této změně dochází v elektronických součástkách, které se nazývají termoelektrické články nebo také termoelektrické zdroje. Termoelektrický jev se používá nejvíce ke generování elektřiny, měření teploty, vytápění i k chlazení. [5, 10]

3 Návrh chladicího zařízení

3.1 Popis domácího pivovaru pro danou aplikaci

Chladicí zařízení je navrhováno pro domácí pivovar (Obr. 14). Domácí pivovar se skládá ze dvou upravených 50 l hrnců, kladkového výtahu na zvedání hrnců, upravená kancelářská židle s plynovým hořákem a plynové bomby. Jako spilka je používána 50 l plastová bečka s kohoutem. Pivovar je používán bez chladicího zařízení.

První z hrnců používaný pro operace s potřebou zvýšení či udržování teplot a je postaven na plynovém hořáku. Z boku má navařenou trubku s kohoutem pro přemísťování vařeného piva mezi nádobami.

Druhý hrnec je upevněn na kladkovém výtahu a slouží k operacím, kde není nutné zvyšovat či udržovat teplotu. Kladkový výtah pro zvedání druhého hrnce je vyroben ze svařovaných profilů a našroubován ke zdi. Tento je izolován karimatkou. Zespodu má druhý hrnec navařenou trubku pro jednoduché přemístění kapaliny do prvního hrnce.

U domácího pivovaru není použito žádné chladicí zařízení, chlazení není vůbec řešeno. Z tohoto důvodu je pivovar používán převážně v zimě.



Obr. 14 Fotografie domácího pivovaru

3.2 Požadavky pro navrhované chladicí zařízení

Pro potřeby domácího pivovaru byli zvoleny následující požadavky na chladicí zařízení.

- Minimální požadovaný objem nádoby pro řízené kvašení 35 l.
- Zařízení by mělo být schopno zchladit z varu na zákvasnou teplotu za maximálně dvě hodiny (viz 1.3.6).
- Nádoba pro řízené kvašení musí být vyjímatelná a plně omyvatelná z hygienických důvodů, též musí splňovat podmínky pro styk s potravinami.
- Pro jednoduché stočení piva do lahví musí být v minimální výšce 35 cm kohout.
- Na posledním místě bude nutné udržet cenu celé konstrukce co nejnižší.

3.3 Požadovaný chladicí výkon

Ze začátku návrhu je nutné určit přibližný požadovaný chladicí výkon, který potřebujeme pro ochlazení z teploty 90 °C na kvasnou teplotu 12 °C. Pro zjednodušení volím c – tepelnou kapacitu jako tepelnou kapacitu vody (mladina se skládá z větší části z vody).

$m = 35 \text{ kg}$ – očekávaná hmotnost mladiny

$t_1 = 90 \text{ °C}$ – počáteční teplota mladiny

$t_2 = 12 \text{ °C}$ – konečná teplota mladiny

$\tau = 2 \text{ h} = 7200 \text{ s}$ – požadovaný čas chlazení

$c = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ – měrná tepelná kapacita vody

- Výpočet tepla (Q [J]), které potřebujeme odvést.

$$Q = m \cdot \Delta t \cdot c = 35 \cdot (90 - 12) \cdot 4180 = 11,4 \text{ MJ}$$

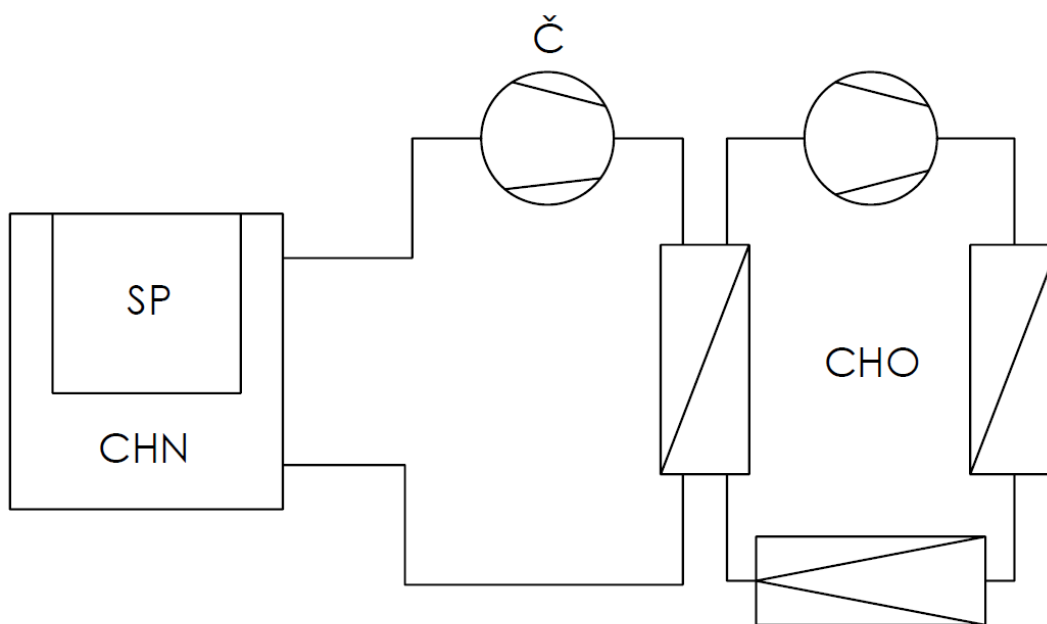
- Přibližný potřebný chladicí výkon (P [W])

$$P = \frac{Q}{\tau} = \frac{11,4 \cdot 10^6}{7200} = 1585 \text{ W}$$

Přibližný požadovaný chladicí výkon celého zařízení bude 1585 W.

3.4 Koncept

3.4.1 Schéma chladicího zařízení

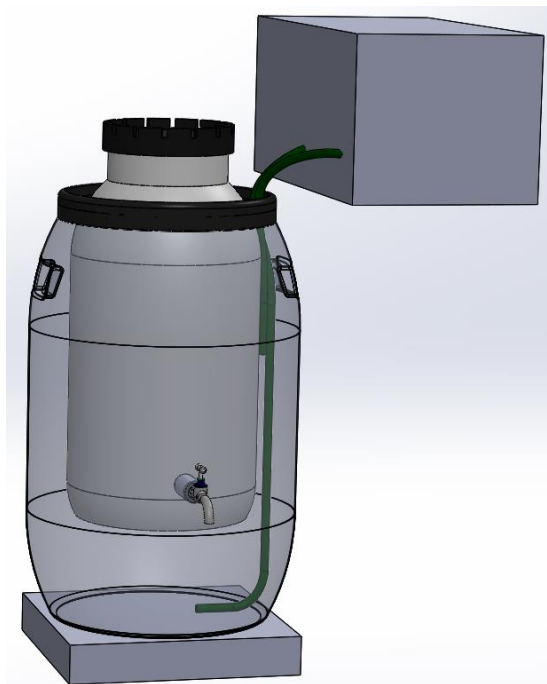


Obr. 15 Schéma chladicího zařízení

SP – spilka, CHN – chladicí nádoba, Č – čerpadlo, CHO – chladicí okruh

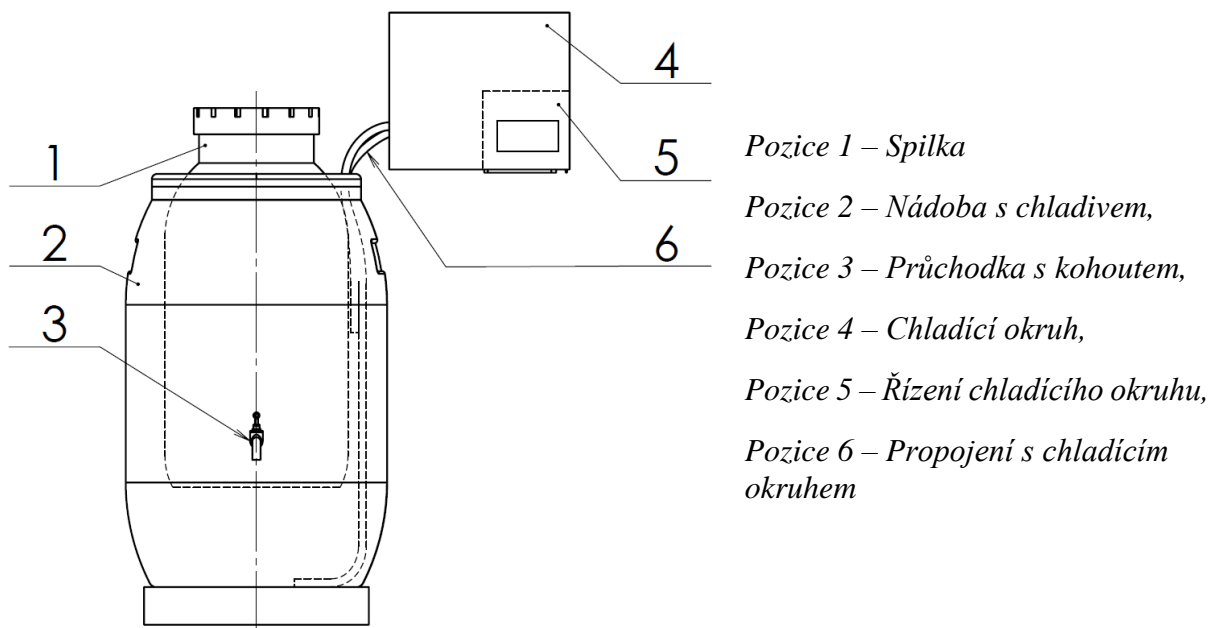
3.4.2 Popis chladicího zařízení

Zařízení se bude skládat ze dvou plastových beček – jedna bude sloužit jako spilka a druhá jako nádoba s chladičem. Pro stabilnější chlazení bude využita 20% glykolová lázeň.



Obr. 16 První návrh zařízení v programu Solidworks

O stálé ochlazování se bude starat kompresorový chladicí okruh s deskovým výměníkem přes který bude chlazenou kapalinu hnát cirkulační čerpadlo. Chladicí okruh bude položen na stole vedle spilky s chladicí nádobou. Zařízení se bude zapínat ještě před začátkem stáčení tj. zařízení bude nachlazen.



Obr. 17 Nákres zařízení

3.5 Kritická místa návrhu

Už ze začátku návrhu této koncepce je patrné, že bude nutné řešit minimálně dvě potenciálně problematické části návrhu.

Prvním z nich je řešení případné vysoké vztlakové síly, která bude působit na spilku před stočením mladiny z vodní lázně. Zde se budu snažit kompenzovat tuto sílu dostatečným upevněním víka s vyříznutou dírou a případným zesílením víka pomocí 3D tištěného dílu. Vystředění spilky ve vodní lázni bude kompenzovat dostatečné upevnění přes kohout.

Dalším teoreticky problémovým místem konstrukce bude uchycení kohoutu skrz nádobu s chladicí kapalinou. Musí být umožněna demontáž kohoutu a vyjmutí spilky. Toto místo se budu snažit vyřešit dvojitou průchodkou vyrobenou na 3D tiskárně.

3.6 Volba jednotlivých částí zařízení

3.6.1 Spilka

Jako kvasnou nádobu – spilku volím *Barel na kvas širokohrdlý 50 l* (dostupné z: 1url.cz/gK164). Plastová nádoba zvolena především z důvodu několikanásobně nižší ceny oproti nerezovým. Vybraná nádoba splňuje atest pro styk s potravinami.

Do nádoby je nutné vyvrtat díru 1/2" pro průchodku s kohoutem.



Obr. 18 Barel na kvas širokohrdlý 50 l – použitý jako spilka [19]

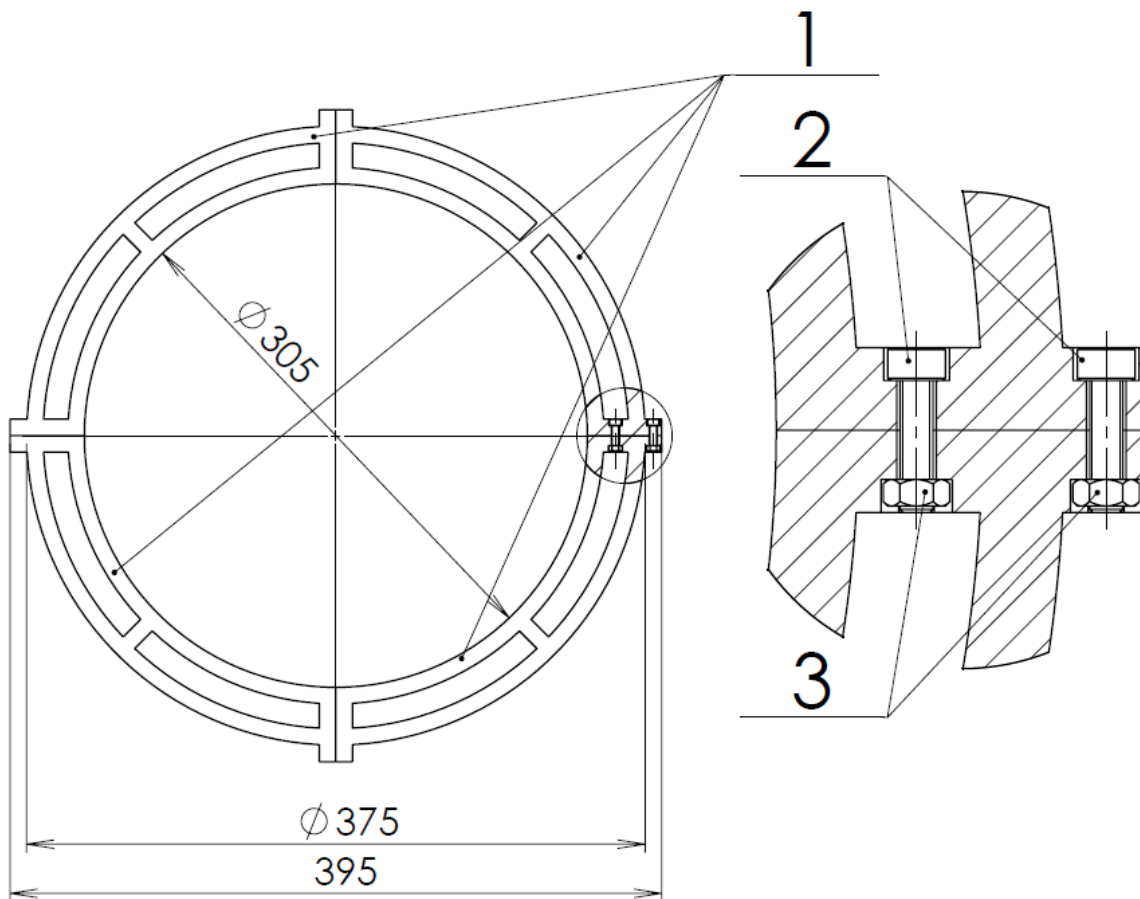
3.6.2 Nádoba s chladičem

Vnější větší nádoba pro chladičivo bude zvolen *Sud se sponou 120 l UN* (dostupné z: 1url.cz/fK16j). Vybraná nádoba je vhodná k přepravě a skladování sypkých materiálů a kapalin i nebezpečných látek. Víko nádoby bude upraveno – vyřezaný otvor pro vycentrování špičky a kompenzaci vztlakové síly. Do sudu bude vyvrtána díra 1/2" pro průchodku s kohoutem.

Před stočením piva bude na špičku působit vztlaková síla od chladicí kapaliny. Tuto sílu bude držet víko se sponou, aby nedošlo k prohnutí víka. Je potřeba zesílit víko, k tomu bude využit čtyřdílný tištěný díl (pozice 1). Díly budou spojeny pomocí šroubů s imbusovou hlavou M4 – 16 DIN 912 (pozice 2) a matic M4 DIN 914 (pozice 3). Matice jsou nehybně zapuštěny. Rozměry jsou spíše informativního charakteru – bude nutné upravit podle konkrétních nakoupených nádob, mohou se mírně lišit. Materiál tištěného dílu je volen PET pro svoje mechanické vlastnosti (odolnost proti creepu, pružnost a pevnost). [32]

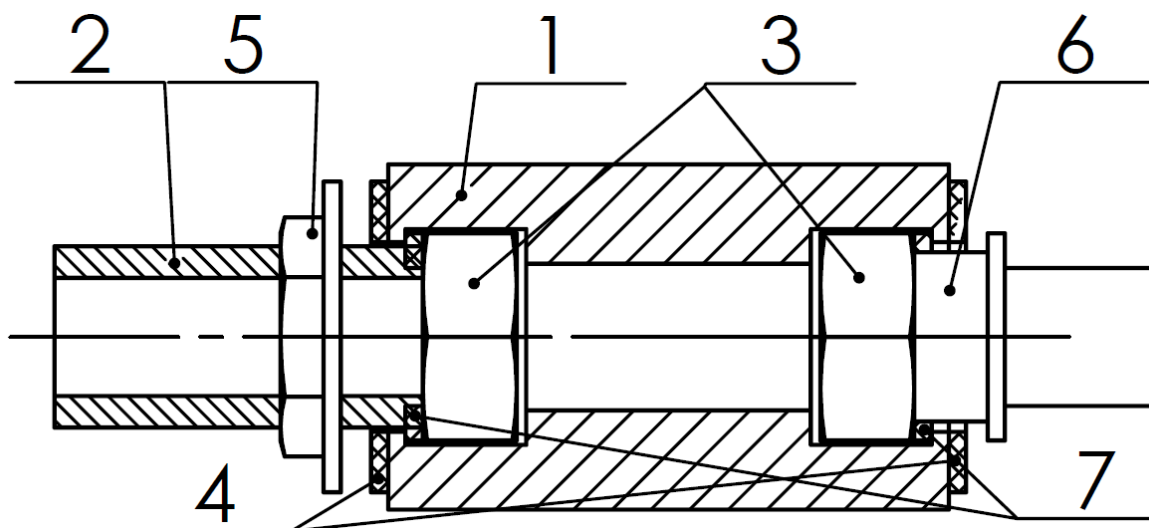


Obr. 19 Sud se sponou
120 l UN [20]



Obr. 20 Návrh zpevnění víka

3.6.3 Průchodka s kohoutem



Obr. 21 Návrh průchodka s kohoutem

Pro snadné vypouštění i snadnou dezinfekci spilky. Navrhují sestavu složenou z dílu ze 3D tiskárny a dostupných standardních instalatérských dílů. Tato sestava umožňuje jednoduchou montáž a demontáž.

Materiál pro výrobu dílu na 3D tiskárně (pozice 1) byl zvolen PET. Tento materiál by měl být schopen snášet výkyvy teplot a dlouhodobou teplotní odolnost výrobce ECO MB udává - 70 °C až 100 °C, krátkodobě až 130 °C. Zároveň se uvádí zdravotní nezávadnost tohoto materiálu [1]. V průběhu tisku na 3D tiskárně bude tisk přerušen a zatisknuty dvě matice F – 374 MMS (pozice 3; dostupné z: 1url.cz/JK16C) doplněny o těsnění 16x24x2 SBR (pozice 7; dostupné z: 1url.cz/eK18Q).

Ze strany spilky bude průchodka připevněna mosazným prodlužovacím závitovým kusem 1/2" 534 M (pozice 2; dostupné z: 1url.cz/4K16U) s maticí s přírubou 1/2" 311 F (pozice 5; dostupné z: 1url.cz/xK16f) doplněná o pryžové těsnění 22x36x2 SBR (pozice 4; dostupné z: 1url.cz/NK16I).

Z venkovní části bude našroubován kulový kohout zahradní 1/2" x 3/4" (pozice 6; dostupné z: 1url.cz/rK16S) doplněný těsněním (pozice 4).

Všechny použité díly jsou vhodné pro rozvody pitné vody tzn. výrobce zaručuje zdravotní nezávadnost.

3.6.4 Čerpadlo

K chlazení a následnému udržování teploty je nutná cirkulace chladiva v deskovém výměníku. Čerpadlo musí být schopno překonat tlakové ztráty v potrubí a ve výparníku. Bylo zvoleno IBO OHI 25-40/130 s nastavitelnými otáčkami. Bude použita min na rychlosti 1 s výtlačnou výškou 3 m a průtokem 18 l/min, což je pro tuto aplikaci dostačující. Pro připojení lze použít 1" vnější závit nebo 3/4" vnitřní.

Další vlastnosti čerpadla:

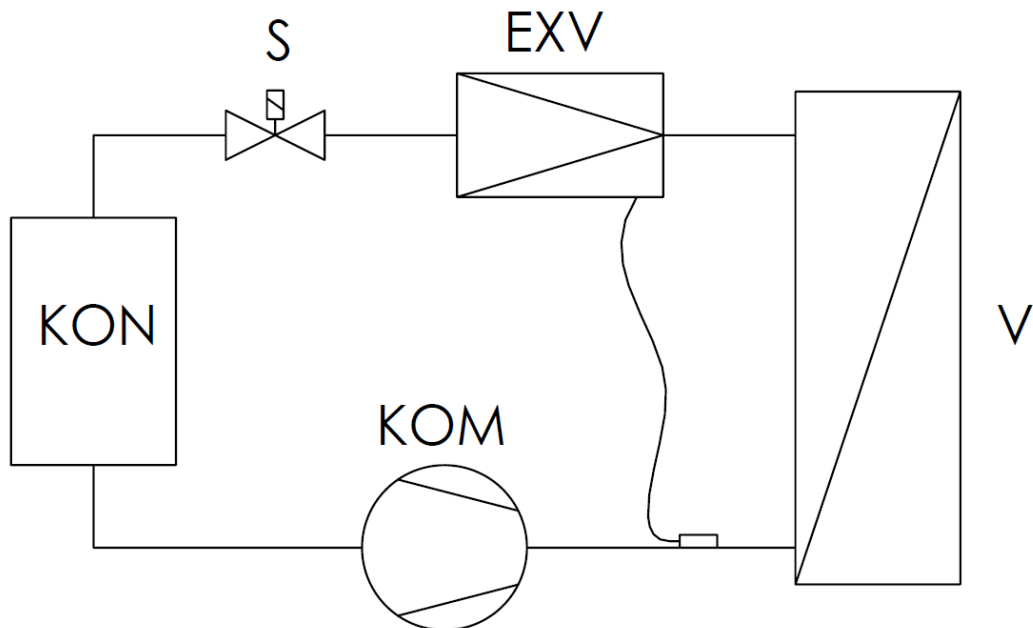
- použití pro čisté neagresivní a nevýbušné kapaliny bez pevných částic a vláken,
- max. provozní tlak 10 bar,
- čerpadlo musí být nainstalované tak, aby hřídel motoru byla v horizontální poloze,
- použití: topná zařízení, tlakové nebo s otevřenou nádrží instalovaná v budovách nebo průmyslových systémech. [31]



Obr. 22 Oběhové čerpadlo
IBO OHI 25-40/130 [31]

4 Návrh chladicího okruhu

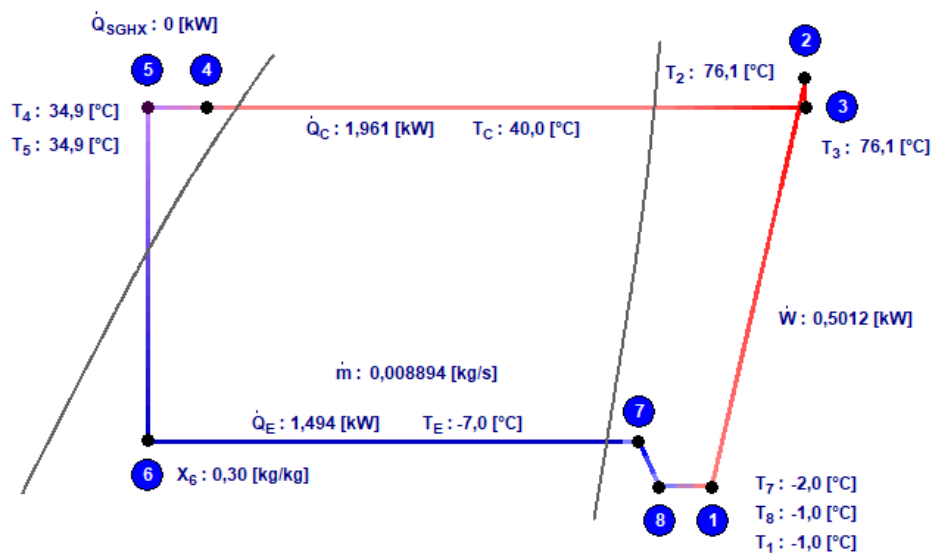
4.1 Schéma chladicího okruhu



Obr. 23 Schéma chladicího okruhu

KOM – kompresor, KON – kondenzátor, S – solenoid (elektromagnetický ventil),
EXV – expanzní ventil, V – výparník

4.2 Diagram chladicího oběhu



Obr. 24 Oběh chladiva R410a v diagramu $\log p - h$,
vykreslený pomocí programu CoolPack

4.3 Volba komponent chladicího okruhu

Chladicí okruh bude navrhovaný na komponenty, které jsou k dispozici z vadné mobilní klimatizace CoolExpert APG-08AN1 s vlastnostmi:

- chladícím výkonu 2,3kW,
- patřící do energetické třídy A,
- uživatelsky nastavitelným rozsahem teplot 16 – 30 °C,
- vhodným pro místnosti 10 – 16 m²,
- pracující s chladivem R410A,
- funkcí ventilátoru,
- inteligentním odvlhčováním,
- režimem spánku,
- časovačem 0,5 – 24 h
- dálkovým ovládáním,
- určený výhradně pro vnitřní využití. [27]



Obr. 25 Mobilní klimatizace CoolExpert APG-08AN1 [27]

4.3.1 Kompresor

Základní část chladicího okruhu s parním oběhem je kompresor. Kompresor v tomto okruhu je označován jako chladivový, protože pracuje přímo s chladivem. Nejen z ekologických důvodů jsou kladeny vysoké nároky na těsnost, únik chladiva může vést až ke zničení kompresoru.

K dispozici je kompresor GREE QXA-A083A130 z klimatizace uvedené výše. Kompresor má příkon 710 W a dosahuje chladicího výkonu 1940 W (viz Obr. 26) [5,23]



Obr. 26 Kompresor GREE [12]

系列 Series	压缩机型号 Model	排量 Displ. (CC)	冷量 Capacity (Btu/h)	制冷量 Refrigerating capacity (W)	功率 Power (W)	COP (W/W)	电容 Capacitor (μF)	测试工况 Test conditions
A	QXA-A058	5.8	4640	1360	490	2.78	20μF/450V	ASHRAE/T
	QXA-A066	6.6	5357	1570	580	2.71	20μF/450V	ASHRAE/T
	QXA-A069	7.0	5637	1652	592	2.79	20μF/450V	ASHRAE/T
	QXA-A071	7.1	5664	1660	615	2.70	25μF/450V	ASHRAE/T
	QXA-A081	8.1	6653	1950	685	2.85	40μF/450V	ASHRAE/T
	QXA-A083	8.3	6619	1940	710	2.73	35μF/450V	ASHRAE/T
	QXA-A088	8.8	7233	2120	740	2.86	35μF/450V	ASHRAE/T

Obr. 27 Výstřižek z katalogu kompresorů firmy Gree [23]

4.3.2 Kondenzátor

Kondenzátor je tepelný výměník pro odvádění tepla z oběhu. Volen je typ kondenzátoru chlazený vzduchem, tento druh je nejrozšířeněji používán v chladicích zařízeních a klimatizacích. Nucené proudění vzduchu okolo výměníku zajišťuje axiální ventilátor. Kondenzátor je také použit společně s ventilátorem z uvedené klimatizace. [5]

4.3.3 Chladivo

Chladivo je taktéž použito z uvedené klimatizace – R410A. Jedná se o dvousložkové chladivo, které využívá půl na půl chladivo R32 a R125. Patří mezi nehořlavá chladiva, oproti tomu je řazeno mezi velmi neekologická chladiva. Od roku 2025 bude v EU zakázáno uvádění nových zařízení s tímto chladivem pro menší aplikace. [21]

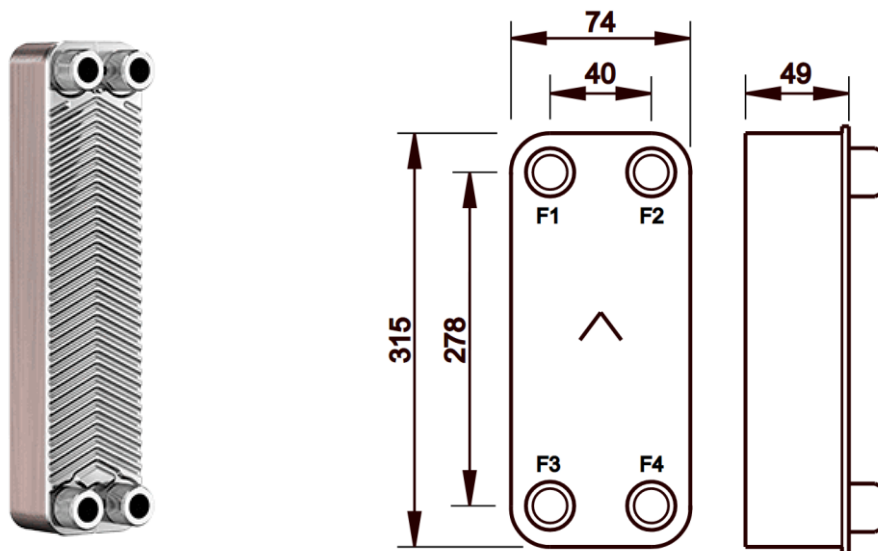
Vlastnosti chladiva:

- bezbarvý nehořlavý plyn,
- vyznačuje se éterickým zápachem,
- kritická teplota při 72,8 °C,
- kritický tlak 4,9 MPa,
- teplota varu -51,6 °C,
- relativní hustota 1,062 g · cm⁻³ při 25 °C. [24]

4.3.4 Výparník

Výparník je tepelný výměník, kde je chlazené látky odnímáno teplo a tím se ochlazuje. Toto teplo přechází do chladiva, které se jeho pohlčováním vypařuje. Chlazená látka je v tomto případě voda s 20 % glykolu. Je chlazená z teploty 2 °C na -2 °C při vypařovací teplotě -7 °C. Přehřátí chladiva zvoleno 5 °C.

Jako suchý deskový výparník je vybrán na základě výpočtu softwaru SWEP. Zvolen je deskový výměník SWEP E8Tx20. Výstup výměníku je 4x 3/4" vnější závit.



Obr. 28 Deskový výměník SWEP E8Tx20 [25]

4.3.5 Expanzivní ventil

Též označovaný jako ventil škrťací – vstříkovací. Řídí přehřátí par chladiva na výstupu z výparníku. Slouží v chladicím okruhu jako rozhraní mezi kondenzačním a vypařovacím tlakem. Reguluje přívod chladiva do výparníku pro odpaření veškerého kapalného chladiva ve výparníku. V případě nasátí kompresoru neodpařeného chladiva vede ke snížení dopravní účinnosti a zvýšení množství oleje vyhazovaného do výtlaku. Toto může vést k nevratnému poškození kompresoru. [5]

Zvolen dle návrhového nástroje firmy Emerson Climate Technologies termostatický expanzivní ventil TIH-Z32.



Obr. 29 Expanzivní ventil TIH-Z32 [26]

4.3.6 Solenoid

Solenoid je elektromagnetický ventil sloužící k uzavření průtoku chladiva do výparníku. Byl zvolen elektromagnetický ventil 0-10 bar G1/8 230 V NC F.S.A, tento ventil má ovládací cívku na střídavý proud o napětí 230 V a jeho stav bez ovládacího proudu je zavřený (NC). [5,29]



Obr. 30 Elektromagnetický ventil 0-10 bar G1/8 230 V NC F.S.A [29]

4.4 Řízení chladicího okruhu

O řízení chladicího zařízení se bude starat dvojice zařízení presostat a termostat. Termostat bude dodržovat přednastavenou teplotu vodní lázně s glykolem spínáním obvodu. V případě vyšší než nastavené teploty na termostatu, dojde k otevření solenoidu, tím začne proudit chladivo a stoupne tlak, na který zareaguje presostat spuštěním kompresoru a čerpadla chladicího oběhu. V okamžiku dosažení udané teploty termostat uzavře solenoid, přísun chladiva do kompresoru bude přerušen a dojde ke snížení tlaku. Presostat následně vypne kompresor a čerpadlo chladicího okruhu.

4.4.1 Presostat

Presostat je zařízení schopné ovládat činnost nějakého zařízení na základě změn tlaku. Nejčastěji se jedná o zařízení jako je kompresor nebo ventilátor či dalších zařízení chladicího nebo klimatizačního zařízení.

Byl vybrán presostat od firmy Alco control PS2-A7L s vlastnostmi:

- stavitelný tlakový rozsah,
- ukazatel nastavení ve stupnici v barech a psi,
- možností ručního sepnutí pro kontrolu funkce,
- automatický nebo ruční reset,
- základní připojení tlaku perltl 7/16–20" UNF pro vnější 1/4 " SAE závit. [27]



Obr. 31 Presostat Alco Controls PS2-A7L [27]

4.4.2 Termostat

Termostat je zařízení k ovládaní systému, jehož cílem je nejčastěji udržování konstantní teploty v nastaveném rozmezí. V tomto případě bude hlídat teplotu chlazené lázně. Byl vybrán digitální termostat STC-1000. S rozsahem -50 °C – +99 °C napájen 230 VAC. [30]



Obr. 32 Digitální termostat STC-1000 [30]

ZÁVĚR

V úvodních kapitolách se věnuji samotné problematice vaření piva v domácích podmínkách a nutnosti chlazení při výrobě piva. Dále popisuji základní možnosti chlazení.

V hlavní části své bakalářské práce se věnuji návrhu chladicího zařízení, které by se dalo využít pro tři fáze vaření piva, ve kterých je zapotřebí chlazení – ochlazení mladiny na kvasnou teplotu, udržování této teploty při kvašení a zrání.

Úspěšně se mi podařilo navrhnout a vyhledat všechny potřebných komponenty pro stavbu chladicího zařízení. Do příloh jsem vytvořil kusovník pro stavbu tohoto chladicího systému. Jestli je i toto nejvhodnější řešení pro požadovaný účel, nemohu potvrdit.

Celkovou cenu zařízení odhaduji na 17 tisíc korun českých i přes možnost získat za symbolickou cenu klimatizaci, ze které by se daly použít hlavní komponenty chladicího oběhu (kompresor a kondenzátor). Cena se vyšplhala především komponenty řízení, které zajistí komfortní chod zařízení. S touto sumou by stálo za to uvažovat o použití nerezových nádob, neboť se zásadně nepromítnou do ceny. Porovnat toto zařízení s komerčně vyráběnými systémy pro řízené kvašení nelze. Z důvodu vysokého chladicího výkonu, který u komerčních aplikací nenalezneme.

Případné největší nedostatky návrhu vidím v absenci informací u některých dílů o teplotní odolnosti (cirkulační čerpadlo, hadicové rychlospojky), které budou namáhány na chlad. Nemám zkušenost s kombinovaně (teplo, chlad) namáhaným dílem z 3D tiskárny a nejsem si jistý, jak dlouho vydrží. Nicméně toto řešení mi z nabízených možností přišlo nejelegantnější, v případě problémů jde nahradit několika prodlužovacími díly pro topenářské potrubí. Dalšími nedostatky považuji absenci tepelné izolace chlazené nádoby a neřešení mísení vody v chlazené nádobě.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] RECYKLOVANÝ FILAMENT Z PET – ZELENÁ, 1 KG [online]. ekomb.cz [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.ekomb.cz/produkt/recyklovany-filament-z-pet-zelena/>
- [2] CHLÁDEK, Ladislav. Pivovarnictví. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 207 s., 8 s. barev. obr. příl. Řemesla, tradice, technika. ISBN 978-802-4716-169
- [3] BASAŘOVÁ, Gabriela. Pivovarství: teorie a praxe výroby piva. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010, 863 s. ISBN 978-80-7080-734-7
- [4] ŠKORPÍK, Jiří. Tepelné oběhy a jejich realizace, Transformační technologie, 2006-11, [last updated 2013-08]. Brno: Jiří Škorpík, [online]. [cit. 2021-5-1] pokračující zdroj, ISSN 1804-8293. Dostupné z <http://www.transformacni-technologie.cz/tepelneobehy-a-jejich-realizace.html>
- [5] Chladicí a klimatizační technika. Praha: Svaz chladicí a klimatizační techniky, 2012. Učební texty Svazu CHKT
- [6] Lučanová, Leona. 2012. Výukový text - Pivovarnictví. Bakalářská práce. Brno: Masarykova univerzita, 50 s
- [7] Chmel pivo nejen z chmelu [online]. In: . 2017, s. 1 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <http://magazin.dobracec.cz/chmel-nejen-pivo-z-chmelu>
- [8] Slad. Pivoteka.cz [online]. Olomouc, 2021 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.pivoteka.cz/slad>
- [9] STRAKA, M. Chladicí jednotka domácího pivovaru. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 60 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Hejčík, PhD. [online]. [cit. 2021-5-1] Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=129156
- [10] BARTOŇ, Roman. Principy chlazení, chladicí zařízení v průmyslu komerční bezpečnosti. Zlín, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Lubomír Macků, PhD.
- [11] Pivní deka. Pivniklenoty.cz [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <http://www.pivniklenoty.cz/runtime/cache/images/attached/pivni-deka1.jpg>
- [12] Gree R410a 12K-BTU-1PH-208-320V 60Hz. Team-int.com [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://team-int.com/product/94599/Gree-R410a-12K-BTU-1PH-208-320V60Hz>
- [13] „Šroták“. Tourdebier.cz [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.tourdebier.cz/francek/srotak/>
- [14] CCW. Czechminibreweries.com [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://eshop.czechminibreweries.com/cs/product-category/cse/ccw/>
- [15] Jak se pivo vaří. Chodovar.cz [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.chodovar.cz/id1056cz-jak-se-pivo-vari.htm>
- [16] Mladinové koncentráty. Pivoteka.cz [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.pivoteka.cz/mladinove-koncentraty>
- [17] Brauheld Pro sladový kotel. Klarstein.cz [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.klarstein.cz/Domaci-spotrebice/Davkovac-Napoju/Domaci-pivovary/Brauheld-Pro-sladovy-kotel-3300-W-45l-30-100-C-obehove-cerpadlo-uslechtila-ocel-45-litru.html>
- [18] HISTORICKÉ FOTO: Těžbu ledu u pražských Šítkovských mlýnů. Zakrasnejsivimperk.cz [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <http://zakrasnejsivimperk.cz/?p=136782>

- [19] HUKA KOSH-50 Barel na kvas širokohrdlý 50l. Heureka.cz [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://sudy-na-vodu.heureka.cz/huka-kosh-50-barel-na-kvas-sirokohrdly-50l/>
- [20] Sud se sponou 120 l UN. Tbaplast.cz [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: https://www.tbaplast.cz/sud-se-sponou-120-l-un?gclid=CjwKCAjwu5CDBhB9EiwA0w6sLXduPHz6O1wAerTiDodYnWV6VPognrMU0CKDhWiz56D73WvnsKKLDhoCT9oQAvD_BwE
- [21] Chladiva a klimatizace. Haier-klimatizace.cz [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.haier-klimatizace.cz/chladiva-a-klimatizace-2>
- [22] HOLOUBEK, Roman. Tisková zpráva ke zvýšení limitu pro domácí pivovarníky. cech-pivo.cz [online]. Praha: Cech domácích pivovarníků, 2019, 9. listopad 2019 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://cech-pivo.cz/cs/czech-homebrewers-guild/about-us/93-tiskova-zprava-k-zvyseni-limitu-pro-domaci-pivovarniky>
- [23] Lamda Compressor (ForAC) 2018 Product Manual [online]. In: . s. 34 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: [http://global.gree.com/data/cms/archive/201811\(4\)/LamdaCompressor\(ForAC\)2018ProductManual.pdf](http://global.gree.com/data/cms/archive/201811(4)/LamdaCompressor(ForAC)2018ProductManual.pdf)
- [24] Chladiva a jejich rozdělení [online]. e-chladiva.cz [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.e-chladiva.cz/chladiva-rozdeleni-p112.htm>
- [25] Deskový výměník SWEP E8Tx20 [online]. <https://www.vymeniky-tepla.cz>, 2018 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: https://www.vymeniky-tepla.cz/obchod/Vymenik_tepla.php?vymenik=E8T&desekek=20
- [26] Thermo-expansion-valve [online]. emerson.com [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://climate.emerson.com/documents/thermo--expansion-valve-series-tih-technical-bulletin-en-gb-6402660.pdf>
- [27] Mechanické termostaty [online]. docplayer.cz [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/15902094-Mechanicke-presostaty-a-termostaty.html>
- [28] COOLEXPART APG-08AN1 [online]. Heureka.cz [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://klimatizace.heureka.cz/coolexpert-apg-08an1/?s=6>
- [29] Elektromagnetický ventil 0-10bar G1/8 230V NC F.S.A. [online]. elventil.cz [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.elventil.cz/elektromagneticky-ventil-0-10bar-g1/8-230v-ac-nc-f.s.a>
- [30] Digitální termostat STC-1000 [online]. hwpro.cz [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: https://www.hwpro.cz/oc/index.php?route=product/product&product_id=391
- [31] IBO OHI 25-40/130 39039 [online]. Heureka.cz [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://cerpadla.heureka.cz/ibo-ohi-25-40-130-39039/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1 Fotografie domácího pivovaru
- Obr. 2 Chmel [7]
- Obr. 3 Slad [8]
- Obr. 4 Pivovarské kvasnice [11]
- Obr. 5 Schéma výrobního procesu [6]
- Obr. 6 Šrotování sladu [13]
- Obr. 7 Deskový chladič pro domácí pivovar od firmy CCW [14]
- Obr. 8 Kvasné prostory pivovaru Chodovar [15]
- Obr. 9 Mladinový koncentrát od firmy VIK [16]
- Obr. 10 Komerční domácí pivovar Klarstein Brauheld Pro [17]
- Obr. 11 Těžba ledu u pražských Šítkovských mlýnů z roku 1895 [18]
- Obr. 12 Graf závislosti teploty (T) na entropii (s) chladiva ideálního chladicího oběhu [4]
- Obr. 13 Schéma absorpčního chlazení [10]
- Obr. 14 Fotografie domácího pivovaru
- Obr. 15 Schéma chladicího zařízení
- Obr. 16 První návrh zařízení v programu Solidworks
- Obr. 17 Náčrt zařízení
- Obr. 18 Barel na kvas širokohrdlý 50 l – použitý jako spilka [19]
- Obr. 19 Sud se sponou 120 l UN [20]
- Obr. 20 Návrh zpevnění víka
- Obr. 21 Návrh průchodky s kohoutem
- Obr. 22 Oběhové čerpadlo IBO OHI 25-40/130 [31]
- Obr. 23 Schéma chladicího okruhu
- Obr. 24 Oběh chladiva R410a v diagramu log p – h,
- Obr. 25 Mobilní klimatizace CoolExpert APG-08AN1 [27]
- Obr. 26 Kompresor GREE [12]
- Obr. 27 Výstřížek z katalogu kompresorů firmy Gree [23]
- Obr. 28 Deskový výměník SWEP E8Tx20 [25]
- Obr. 29 Expanzivní ventil TIH-Z32 [26]
- Obr. 30 Elektromagnetický ventil 0-10 bar G1/8 230 V NC F.S.A [29]
- Obr. 31 Presostat Alco Controls PS2-A7L [27]
- Obr. 32 Digitální termostat STC-1000 [30]

SEZNAM PŘÍLOH

- PŘÍLOHA 1 – Kusovník

PŘÍLOHA 1 – Kusovník

Pozice	Název	Doplňující informace	Množství	cena/jednotka	cena celkem	Zdroj
			[ks/m/kg/l]	[Kč]	[Kč]	
0	Chladicí zařízení	SESTAVA	1	-	-	-
1	Spilka	Barel na kvas širokohrdlý 50 l	1	449	449	1url.cz/gK164
2	Nádoba s chladičem	SESTAVA	1	-	-	-
2.1	Sud se sponou 120 l UN		1	858	858	1url.cz/fK16j
2.2	Zpevnění víka	SESTAVA	1	-	-	-
2.2.1	3D tištěný díl	ECOMB rPET	0,24	349	83,76	1url.cz/qKWjU
2.2.2	Šroub M4-20	DIN 912	8	0,5	4	1url.cz/OKWjf
2.2.3	Matka M4	DIN 934	8	0,2	1,6	1url.cz/1KWjI
3	Průchodka s kohoutem	SESTAVA	1	-	-	-
3.1	3D tištěný díl	ECOMB rPET	0,05	349	17,45	1url.cz/qKWjU
3.2	Prodlužovací závitový kus	1/2" 534 M	1	39,57	39,57	1url.cz/4K16U
3.3	Matice 1/2"	F – 374 MMS	2	10,77	21,54	1url.cz/JK16C
3.4	Pryžové těsnění	22X36X2 SBR	2	1,45	2,9	1url.cz/NK16I
3.5	Matice s přírubou 1/2"	311 F	1	12,34	12,34	1url.cz/xK16f
3.6	Kohout kulový zahradní	1/2" x 3/4" s nástavcem na hadici	1	95,7	95,7	1url.cz/rK16S
3.7	Pryžové těsnění	16X24X2 SBR	2	1,02	2,04	1url.cz/eK18Q
4	Chladicí okruh	SESTAVA	1	-	-	-
4.1	Kompresor	Gree QXA-A083A130	1			-
4.2	Kondenzační jednotka	Klimatizace cool expert	1	1000	1000	-
4.3	Diagonální ventilátor	klimatizace cool expert	1			-
4.4	Chladivo	R410A	0,5	1077	538,5	1url.cz/ZKWcJ
4.5	Výparník	SWEP E8Tx20	1	2 965	2965	1url.cz/kKWjg
4.6	Expanzivní ventil	TX3-Z32, R410A	1	2392	2392	1url.cz/VKWjS
4.7	Solenoid	EMV 0-10bar G1/8 230V NC F.S.A.	1	878	878	1url.cz/tKWj0
4.8	Trubka DN 6	Trubka Cu měkká 6 x 1 mm	2	55,3	110,6	1url.cz/TKWP5
4.9	Trubka DN 8	Trubka Cu měkká 8 x 1 mm	2	74,78	149,56	1url.cz/BKWPb
4.10	Základní deska chladicího okruhu	Dřevotříska	1	100	100	
4.11	Šroub M6-40	DIN 933	3	1,2	3,6	1url.cz/iKWcL
4.12	Matka M6	DIN 934	3	0,53	1,59	1url.cz/QKWcK
4.13	Samovázací kovové pásy		20	11,06	221,2	1url.cz/AKwLP
5	Řízení chladicího okruhu	SESTAVA	1	-	-	-
5.1	Preostat	PS2-A7L	1	2187,68	2187,68	1url.cz/lKWjO
5.2	Termostat	STC-1000 230VAC	1	679	679	1url.cz/GKWj5
6	Propojení s chladím okruhem	SESTAVA	1	-	-	-
6.1	Zahradní hadice	GEKO STANDARD zelená 3/4"	4	8	32	1url.cz/YKWP9
6.2	Cirkulační čerpadlo	OHI 25-40/130	1	849	849	1url.cz/OKWPc
6.3	MS adaptér vnitřní závit IG 3/4"	propojení hadice s výměníkem	2	79	158	1url.cz/zKWP6
6.4	Rychlospojka 1	13 mm (1/2") - 15 mm (5/8") Gardena	4	139	556	1url.cz/vKWP8
6.5	MS adaptér vnější závit AG 3/4"	Propojení hadice s čerpadlem	2	69	138	1url.cz/DKWPx
7	Glykol		16	130	2080	
Cena celkem s DPH					16627,63	