

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Основи процесних апарата и постројења

Број индекса: 370/2014

Милан Р. Срејић

**Енергетска ревизија хладњаче за воће
предузећа *JR TEMPO FOODS***

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Давор Кончаловић – ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог рада кандидат треба да се упозна са расхладним процесима са нагласком на процесе хлађења воћа и поврћа. Потом се од кандидата очекује да, на одабраној студији случаја (расхладно постројење компаније *JR TEMPO FOODS* из Трстеника) спроведе енергетску ревизију користећи поступке из литературе као и опрему која се уобичајено користи током енергетске ревизије. Очекивани резултат рада су систематизоване препоручене мере за унапређење енергетско еколошке ефикасности постројења-хладњача.

Препоручена литература:

- [1]Гордић, Д.: Енерго-еко менаџмент у индустрији намештаја,Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, 2011.
- [2] Jelić, D., Gordić, D., Babić, M., Končalović, D., Šušterčić, V.: Review of existing energy management standards and possibilities for its introduction in Serbia, Thermal Science: Vol. 14, No. 3, 2010, pp. 613-623.
- [3] Gordić, D., Babić, M., Šušteršić, V., Jovičić, N., Končalović, D., Jelić, D.: Development of Energy Management System-Case Study of Serbian Car Manufacturer, Energy Conversion and Management, Vol.51, No.12, 2010, pp. 2783-2790.
- [4] Лукић, Н.: Скрипта, Пренос топлоте и масе, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, 2013. год.

Крагујевац, датум

Ментор:
др Давор Кончаловић

Резиме

У првом делу мастер рада дефинисан је појам енергетског менаџмента, потом појам еколошког менаџмента и на крају систем енерго-еко менаџмента.

Производња воћа, како на глобалном нивоу, тако и на државном нивоу у Републици Србији приказана је у другом поглављу.

У трећем поглављу рада описане су физичко-хемијске промене које се одвијају у воћу и поврћу у процесу хлађења и смрзавања. Потом су дефинисане хладњаче, расхладне коморе, тунели за смрзавање, левокретни расхладни циклуси који се најчешће примењује у технологији расхлађивања и смрзавања производа и главни елементи расхладних инсталација (компресори, вентилатори, размењивачи топлоте, пригушни вентили). На крају овог поглавља приказана је потрошња енергије у процесима хлађења и смрзавања воћа и поврћа у САД.

У четвртном поглављу, које иначе представља предуслов за спровођење енерго-еко менаџмента, дати су: општи подаци о предузећу (са подацима о производњи), технички опис хладњаче, грађевинска физика, расхладна опрема са својим карактеристикама, токови ситовина и токови енергената (воде и електричне енергије).

У петом поглављу, хладњача (предмет студије случаја) је провучена кроз матрицу енерго-еко менаџмента. Потом су приложене табеле у којима су дефинисане мере, према инвестиционим трошковима, за повећање енерго-еко ефикасности предузећа. На крају је дата листа приоритетних мера које се морају што пре спровести у дело.

Кључне речи: Технологија расхлађивања и смрзавања, Воће и поврће, Хладњача, Енерго-еко менаџмент, Расхладна опрема, Енерго-еко ефикасност, Рекулперација отпадне топлоте.

Abstract:

In the first part of the master thesis, the concept of energy management is defined, then the concept of environmental management, and at last the system of energy-eco management. The production of fruits, from the global level to the state level of Republic of Serbia, is shown in the second part of the thesis. In the third chapter, physical and chemical changes that occur in the fruits and vegetables during the process of refrigeration and freezing are described. Then, cold storages, cooling chambers, freezing tunnels, left-turn cooling cycles that are commonly used in refrigeration and freezing technology of products and the main elements of refrigeration installations (compressors, fans, heat exchangers, flow control valves) are defined. At the end of this chapter the energy consumption in cooling and freezing of fruits and vegetables in the United States is shown. In the fourth chapter, which represents the precondition for implementation of energy-eco management, are given: general data of the company (with data of the production), technical description of the cold storage, building physics, cooling equipment with its characteristics, the flow of raw material, as well as the flow of the energy (water and electric energy). In the fifth chapter, the cold storage (subject to case studies) is passed through the matrix of energy-eco management. Then, a table is attached, in which the measures according to investment costs are defined, in order to increase the energy-eco efficiency of the companies. At the end, the list of priority measures that need to be implemented as soon as possible is given.

Keywords:

The technology of refrigeration and freezing, fruits and vegetables, cold storage, eco-energy management, refrigeration equipment, energy-eco efficiency, waste heat recovery.

Садржај:

1. Енерго-еко менаџмент	8
1.1 Систем енергетског менаџмента	8
1.2 Систем менаџмента заштитом животне средине.....	8
1.3 Систем енерго-еко менаџмента	9
2. Производња воћа.....	11
2.1 Производња воћа у свету.....	11
2.2 Производња воћа у Републици Србији	14
3. Технологија хлађења и смрзавања.....	17
3.1 Физичко-хемијске особине воћа и поврћа у процесу хлађења и смрзавања	17
3.2 Хладњаче	19
3.2.1 Дефиниција и подела хладњача	19
3.2.2 Конструкција хладњача	20
3.2.3 План хладњаче.....	21
3.3 Расхладне коморе.....	22
3.4 Класични тунели за смрзавање робе	23
3.5 Левокретни расхладни циклуси	24
3.5.1 Carnot-ов левокретни циклуси са идеалним гасом	24
3.5.2 Гасни циклуси за хлађење	27
3.5.3 Компресорски парни расхладни циклус.....	28
3.5.4 Расхладни парни апсорпциони циклус	29
3.5.5 Расхладни парни циклус са млазом паре.....	31
3.6 Основни елементи расхладних инсталација.....	31
3.6.1 Компресори.....	31
3.6.2 Вентилатори.....	34
3.6.3 Размењивачи топлоте	35
3.6.4 Пригушни вентили	38
3.7 Потрошња енергије у технолошком процесу смрзавања воћа и поврћа.....	38
4. Студија случаја	40
4.1 Општи подаци о предузећу.....	40
4.2 Технички опис хладњаче.....	42
4.3 Климатски подаци за посматрану локацију	44
4.4 Грађевинска физика објекта	45
4.5 Расхладна опрема	45
4.6 Токови сировина.....	49
4.7 Токови енергије.....	50
4.7.1 Вода	51
4.7.2 Електрична енергија.....	52
5. Примена концепта енерго-еко менаџмента	54
5.1 Матрица енерго-еко менаџмента	54
5.2 Развој политике енерго-еко менаџмента.....	55
5.3 Енерго-еко билансирање	55
5.4 Провера учинка предузећа	60
5.4.1 Мерење и прикупљање података	60
5.4.2 Праћење и утврђивање циљева	61

5.5 Мере за повећање енерго-еко ефикасности предузећа	65
6. Закључак	70
7. Литература	71

1 ЕНЕРГО – ЕКО МЕНАЏМЕНТ

1.1 Систем енергетског менаџмента

Константан раст цене енергената условљава индустријска предузећа, да постану све више свесна, да је енергија скупа „роба“ и да је треба ефикасно користити, како би се повећао профит предузећа. То условљава да предузећа постају све више мотивисана, да уводе праксу енергетског менаџмента (управљања енергијом, газдовања енергијом) као део својих редовних активности [1].

Газдовање (управљање) енергијом у индустрији је непрекидан процес, који обухвата праћење енергетског учинка предузећа и непрестано проналажење начина да се исти одржи и побољша [2].

Током последњих десетак година, у развијеном индустријском свету дефинисани су одговарајући стандарди и примери најбоље праксе, како би се формирао, и у пракси имплементирао постојан систем енергетског менаџмента, којим би се одржао и/или повећао обим производње уз одговарајућу уштеду енергије [1].

Дефинисани стандарди су прихваћени и подржавани од стране бројних међународних организација [1]:

-  Energy Star (САД);
-  National Resources Canada (Канада);
-  Action Energy (Уједињено Краљевство);
-  EPA Victoria (Аустралија), итд.

Штавише, дефинисано је и неколико националних стандарда система газдовања енергијом: Данска-DS/INF 136, Ирска-I.S. 393:2005, Шведска-SS 627750, САД-ANSI MSE 2000, итд. [3]. У јулу 2009. године, од стране CEN-а, објављен је европски стандард EN 16001:2009 [4]. У фебруару 2008. године, ISO је одобрио иницирање новог пројектног подкомитета (PC 242-Energy Management), именованог са циљем да развије нови ISO стандард система енергетског менаџмента. Овај стандард (ISO 50001), објављен је 15.06.2011. године.

Систем газдовања енергијом фокусира се на ефикасну употребу енергије, воде и осталих сировина. Стандардне активности у систематском приступу газдовању енергијом обухватају: набавку енергије, мерење и фактурисање, мерење учинка система, развој енергетске политике, израду енергетских прегледа и биланса, успостављање корелације између употребе енергије и обима финалне производње, подизање нивоа свести, имплементацију пројеката побољшања енергетске ефикасности, обуку и образовање, управљање инвестиционим пројектима, итд. [5] [6].

1.2 Систем менаџмента заштитом животне средине

У зависности од типа производа и обима производње, индустрија може да буде значајан извор загађења човекове околине. Индустријска предузећа највише загађују околину испуштањем штетних димних гасова и отпадних вода (течног отпада), мада могу емитовати друге облике загађења.

За побољшање еколошких перформанси предузећа, често је потребна примена скупих мера без очигледних и непосредних финансијских користи за предузеће, па годинама питања заштите животне средине нису била на листи приоритета индустријских предузећа [1].

Индустријска предузећа у развијеним земљама суочавају се са строгим еколошким прописима и ограничењима – јер Владе тих земаља захтевају од произвођача већу одговорност према животној средини, што условљава њихову потребу за управљањем отпадом.

Непрестано загађење животне средине, страх од потпуног исцрпљења природних ресурса, повећана заинтересованост јавног мњења за очувањем животне средине, недостатак организованог и систематског праћења последица загађења и посебни услови рада у угроженим областима, довели су до изражене потребе за увођењем система управљања (менаџмента) заштитом животне средине, дефинисаног кроз стандарде, као што су EU EMAS и међународни ISO 14001:2004 [1].

Систем управљања заштитом животне средине, треба да узме у обзир законску регулативу, постојеће стандарде, да буде у складу са потребама животне средине, да контролише и смањује загађења и утицај који та загађења имају на животну средину.

Предности које се остварују применом овог система у индустрији су [1]:

-  смањење утицаја на животну средину;
-  смањење ризика од потенцијалних еколошких катастрофа;
-  смањење трошкова потребних да се систем одржи у складу са животном средином.

Трошкови заштите животне средине последица су [1]:

-  инвестиционих и радних трошкова за опрему система за контролисање загађења;
-  тарифа за одлагање отпада;
-  обука потребних лица за заштиту животне средине;
-  праћења, чувања и анализирања података, извештавања, итд.

1.3 Систем енерго-еко менаџмента

Заједничко за оба система управљања је да се баве ефикасношћу употребе сировина и смањења отпада, јер свако (непотребно) расипање сировина означава да се истовремено користи више енергије него што је неопходно и да је загађење животне средине веће него што је неопходно [1].

Према анализама актуелних истраживања, индивидуални елементи система енергетског менаџмента, могу се поредити са елементима система менаџмента заштитом животне средине [7] [8]. У једном индустријском предузећу, стога се може увести јединствена пракса енерго-еко менаџмента (управљања енергијом и заштитом животне средине) [1].

Систем енерго-еко менаџмента (или краће ЕЕМ), представља систем за побољшање енергетског и еколошког учинка предузећа, за чије функционисање је потребно да се интегришу [1]:

-  људи са потребним вештинама и додељеним задужењима;
-  систем за мерење ефикасности предузећа;

- показатељи (индикатори) ефикасности;
- евалуација ефикасности коришћењем директних мерења;
- поступци за праћење ефикасности.

Практично, систем ЕЕМ је систем који треба да омогући остваривање постављених циљева мерењем, праћењем и евалуацијом енергетске и еколошке ефикасности производних процеса у индустријском предузећу [8].

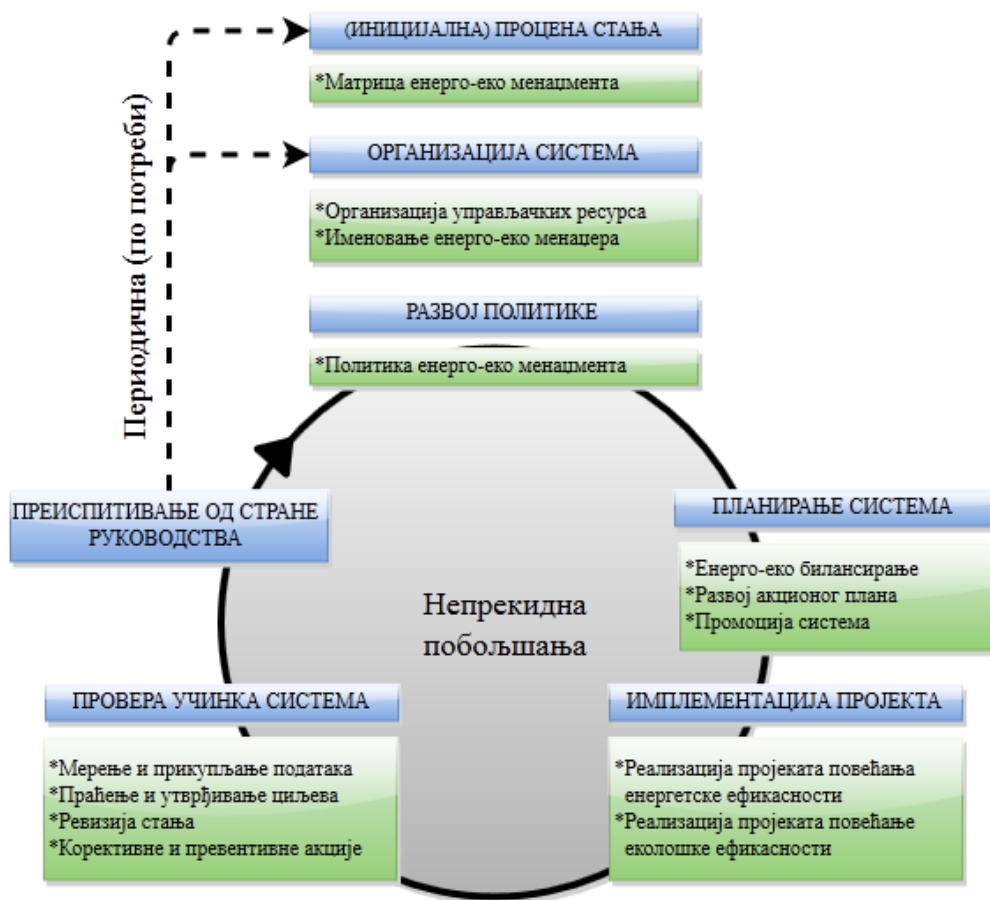
Предности интегрисања система енергетског менаџмента и менаџмента заштитом животне средине су [1]:

- избегавање паралелног система менаџмента за енергију и заштиту животне средине;
- предузећа су мање оптерећена административним пословима;
- лакше одржавање система;
- веће економске уштеде и мање загађење животне средине.

Систем ЕЕМ у једном индустријском предузећу зависи од гране индустрије којој предузеће припада, врсте производа, типа и обима производње, нивоа аутоматизације, броја радника, стања технолошке опремљености, итд. [1].

Иако систем ЕЕМ зависи од доста фактора, без обзира о каквом се предузећу ради, систем ЕЕМ садржи основне елементе који сачињавају структуру система.

Структура система ЕЕМ са основним елементима која може без проблема да се примени у било ком индустријском предузећу дијаграмски је приказана на слици 1.1.

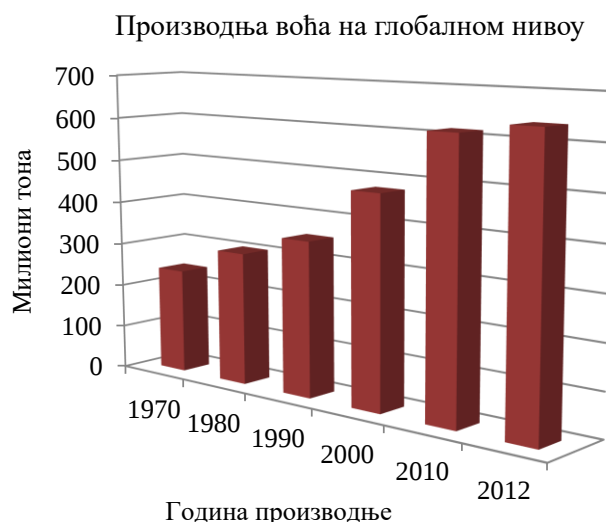


Слика 1.1 Структура система енерго-еко менаџмента [1]

2 ПРОИЗВОДЊА ВОЋА

2.1 Производња воћа у свету

На основу података које је изнео *GEOHIVE*¹, производња (принос) воћа у 2012. години, износила је 636,545 милиона тона (слика 2.1).



Слика 2.1 Глобална производња воћа у периоду 1970.-2012. год.
(десетогодишњи пресек) [9]

Производња (принос) воћа 1970. године износила је на глобалном нивоу 240,17 милиона тона. Од тада тренд приноса непрестано расте, заједно са порастом броја становника на планети.

Тако је 1980. године производња воћа износила 303,59 милиона тона, 1990. године 353,17 милиона тона, 2000. године 476,27 милиона тона, док је 2010. године достигнута вредност од 613,95 милиона тона (слика 2.1).

Највећи произвођачи воћа на глобалном нивоу [9] у 2012. години били су: Кина, Индија, Бразил, САД, Индонезија, Филипини, Мексико, Турска, Шпанија, Италија, Иран, Тајланд, Нигерија, Египат, Уганда (табела 2.1).

Табела 2.1 Највећи светски произвођачи воћа у 2012. год. [9]

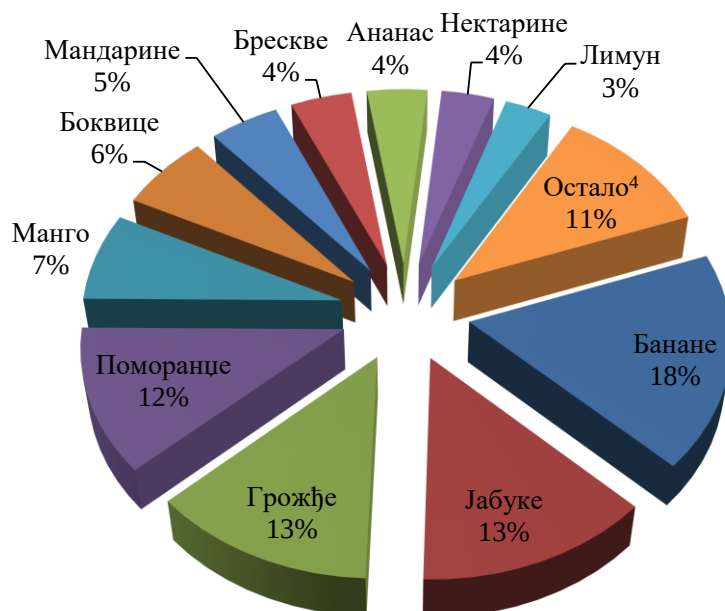
Држава	Производња (милиони тона)	Држава	Производња (милиони тона)
1. Кина	137,07	9. Шпанија	13,99
2. Индија	71,08	10. Италија	13,9
3. Бразил	38,37	11. Иран	11,98
4. САД	26,55	12. Тајланд	11,26
5. Индонезија	17,75	13. Нигерија	11,06
6. Филипини	16,38	14. Египат	10,69
7. Мексико	15,92	15. Уганда	9,83
8. Турска	14,98	УКУПНО	420,81

¹ GEOHIVE – a site with all kinds of statistics.

Занимљив податак је да првих петнаест земаља чини 66,1% укупне светске производње, као и то да Кина и Индија заједно чине 32,7%, што је скоро половина удела првих петнаест земаља и трећина укупног светског удела.

На следећем дијаграму (слика 2.2) сајта Statista² приказан је процентуални удео разних воћних култура у укупној производњи воћа на светском нивоу у 2012. години³.

Процентуално учешће воћних култура у укупној светској производњи воћа у 2012. години



Слика 2.2 Процентуално учешће воћних култура у укупној светској производњи воћа у 2012. години [10]

У поменутој години, највише је произведено банана (18%), јабука и грожђа (оба по 13%). На четвртм месту су поморанце (12%), док су на петом месту мандарине (5%).

Производња и принос воћа, како на глобалном нивоу, тако и на државном нивоу, варира од године до године. Фактори који утичу на производњу воћа су веома различити.

Неки од најугицајних фактора на производњу воћа су: потражња за сортом воћа, развијеност привреде, пољопривреде, економије, као и развијеност прехранбене индустрије. Затим, технолошка развијеност, подршка Владе, метеоролошки утицаји (географска ширина и дужина, клима, падавине, елементарне непогоде, итд.).

Према наводима ИТС⁵, светска трговинска размена воћа износила је 189,07 милијарди US \$ у 2012. год.

На следећем дијаграму (слика 2.3), приказана је светска трговинска размена воћа (шифра 08⁶) у периоду 2004.-2012. године.

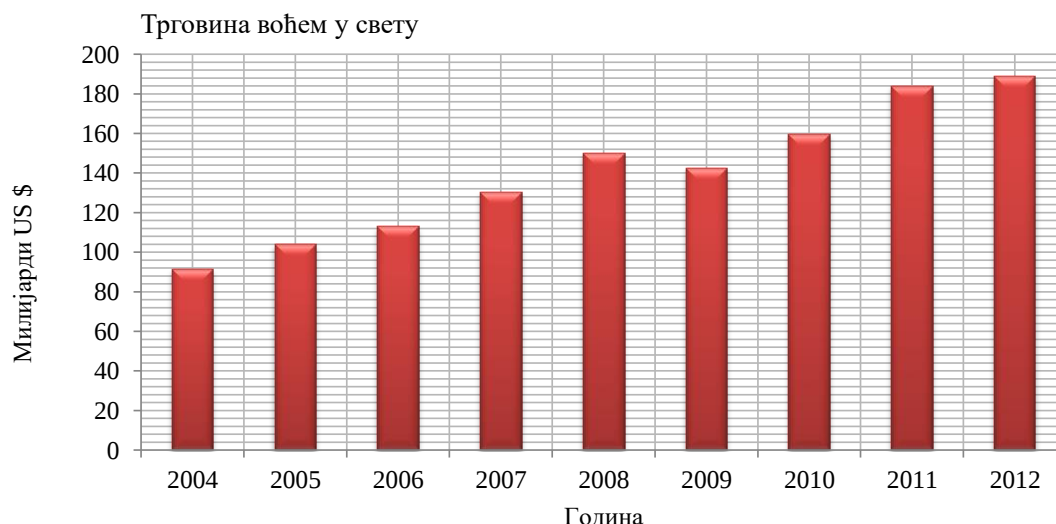
² Statista – The Statistics Portal (Statistics and Studies from more than 18,000 Sources).

³ Аналогно дијаграму на слици 1.1.

⁴ Киви, вишње, грејпфрут, авокадо, јагоде, папаја, кајсије, итд.

⁵ International Trade Centre.

⁶ Под овом шифром подразумевају се и ораси, тако да се у наставку овог рада под појмом „воће“ мисли на „воће и ораси“.



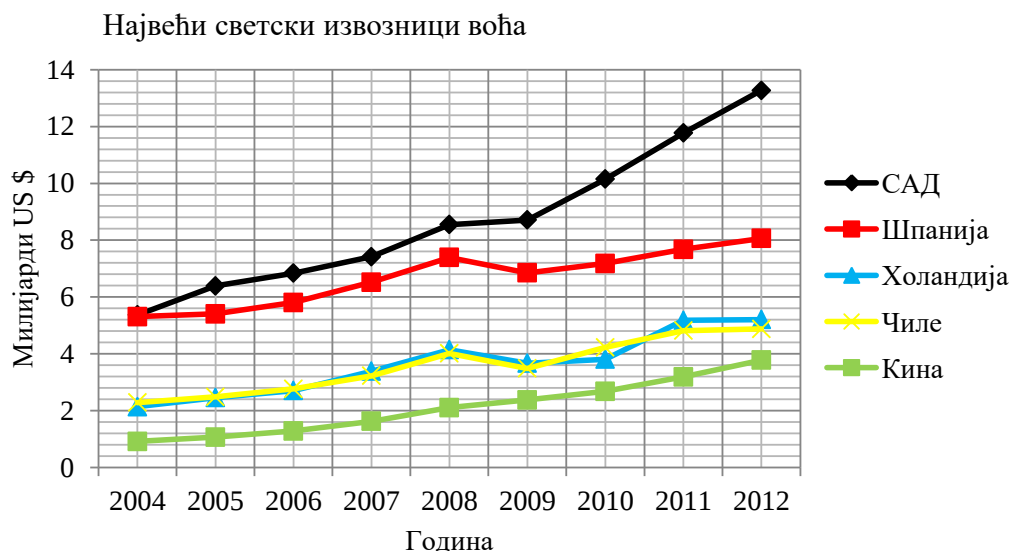
Слика 2.3 Обим светске трговинске размене воћа у периоду 2004.-2012. год. [11]

Светска трговинска размена воћа опала је у 2009. години услед економске кризе и упада у рецесију, па је износила је 142,75 милијарди US \$. У 2010. години индустрија прераде воћа почела је полако да се опоравља (159,55 милијарди US \$), да би у 2011. била забележена размена овог производа у износу од 183,82 милијарди US \$.

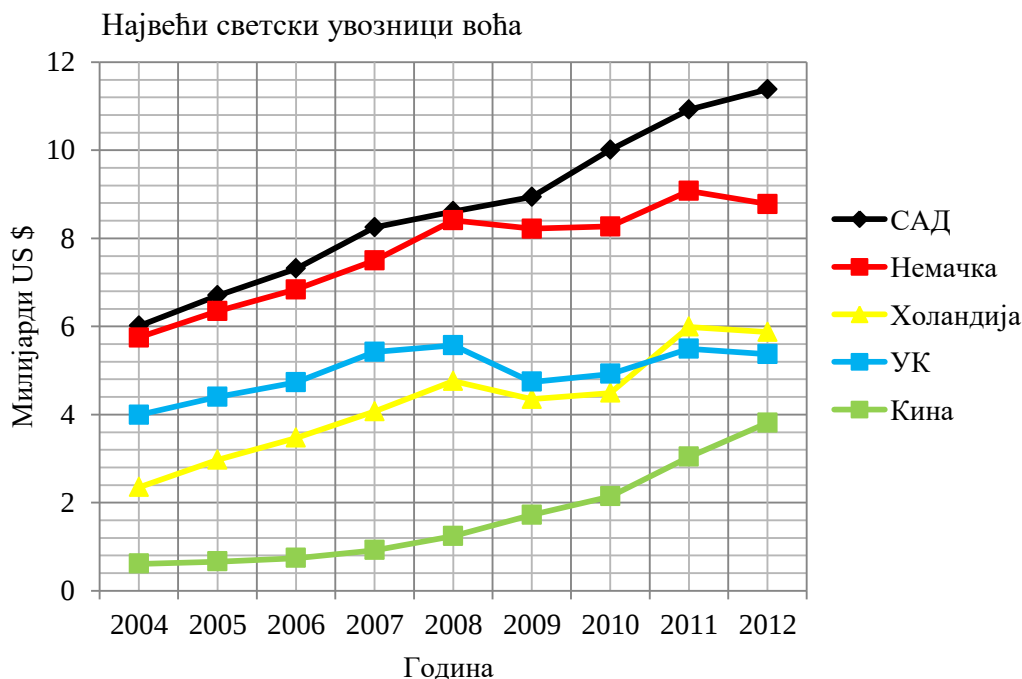
Највећи извозници воћа у свету су: САД, Шпанија, Холандија, Чиле, Кина, Мексико, Турска, Италија, Вијетнам, Еквадор [11].

Највећи увозници воћа у свету су: САД, Немачка, Холандија, Уједињено Краљевство, Кина, Француска, Канада, Руска Федерација, Индија, Италија [11].

На дијаграму (слика 2.4) приказана је вредност извоза воћа 5 највећих светских извозника (САД, Шпанија, Холандија, Чиле, Кина) у периоду 2004.-2012. год., док је на дијаграму (слика 2.5) приказана вредност увоза воћа 5 највећих светских увозника (САД, Немачка, Холандија, УК, Кина) у истом периоду.



Слика 2.4 Највећи извозници воћа у свету у периоду 2004.-2012. год. [11]



Слика 2.5 Највећи увозници воћа у свету у периоду 2004.-2012. год. [11]

Дијаграми (слика 2.4, слика 2.5) показују да је увоз (извоз) доста опао у периоду 2008.-2009. године. Разлог томе је светска економска криза која је се највише осетила у том периоду (изузетак су САД и Кина). Исти дијаграми показују и опоравак спољно-трговинске размене до 2012. године.

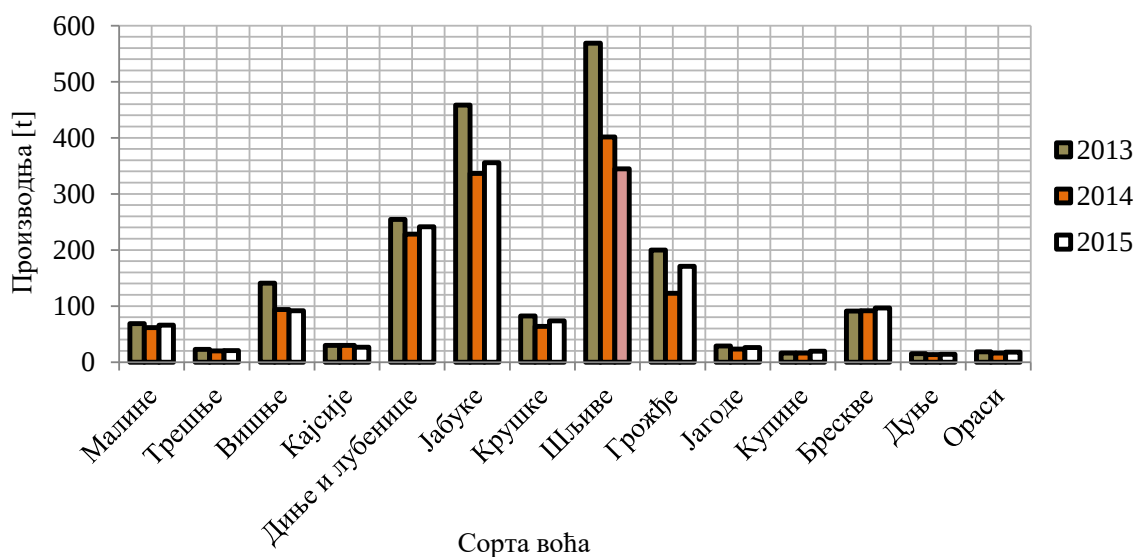
2.2 Производња воћа у Републици Србији

Подаци о производњи воћа у Републици Србији (као и разни други статистички подаци у оквиру разних привредних грана, а и других области) могу се пронаћи на сајту РЗС Републике Србије⁷.

У Србији се (у оквиру пољопривредног сектора) од воћних култура највише производи следеће: малине, трешње, вишње, кајсије, диње и лубенице (према [12] су сврстане у једну групу), јабуке, крушке, шљиве, грожђе, јагоде, купине, брескве, дуње, као и ораси.

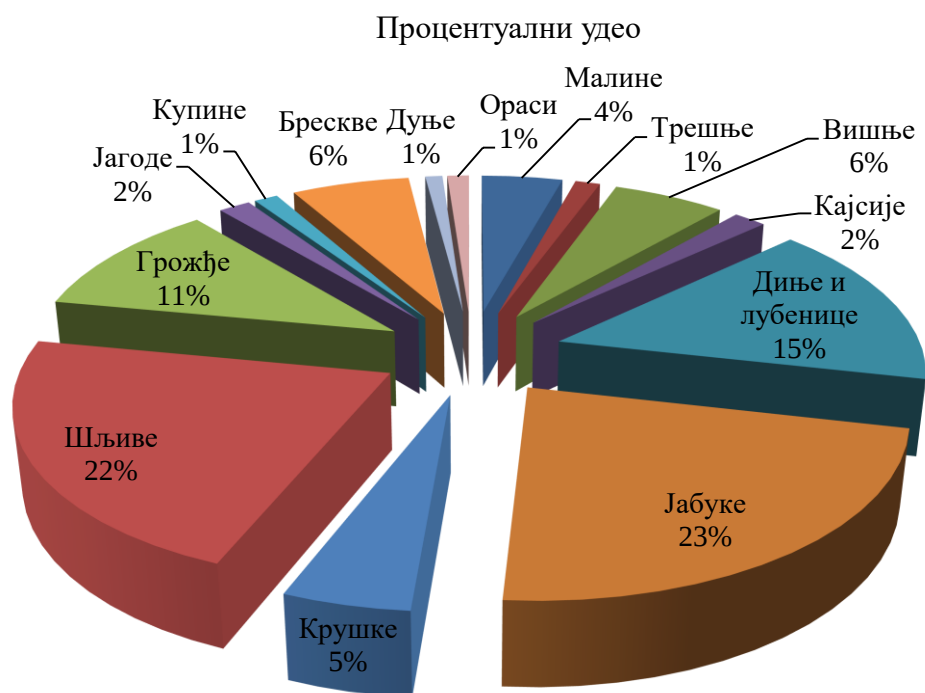
Производња воћа (по културама) у Србији у периоду 2013.-2015. године приказана је табеларно (слика 2.6).

⁷ Републички завод за статистику – Статистички подаци произведени у оквиру статистичких истраживања сматрају се „јавним добром“, па је њихова дисеминација обавезна према Закону о званичној статистици („Службени гласник РС“, број 104/09).



Слика 2.6 Производња воћа (по културама) у Србији у периоду 2013.-2015. године [12]

Процентуални удео приложених култура (слика 2.6) у 2015. год. дијаграмски је приказан на слици 2.7.



Слика 2.7 Процентуални приказ производње разних сорти воћа у 2015. години [12]

У Србији се (слика 2.6, слика 2.7) највише производе: јабуке (23%), шљиве (22%), диње и лубенице (15%) и грожђе (11%).

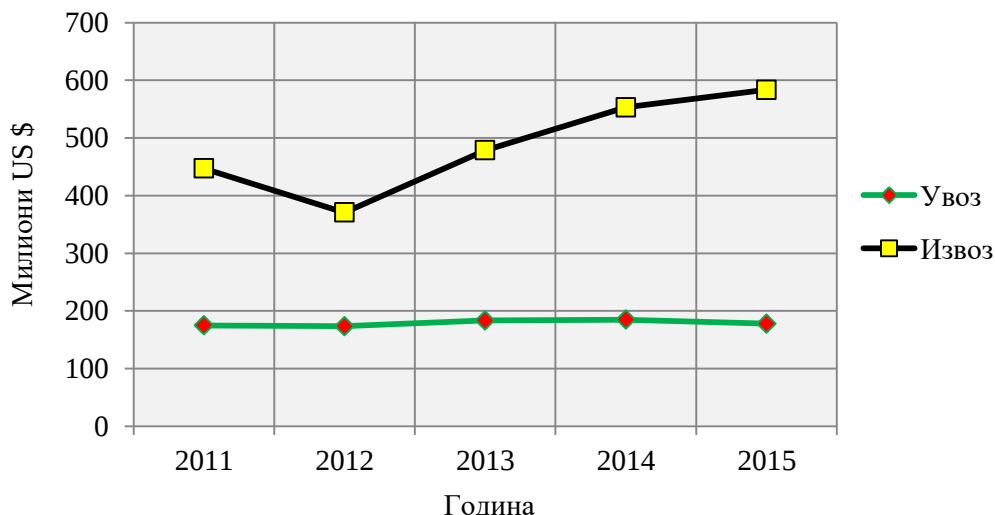
Подаци који се односе на даље третирање воћа се веома тешко са сигурношћу могу прибавити.

Велики део овог воћа се користи за добијање пића (алкохолног и безалкохолног). Такође се користи за производњу џемова, слатког, разних каша и сл.

Одређени део воћа се користи и као додатак (слаткиши, млеко, сладоледи, итд.), док се мањи део произведеног воћа суши и конзервира.

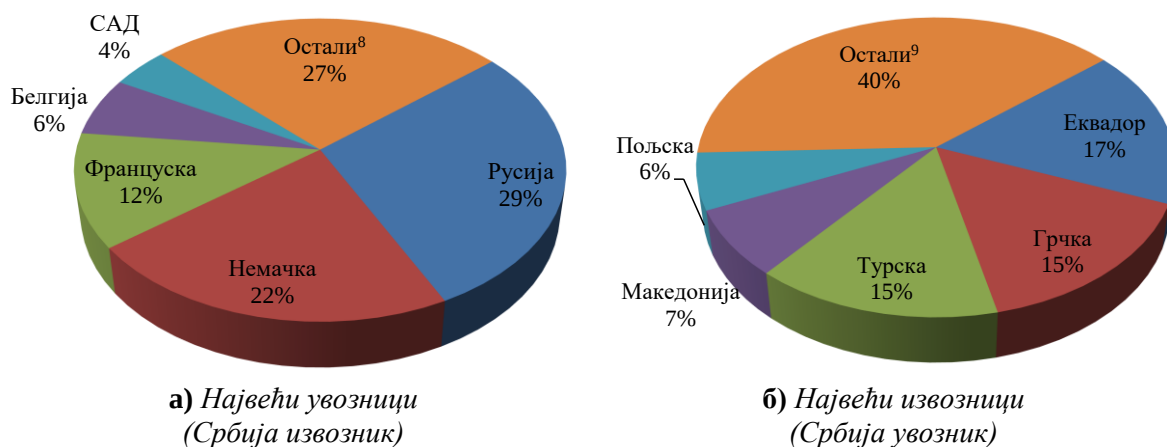
Један од главних проблема је у томе што се велики број воћних производа (поред оних који се индустријски третирају) користи и за сопствене (породичне-кућне) потребе, па су ти подаци управо због тога веома осетљиви.

Спољно-трговинска размена воћа (шифра 08) коју остварује Србија може се видети на сајту ИТС-а [11] (слика 2.8).



Слика 2.8 Спољно-трговинска размена воћа Републике Србије у периоду 2011.-2015. год. [11]

Највећи увозник нашег воћа у 2015. години Руска Федерација (167.384.000 US \$), а највећи извозник у 2015. години у Србију је Еквадор (30.460.000 US \$). Земље са којима Србија остварује спољно-трговинску размену приказане су на слици 2.9. Највећи увозници нашег воћа (Србија као извозник) приказани су на дијаграму лево, док су на дијаграму десно приказани највећи извозници у Србију (Србија као увозник).



Слика 2.9 Процентуални приказ спољно-трговинске размене воћа Србије у 2015. години [11]

⁸ Аустрија, УК, Италија, Холандија, Пољска, Шведска, итд.

⁹ Босна и Херцеговина, Италија, Шпанија, Хрватска, САД, итд.

3 ТЕХНОЛОГИЈА ХЛАЂЕЊА И СМРЗАВАЊА

3.1 Физичко-хемијске особине воћа и поврћа у процесу хлађења и смрзавања

Расхлађивање или хлађење (енгл. *cooling*) је најшире и најчешће примењивана метода краткотрајног очувања и складиштења разних врста намирница. Расхлађивање је поступак чувања намирница држањем на температури од (најчешће) 4 до 6°C. Расхлађивање је метода којом се најмање мењају изворна својства намирнице. Међутим, овим поступком се повећава одрживост (трајност) производа само на краће време. Постоје извесне разлике између појединих сорти воћа и поврћа и оне се крећу од неколико дана до неколико месеци [13].

Температура воћа и поврћа утиче на брзину физичко-хемијских промена. Температура убраног воћа и поврћа често износи од 20 до 30°C (и више). У тим условима убрзани су процеси физичко-хемијских промена. Због тога је такво воће и поврће потребно што брже расхладити „*precooling*“ методом, односно брзим одвођењем топлоте. Брзо одвођење топлоте неколико сати после брања зауставља физичко-хемијске промене производа. Након што се температура производа снизи на одређену вредност, смањује се и „дисање“ производа. Ова метода је заснована на сазнању да се снижавањем температуре биохемијски процеси у производу успоравају, па се тако снижавањем температуре за 10°C већина биохемијских реакција успорава за 2-3 пута [13]. На температури хлађења од +2 до +7°C биохемијске реакције су додатно успорене, па се производ може складиштити и чувати и неколико дана.

Ниска температура успорава (или зауставља) развој микроорганизама. Микроорганизми се одликују великом моћи адаптације. Многи психрофилни микроорганизми (табела 3.1) за репродукцију захтевају минималну температуру од -7 до 0°C [13]. Испод ове границе микроорганизми почињу да изумиру. После престанка деловања неповољних температура, неки типови микроорганизама се прилагођавају и настављају са уобичајеним деструктивним деловањем. То значи да ће намирница после престанка инхибирајућих температура брже и лакше да се поквари (при истим условима) ако је преживео већи број микроорганизама.

Табела 3.1 Температуре деловања микроорганизама [13] [14]

Врсте микроорганизама	Температура деловања [°C]		
	Минимална	Оптимална	Максимална
Психрофилни	-5 до +5	+15 до +18	+10 до +22
Мезофилни	+10 до +15	+20 до +37	+35 до +45
Термофилни	+40 до +45	+55 до +75	+60 до +80

Ензими су присутни у свежим намирницама и утичу на деградацију квалитета. Ензимске реакције, као и све хемијске реакције, успоравају се са снижавањем температура. Расхлађивање производа на температурама блиским 0°C може се користити као основни или као допунски метод складиштења и чувања. Највећи број лако кварљивих намирница, као што су воће и поврће, могу се у овом стању стању чувати одређено време без знатнијих промена. Ферментативне и бактеријске промене у намирницама нису у потпуности спречене, али су знатно успорене. Неке врсте воћа и поврћа имају виши оптимум температура складиштења, па их сувише ниске температуре чак и оштећују. Тако је за складиштење банана најпогоднија температура

између 10 и 16°C [13]. Многе врсте јабука не подносе сувише ниске температуре у хладњачама. Температура термичког третирања (расхлађивање) намирница је у непосредној вези са релативном влагом ваздуха [13].

Чување воћа и поврћа током дужег раздобља у хладњачама зависи и од почетног квалитета. Убрани плод мора бити зрело, здрав, без механичких оштећења, без обољења и без страних мириса. Такође је потребно рачунати и на чињеницу да може доћи и до тзв. оштећења хладноћом одређених врста производа. Овим променама нарочито су подложне тропске и субтропске врсте, јер се на нижим температурама унутар њихових ткива не могу одвијати процеси метаболизма. У неким случајевима ово се дешава и на температурама од 10-13°C. Оваква оштећења су најчешћа приликом вађења из хлађеног простора на више температуре (промена боје коре и ткива, појава тамних мрља, омекшање текстуре, итд.).

Расхлађивање је нужан поступак током процеса производње где су сировине лако кварљиве намирнице као што су: јагодасто, бобичасто воће, итд.

За све врсте воћа и поврћа важно је да температура буде стална или бар без значајнијих варијација. Варирање температуре 1-2°C [13] може значајно утицати на трајање чувања производа. На одржавање производа током чувања при ниским температурама има значајан утицај и влажност ваздуха. Ако је влажност ваздуха много нижа од предвиђене, може доћи до смежурања плодова, те губитка њихове свежине. Висока је влажност пожељна ради очувања доброг квалитета плода, али превисока влажност доводи до развитка непожељних плесни и микроорганизама.

Оптимум релативне влажности ваздуха у хладњачи зависи од врсте намирница које се складиште, од температуре и од састава атмосфере у хладњачи. Сувише ниска влажност у хладњачи изазива губитак воде из намирница, па према томе и тежине, а у воћу изазива и смежурање. Превисока влажност потпомаже развој микроорганизама који изазивају кварење. Висока релативна влажност потребна је за развој бактерија; мање воде, од 90-92% потребно је квасцима, а плесни се развијају и при релативној влажности од 85-90%. Промене температуре или влажности изазивају кондензовање воде (тачка росе) на површини намирница [13].

Због тога треба водити рачуна да не долази до великог колебања температуре у коморама. То се постиже добрим вођењем и контролом процеса односно уградњом добре аутоматике.

Циркулација и вентилација ваздуха у хладњачама потпомажу одржавање исте влажности у свим деловима хладњаче, помажу уклањању мириса и спречавању настанак устајалог мириса и укуса намирница. Ако се циркулација и вентилација не обављају правилно, у појединим деловима хладњаче услед накупљања воде може доћи до развоја микроорганизама.

Да би се обезбедила добра циркулација ваздуха унутар коморе потребно је инсталирати вентилатор одговарајућег капацитета и правилно слагати амбалажу. Правилно слагање подразумева да се између амбалажа или редова амбалажа оставља размак, како би се обезбедило струјање ваздуха између палета. Не смеју се слагањем амбалажа стварати „ваздушни џебови“ у којима неће долазити до струјања ваздуха и онда су то потенцијална места у којима ће доћи до нежељених појава на производу.

У највећем броју лако кварљивих намирница вода је најзаступљенији састојак. Она се налази у слободном стању, а једним делом је везана. Због тога се вода у намирницама не смрзава на 0°C као чиста (слободна) вода, већ на некој нижој температури. У ћелији намирнице не налази се хемијски чиста вода, већ вода у којој су

растворене органске и неорганске супстанце. Због тога је почетак замрзавања воде, у лако кварљивим намирницама, углавном на температурама испод 0°C.

3.2 Хладњаче

3.2.1 Дефиниција и подела хладњача

Хладњача се дефинише као објекат намењен припреми, преради и чувању лакокварљивих прехранбених производа применом ниских температура [15].

Намирнице се у хладњачи (слика 3.1) расхлађују или смрзавају и чувају у свежем или смрзнутом стању у условима тачно дефинисаних режима температуре, реалтивне влажности и састава атмосфере. Понекад се уз ниске температуре примењују и додатни третмани (контролисана атмосфера, сумпорисање, озонизирање, па чак и UV-зрачење). Поред ниских температура у хладњачама се могу користити и повишене температуре (нпр: у случају убрзаног догревања воћа).



Слика 3.1 Индустијска хладњача [16]

Подела хладњача се може извршити на више начина [15]. Према намени, хладњаче се могу поделити на:

- ✚ вишенаменске;
- ✚ специјализоване.

Вишенаменске хладњаче су пројектоване и опремљене за хлађење и смрзавање готово свих врста производа: воћа, поврћа, меса, јаја, сладоледа, готових јела, итд.

Специјализоване хладњаче пројектоване су за чување и смрзавање само једне врсте производа и најчешће су у склопу другог прерађивачког објекта: кланице млекаре, погона за прераду воћа и поврћа, итд.

Хладњаче се према економској функцији коју обављају могу поделити на [15]:

- ✚ припремно-производне;
- ✚ хладњаче за складиштење на дуже време;
- ✚ дистрибутивне хладњаче.

Припремно-производне хладњаче могу бити вишенаменске и специјализоване. У њима се врши припрема робе за складиштење (нпр: инспекција, класирање, третирање фунгицида...) или производња хране, што подразумева и одговарајућу технологију и опрему.

Складишне хладњаче служе за чување, односно складиштење, прехранбених производа на дуже време или за обезбеђивање одговарајућих резерви хране.

Дистрибутивне хладњаче налазе се у великим трговачким центрима и снабдевају тржиште прехранбеним производима на мало. Често се код нас у Србији овакав тип хладњача зову и „тржнице“. Оне примају робу од произвођача и других хладњача, чувају је неколико недеља, припремају за продају и дистрибуцију до потрошача.

Према капацитету, хладњаче се могу класифицирати на [15]:

- ✚ мале хладњаче (10-3.000 t);
- ✚ средње хладњаче (3.000-10.000 t);
- ✚ велике хладњаче (више од 10.000 t робе).

Према броју спратова, хладњаче могу бити [15]:

- ✚ спратне;
- ✚ приземне.

Приземне хладњаче могу примити велики терет по квадратном метру складишног простора. Хладњаче имају велике коморе без унутрашњих стубова. Олакшан је унутрашњи транспорт и примена рам палета. Плафон комора је раван, што олакшава циркулацију ваздуха и одржавање уједначене температуре по целој запремини складишног простора. Недостаци оваквих хладњача су: повећана површина земљишта за градњу, повећани изолациони радови.

Спратне хладњаче се граде у зонама са ограниченим и скупим земљиштем (луке, царинске зоне, густо насељен убрани простор, итд.). Недостаци оваквих хладњача су: велико оптерећење тла, скуп темељ, густа мрежа стубова, смањена могућност рационалног коришћења расхладног простора, вертикални унутрашњи транспорт теретним лифтовима, отежана манипулација.

3.2.2 Конструкција хладњача

У случају градње хладњача увек се тежи што економичнијој изградњи објекта. Индустријске хладњаче имају скелетну конструкцију, а за облагање и унутрашње преграде се користе разни материјали: опека, набијени бетон, „сендвич“ панели са изолацијом и облогом, итд.

Код хладњача са више спратова конструкција је од армираног бетона или челичних стубова, а распон између стубов ограничен на 10 m [15].

Приземне хладњаче могу имати армирано-бетонску конструкцију (слика 3.2) или металну конструкцију (слика 3.3) код које је могуће остварити распон између стубова и до 60 m.



Слика 3.2 Изградња хладњаче са армирано-бетонском конструкцијом [17]



Слика 3.3 Изградња хладњаче са металном конструкцијом [18]

Приликом изградње хладњаче посебан проблем представља хидроизолација свих преграда. Инфилтрација воде кроз зидове хладњаче доводи до оштећења топлотне изолације.

Вода која се налази у земљи испод темеља може се смрзнути и због ширења леда и повећања запремине изазва подизање пода у комори или подизање целог објекта. Смрзавање воде се спречава одговарајућом топлотном изолацијом пода и постављањем различитих система за грејање пода (нпр: електрични уљни грејачи).

Плафон једне коморе може бити висећи, учвршћен за кров или директно постављен испод тавана. Кров приземне хладњаче је углавном са дуплим нагибом и таванским простором који се проветрава ради смањења пролаза топлоте кроз таваницу и расхладну комору. Хладњаче се граде и са равним кровом, али се у том случају мора увести врло квалитетна хидроизолација.

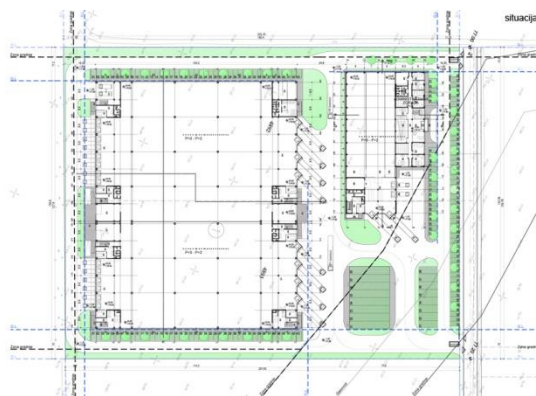
3.2.3 План хладњаче

Генерални план хладњаче је специфичан и разликује се у зависности од тога да ли је хладњача у саставу других прерађивачких погона, или је издвојена. Такође зависи и од тога да ли је хладњача производна или служи само као расхладно складиште.

Комплекс једне хладњаче углавном чине:

- ✚ рампе (пријемна рампа и рампа за дистрибуцију);
- ✚ манипулативно-производна хала, класични тунел, складишни део са расхладним коморама за различите режиме, ходници, одељење за паковање, одељење за производњу леда;
- ✚ лабораторија;
- ✚ машинска сала у којој се налазе компресори и остали елементи расхладне коморе;
- ✚ магацини репроматеријала, амбалаже, резервних делова;
- ✚ радионица за одржавање погона;
- ✚ трафостаница са одељењем за пуњење акумулатора за виљушкаре;
- ✚ административно-управни део;
- ✚ просторије за запослене, гардероба, санитарије, трпезарија;
- ✚ депо за угаљ (или нафту), шљаку;
- ✚ портирница са колсом вагом;
- ✚ паркинг.

План једне хладњаче, приказан је на наредној слици (слика 3.4).



Слика 3.4 Детаљан архитектонско-грађевински план хладњаче [19]

3.3 Расхладне коморе

У склопу сваке хладњаче постоје посебне просторије у којима се врши третирање (расхлађивање, хлађење, смрзавање, дубоко смрзавање, чување, итд.) робе, односно, расхладне коморе.

Расхладне коморе (слика 3.5) можемо поделити према температурном режиму на [15]:

- ✚ коморе са режимом око 0°C ;
- ✚ коморе са режимом температуре -20°C (и ниже);
- ✚ алтернативне коморе са режимом у интервалу од 0 до -20°C ;
- ✚ коморе за посебне намене.

Коморе са режимом око 0°C служе за складиштење „свежих“ производа као што је воће, поврће, месо, јаја, итд. Режим у овим коморама се бира према врсти ускладиштене робе и може варирати од -1°C за јаја, до 8°C за парадајз, или чак 12°C за зелени лимун и банану. Коморе са овим режимом могу имати само топлотну изолацију ако се роба чува у „нормалној“ атмосфери, или могу бити гасно изоловане [15]. Гасно изоловане коморе се користе за сумпорисање и чување стоног грожђа, када изолација мора бити отпорна на дејство сумпордиоксида или за чување воћа, поврћа, меса, јаја у „контролисаној атмосфери“ (повећана концентрација угљен-диоксида и азота, а смањена концентрација кисеоника). Гасна изолација мора обезбедити одржавање технолошки задатог састава атмосфере.

Контрола са режимом -20°C и нижим температурама користе се за складиштење смрзнутих производа, при чему температура у комори зависи од врсте производа који се чува.

Алтернативне коморе намењене су за чување свежих и смрзнутих производа према избору. Пројектују се из економских разлога, ради што бољег искоришћења преко целе године у условима варирања сировинске базе и великим осцилацијама у захтевима тржишта.



Слика 3.5 Расхладна комора [20]

Коморе за посебне намене могу се поделити на:

- ✚ тунели за смрзавање;
- ✚ преткоморе (за припрему, или паковање, или препакивање робе при чему температурита у овим коморама варира од -5°C до $+5^{\circ}\text{C}$);
- ✚ коморе за дозревање производа (са режимом од 12°C до 20°C , уз влажење, додавање етилена и проветравање).

Величина расхладне коморе се најчешће изражава преко количине робе која се складишти или преко запремине складишног простора. Међутим, ови подаци не играју никакву улогу, уколико се не зна густина складиштења (t/m^3). У зависности од врсте сировине која се складишти у хладњачама, у литературама су доступни подаци везани за густину складиштења. Према [21] [22] за свеже производе се може грубо узети да је густина складиштења $160 \text{ kg}/m^3$, а за смрзнуте производе $300 \text{ kg}/m^3$. Управо зато су алтернативне хладњаче економичне, јер се у једном периоду године могу користити за смрзнуте производе, а у другом периоду за свеже, с тим да треба водити рачуна да се капацитет хладњаче мења.

Површина расхладних комора зависи од плана паковања палета. Поред тога, код скелетно грађених хладњача растојање између стубова је најчешће 6 m, па су ширине (или дужине комора) најчешће 12, 24, 36 или 48 m [15] [23].

У хладњачама се најчешће користе палете димензија $1 \times 1,2 \times 0,145 \text{ m}$, са рамом висине 1,6 m, што укупно чини 1,745 m. Приликом пројектовања комора мора се оставити простор за манипулацију робом у комори или пролаз за виљушкар. Од слога палета до зидова се мора оставити простор за успешну циркулацију ваздуха [15].

Висину расхладне коморе условљава број рам-палета које се слажу по висини. За слагање четири рам-палета, грађевинска висина коморе мора бити 7,5 до 8 m, да би изнад слога остало 0,5 до 1 m слободног простора за струјање хладног ваздуха који излази из испаривача [15] [23].

Висина складиштења условљава примену одговарајућих виљушкара од чијих димензија и карактеристика зависе димензије врата на коморама. Ширина врата у хладњачама најчешће је 2 m, а висина 2,5 до 3 m [15] [23].

Димензије коморе условљавају и дистрибуција ваздуха која мора бити равномерна по целој комори, а с циљем да се обезбеди уједначена температура по целој хладњачи. Код мањих комора, чија дужина не прелази 15 m, дистрибуција хладног ваздуха се врши помоћу јаких вентилатора и дифузора на кућишту ваздушног хладњака. Код коморе веће дужине постављају се испод плафона коморе канали за дистрибуцију ваздуха кроз које се хладан ваздух из испаривача убацује (потискује) у комору.

Код расхладних комора, изнад врата коморе поставља се испаривач са вентилатором који ствара „хладан туш“ и спречава продор топлог ваздуха у комору. Овај проблем је посебно изражен код комора у које се улази директно са рампе, а у комори је режим -20°C . Код оваквих комора се са унутрашње стране гради предкомора са „играјућим вратима“ од обешених гумених трака (или завеса) које спречавају продор топлог ваздуха, кондензовање и смрзавање влаге у комори.

3.4 Класични тунели за смрзавање робе

Специјално изоловане расхладне коморе, мањих димензија и висина, користе се за смрзавање робе. Ове коморе су корисне висине око 2 до 2,5 m, а према капацитету се деле на мале (5-10 t/дан) и велике ($>20 \text{ t/дан}$). Користе се за смрзавање свих врста прехранбених производа па се због тога називају „универзалним“ тунелима за смрзавање или „класичним“ тунелима, јер су претеча данас великог броја специфичних тунела за смрзавање који су своје место нашли у хладњачама. У хладњачама мањег капацитета данас се пројектују класични тунели за смрзавање воћа у две шарже у току дана. Најчешће је то капацитет 10 t/10 h. Температура ваздуха у тунелу мора бити

испод -35°C . Смрзавање се врши на посебним покретним металним палетама са жичаним рамовима на које се у танком слоју слаже припремљено воће. У пракси се у класичним тунелима воће смрзава у пластичним холандезима који су сложени у металну рам-палету. Металне-рам палете се виљушкарком уносе у тунел и слажу у више редова али само једна по висини. Када се у тунелу смрзавају већи комади меса, испод кара таванице постоји viseћи колосек на који се месо качи (слика 3.6). Растојање између колосека је од 0,8 до 1,2 m, како се комади меса не би међусобно додиривали.



Слика 3.6 Хладњача за месо [24]

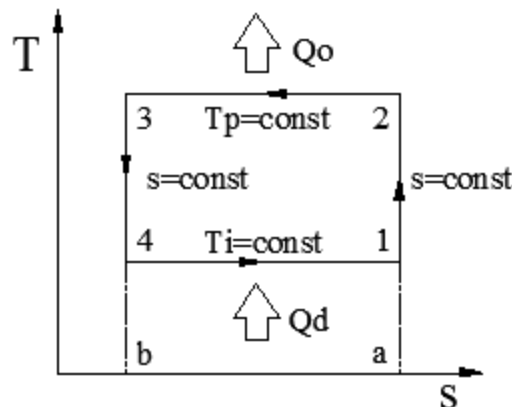
Ваздушни хладњаци са вентилаторима и сабирном кадом у класичном тунелу су најчешће постављени изнад палета, на висини од 2,5 m, или са стране, при чему свако од ових решења има својих предности и мана. Због ниже температуре ваздуха у тунелу, класични тунели су боље топлотно изоловани од расхладних комора.

Због велике разлике у температури ваздух из ходника врло брзо продире у тунел за смрзавање. При температури у тунелу од -40°C и спољној $+30^{\circ}\text{C}$, услед продирања ваздуха, то представља значајно топлотно оптерећење расхладне инсталације. Да би се ово оптерећење смањило, испред тунела за смрзавање се налази манипулативни ходник или предкомора, који се обавезно хладе. Предкомора се често пројектује да температуром око 0°C како би се воће предхладило до ове температуре пре уношења у класични тунел и тиме скратило време смрзавања. Класични тунели су дисконтинуални, време смрзавања је знатно дуже у поређењу са „проточним тунелима“, брзина смрзавања је мала, а квалитет обично лошији у поређењу са смрзавањем у „флуидизеру“. Међутим, класични тунел је незаменљив за смрзавање черека или полутки меса, купине због промене боје и упаковане робе.

3.5 Левокретни расхладни циклуси

3.5.1 Carnot-ов левокретни циклуси са идеалним гасом

На слици 3.7 приказан је повратни Carnot-ов левокретни циклус са идеалним гасом у T-s координатном систему, док је на слици 3.8 приказана шема постројења које би радило по овом циклусу.



Слика 3.7 Carnot-ов левокретни кружни повратни циклус са идеалним гасовима [25] [26] [27]

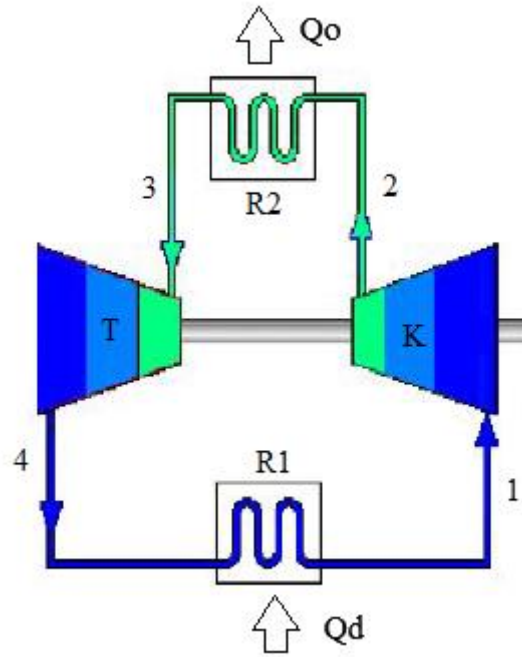
За разлику од деснокретних циклуса где је доведена количина топлоте радној материји, по апсолутној вредности увек већа од одведене (разлика представља користан рад произведен у циклусу), код левокретних циклуса смер промена стања је обрнут, па је тако одведена количина топлоте радној материји Q_o [J] (површина правоугаоника a23b), по апсолутној вредности већа од доведене топлоте радној материји Q_d [J] (површина правоугаоника a14b). Како је збир ове две количине топлоте негативна вредност $Q_d < |Q_o|$, долази се до закључка да је користан рад у овом циклусу негативан и да се мора доводити радној материји, како би циклус функционисао.

Са слике 3.7 може се видети да се топлота доводи на нижој, а одводи на вишој температури околине. Ова чињеница левокретним циклусима налази примену у расхладним и грејним (топлотне пумпе) постројењима. Деснокретни циклуси се пореде по степену корисног дејства η [-], а левокретни према фактору хлађења или грејања, зависно за шта су намењени. Ефикасност се увек одређује као однос добијеног и уложеног. Код расхладних система улаже се рад L_k [J], а добија се количина топлоте која се одводи из расхладне коморе или собе. Ова количина топлоте [25] [26] [27] за радну материју представља доведену количину топлоте Q_d , па је фактор хлађења левокретног циклуса ε_h [-] једнак (3.1):

$$\varepsilon_h = \frac{Q_d}{|L_k|} = \frac{Q_d}{|Q_o| - Q_d} \quad (3.1)$$

Уколико је грејање тражени ефекат, тада се улаже рад, а добија се количина топлоте која се доводи грејаној просторији, тј. одводи радној материји Q_o [25] [26] [27]. Фактор грејања ε_g [-] је према томе (3.2):

$$\varepsilon_g = \frac{|Q_o|}{|L_k|} = \frac{|Q_o|}{|Q_o| - Q_d} \quad (3.2)$$



Слика 3.8 Шема постројења Carnot-ов левокретног кружног повратног циклуса са идеалним гасовима [25] [26] [27]

R1 – испаривач; К – компресор; R2 – кондензатор; Т – турбина

Радна материја (идеални гас) прво се изентропски компримује (повратна промена стања) у компресору од стања 1 до стања 2 (улагање рада). После тога се изотермски (на температури топлотног понора) одводи топлота радној материји у околину (повратна промена стања) од стања 2 до стања 3. Следи изентропска експанзија у турбини од 3 до 4, где се обара притисак и температура радној материји (добивање уложеног рада, повратна промена стања). Циклус се затвара изотермским довођењем топлоте радној материји од 4 до 1 на температури топлотног извора (повратна промена стања). Иначе овакав циклус има највећи фактор хлађења или грејања у односу на остале расхладне циклусе.

Како су процеси размене топлоте у овом циклусу изотермски, једноставно је одредити размењене специфичне количине топлоте q_o [J/kg] и q_d [J/kg] (3.3, 3.4) [25] [26] [27]:

$$q_d = T_i \cdot (s_1 - s_4) \quad (3.3)$$

$$|q_o| = T_p \cdot (s_2 - s_3) \quad (3.4)$$

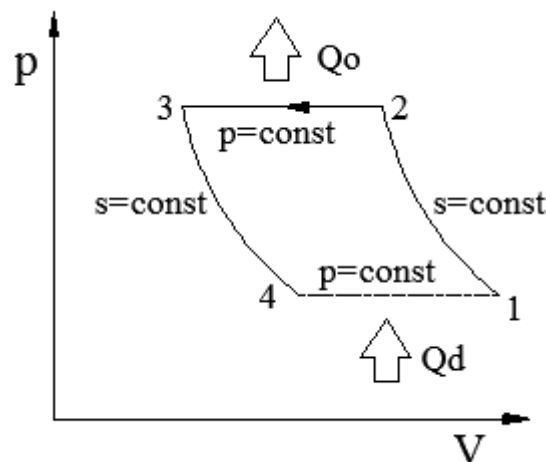
Коришћењем израза (3.1, 3.2, 3.3, 3.4) долази се до коначних образаца за израчунавање фактора хлађења (3.5) и фактора грејања (3.6) [25] [26] [27]:

$$\varepsilon_h = \frac{Q_d}{|L_k|} = \frac{Q_d}{|Q_o| - Q_d} = \frac{T_i \cdot (s_1 - s_4)}{(T_p - T_i) \cdot (s_2 - s_3)} = \frac{T_i}{(T_p - T_i)} \quad (3.5)$$

$$\varepsilon_g = \frac{|Q_o|}{|L_k|} = \frac{|Q_o|}{|Q_o| - Q_d} = \frac{T_p \cdot (s_2 - s_3)}{(T_p - T_i) \cdot (s_2 - s_3)} = \frac{T_p}{(T_p - T_i)} \quad (3.6)$$

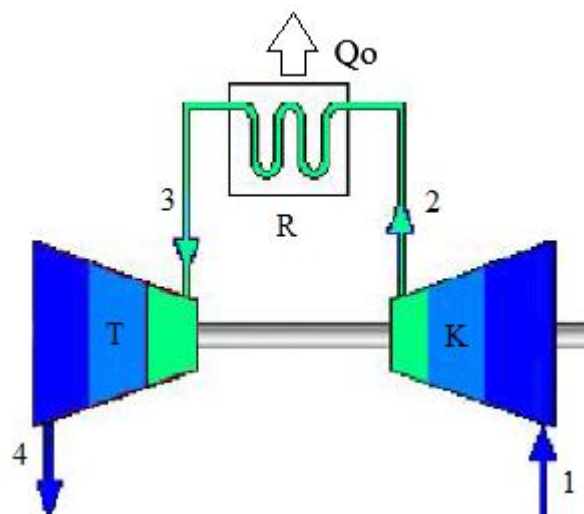
3.5.2 Гасни циклуси за хлађење

Како у гасним циклусима радна материја (гас) не мења агрегатно стање, носилац топлотне (унутрашње) енергије је гас са својом масом и специфичном топлотом, а процеси размене топлоте су неизотермски јер се гас хлади или загрева [25] [26] [27]. Због тога, гасно постројење за хлађење захтева велике масене протоке гаса, троши значајан рад у компресору и има ниске факторе хлађења. Наведене карактеристике чине гасне расхладне циклусе неконкурентним парним циклусима и њихова употреба је углавном ограничена на авионе (путничке и транспортне), где се за хлађење користи обрнути Брајтон-ов циклус. Промене стања радне материје (гаса) приказане су у T-s дијаграму (слика 3.9), а упрошћена шема овог постројења на слици 3.10.



Слика 3.9 Идеални обрнути Brayton-ов циклус [25] [26] [27]

Компресор усисава ваздух стања 1 и компримује га до стања 2 (повратна промена стања, улаже се рад). Ваздуху се даље одводи топлота у размењивачу од стања 2 до стања 3. Потом ваздух улази у турбину где му се обара притисак и температура од стања 3 до стања 4 (повратна промена стања, добија се рад). Добијени рад у турбини делом надокнађује рад компресора. Ваздух стања 4 има нижу температуру него хлађена просторија, па се он директно убацује у њу.



Слика 3.10 Шема постројења обрнутог Brayton-ов циклуса [25] [26] [27]

К – компресор; R – кондензатор; Т – турбина

Фактор хлађења у овом случају рачуна се преко следећег обрасца (3.7) [25] [26] [27]:

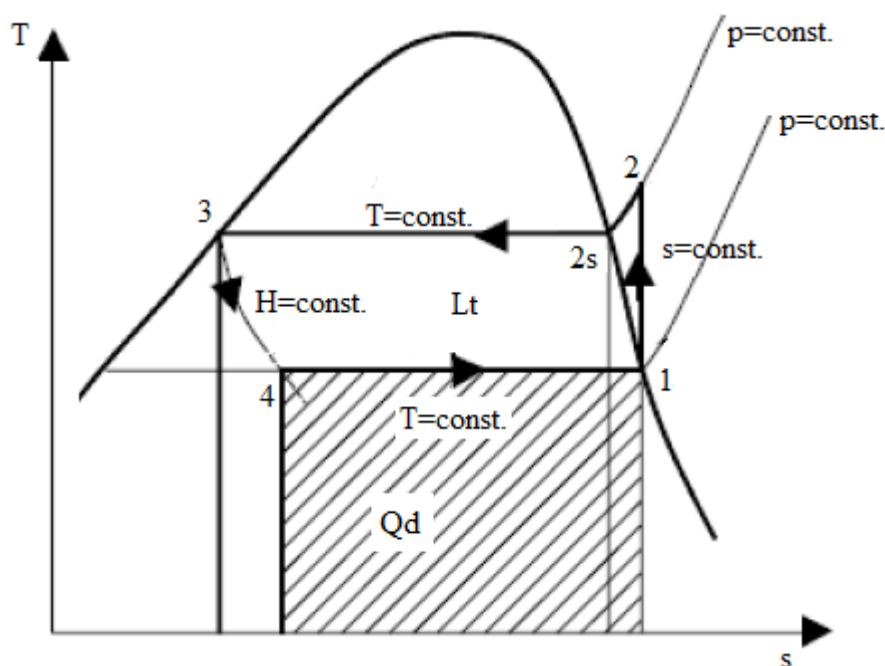
$$\varepsilon_g = \frac{|Q_o|}{|L_k|} = \frac{|Q_o|}{|Q_o| - Q_d} \quad (3.7)$$

3.5.3 Компресорски парни расхладни циклус

Циклус који се најчешће користи у рахладним системима је управо компресорски парни циклус.

Принцип рада овог циклуса и идеализоване промене стања радне материје у овом циклусу могу се приказати у T-s дијаграму (слика 3.11). Шема постројења које ради по овом принципу приказана је на слици 3.12.

Компресор усава сувозасићену пару радне материје (стања 1) и изентропски је компримује на притисак и температуру стања 2. Добијена прегрејана пара има вишу температуру од топлотног понора (околине) и као таква одлази у размењивач топлоте тј. кондензатор где се најчешће ваздухом изобарски хлади и достиже врло брзо сувозасићено стање, а затим започиње процес кондензације при константом притиску и температури (процес одвођења топлоте). Од тог тренутка (тачка 2s) температура у кондензатору је непроменљива све док има некондензоване паре. На крају кондензатора добија се чиста кључала течност радног стања 3, на притиску који влада у кондензатору. Кључала течност потом експандира у пригушном вентилу до стања 4.

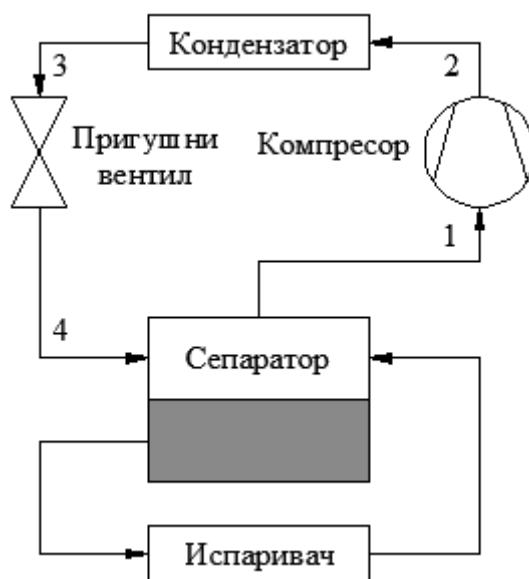


Слика 3.11 Идеални компресорски парни расхладни циклус у T-s дијаграму [25] [26] [27]

Пригушни вентил користи Joule-Thomson-ов ефекат снижавања температуре реалног гаса при пригушивању. По адијабатском пригушивању ($h=\text{const.}$) у пригушном вентилу (изоенталпски процес) до стања 4, добија се влажна пара радне материје, ниског притиска и температуре и као таква пролази кроз сепаратор и одлази у испаривач. У испаривачу (стање 4) је температура нижа од температуре околине и влажна пара узима топлоту од околине (довођење топлоте) и при томе испарава на

константном притиску и температури. Да би се обезбедила компресија сувозасићене паре стања 1, расхладни флуид понови пролази кроз сепаратор где се сувозасићена пара одваја од кључале течности уколико топлота доведена флуиду у испаривачу није довољна да расхладни флуид у потпуности достигне сувозасићено стање одмах на излазу из испаривача.

Компресорски парни циклус је веома поуздан, јер једини покретни део у постројењу је клипни компресор, а захваљујући коришћењу латентне топлоте кондензације и испаравања потребни проток радне материје је значајно мањи у односу на друге расхладне циклусе (нпр: гасне). Процеси размене топлоте су углавном изотермски. Захваљујући томе, компресорски парни циклус има високе вредности фактора хлађења и грејања и масовно се користи у пракси за разноразне намене и температурне области [25] [26] [27].



Слика 3.12 Шема постројења које ради по компресорском парном расхладном циклусу са сепаратором [25] [26] [27]

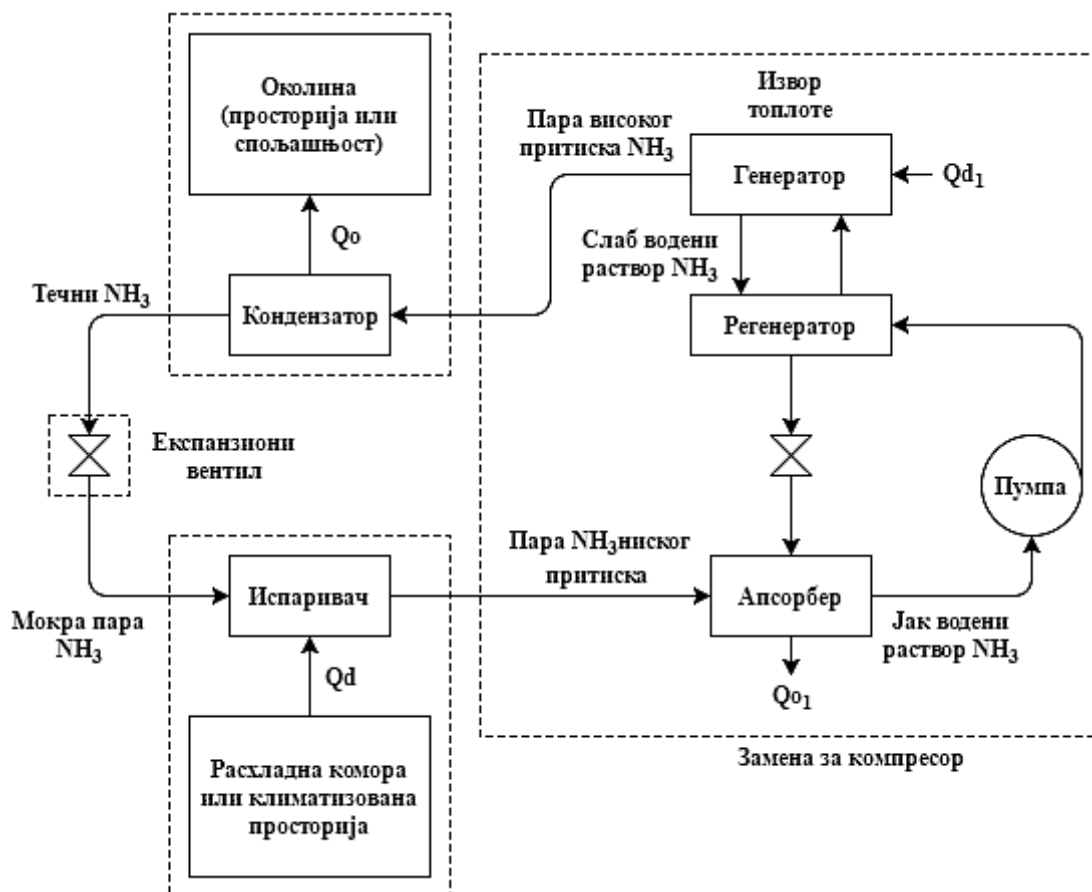
Фактор хлађења компресорског парног расхладног циклуса одређује се помоћу следећег израза (3.8) [25] [26] [27]:

$$\varepsilon_h = \frac{q_d}{l_t} = \frac{h_1 - h_4}{h_1 - h_2} \quad (3.8)$$

3.5.4 Расхладни парни апсорпциони циклус

У случајевима када нису доступне довољне количине електричне енергије за погон компресора, прибегава се мање ефикасним (али функционалним) другим расхладним парним циклусима [25] [26] [27].

Један од чешће коришћених је апсорпциони парни циклус. На слици 3.13 приказана је шема апсорпционог расхладног постројења са амонијаком (NH_3), као радним медијумом и и водом као растварачем. Иначе, оваква постројења у зависности од радних температура и притисака могу користити воду као радни флуид, а литијумбромид или литијумхлорид као растварач.



Слика 3.13 Шема апсорпционог парног расхладног циклуса са амонијаком као радним флуидом [25] [26] [27]

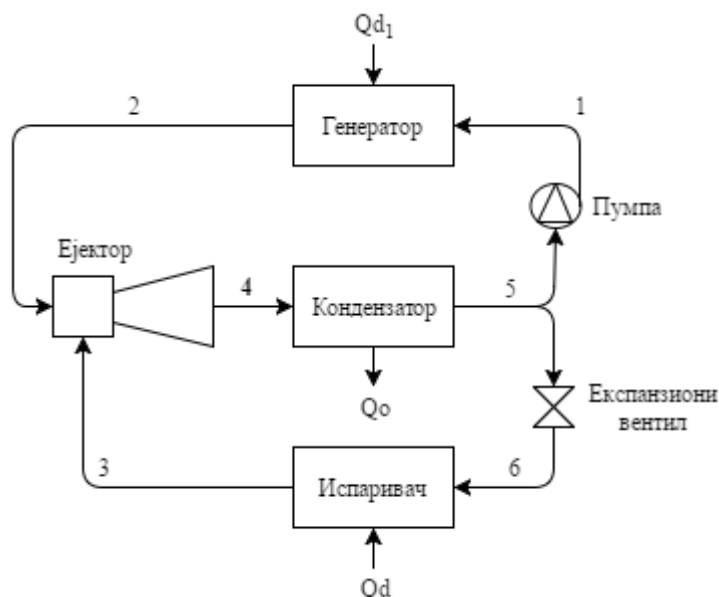
Основна идеја овог циклуса је заменити улагање техничког рада (ел. енергије) у компресору са улагањем топлоте у генератору. Иначе, изглед циклуса у T-s дијаграму се у суштини не разликује од оног на слици 3.11.

Екпандирана влажна пара амонијака долази у испаривач где јој се у рахладној комори изобарски доводи топлота. Сувозасићена пара амонијака ниског притиска одлази у апсорбер где се раствара у води на нешто вишој температури од околине па се у апсорберу одводи топлота. Јак водени раствор амонијака се циркулационом пумпом транспортује кроз регенератор (размењивач топлоте) до генератора где влада висок притисак. У генератору (котлу) се доводи топлота (сагоревањем фосила) па амонијак на високом притиску и температури напушта водени раствор. Вода високе температуре, ослобођена амонијака предаје већи део своје топлотне енергије богатом воденом раствору амонијака у регенератору и поново одлази у апсорбер. Када се добије прегрејана пара амонијака на изласку из котла, процес се одвија на добро познати начин: амонијачна пара одлази у кондензатор где јој се изобарски одводи топлота, а онда се кондензује и евентуално подхлађује. Кондензовани амонијак високог притиска одлази у експанзиони вентил где се добија влажна амонијачна пара ниског притиска и температуре. Циклус се овим затвара [25] [26] [27].

Апсорпциони расхладни циклус не троши скупу електричну енергију, осим ону у циркулационој пумпи, већ користи топлотну енергију у генератору. Са друге стране, овај циклус има низак фактор хлађења у односу на компресорски циклус, а ради са токсичним амонијаком. Постоје примери где се овај циклус комбинује са компресорским [25] [26] [27].

3.5.5 Расхладни парни циклус са млазом паре

Апсорпциони циклус није једини којим се може надоместити рад компресора. На слици 3.14 приказана је шема расхладног парног постројења које ради са млазом паре.



Слика 3.14 Шема постројења које ради са млазом паре [25] [26] [27]

Компримована пара радног флуида високог притиска и температуре стања 4 одлази у кондензатор где околини предаје топлоту до кондензације радног флуида. По изласку из кондензатора већи део радног флуида (стање 5) одлази у експанзиони вентил и потом по обарању притиска и температуре, флуид стања 6 одлази у испаривач где му се доводи топлота у расхладној коморидо стања сувозасићене паре стања 3.

Део кондензата стања 5 не одлази у експанзиони вентил, већ се циркулационом пумпом (након чега се добија стање 1) шаље у генератор где се врши испаравање радног флуида до стања сувозасићене паре високог притика (стање 2). Потом се сувозасићена пара радног флуида ниског притиска из испаривача и пара високог притиска из генератора (котла) шаљу у ејектор где се њиховим мешањем и претварањем унутрашње енергије у кинетичку (и обрнуто) добија на излазу сувозасићена пара вишег притиска од оног у испаривачу, а значајно нишег од оног у генератору. Оваква пара стања 4 одлази у кондензатор где се циклус затвара.

Постоје и комбинације апсорпционог парног расхладног циклуса са амонијаком са циклусом са млазом паре [25] [26] [27].

3.6 Основни елементи расхладних инсталација

3.6.1 Компресори

Компесорима (слика 3.15) се називају оне топлотне машине које сабијају (компримују) и транспортују гасове [28]. Због дејства сила трења и еластичних сила међу молекулима, температура гасовитог радног флуида од улаза до излаза из компресора може осетно да порасте, и то тим више што је излазни притисак виши.



Слика 3.15 Компресор [29]

Према принципу дејства (начину компримовања гасова) компресори се класификују као у следећој табели (табела 3.2).

Табела 3.2 Класификација компресора [28]

Компресори		
Турбокомпресори	Струјни компресори	Запремински компресори

Компресори се у хладњачама користе у расхладним системима. Од компресора се најчешће примењују запремински компресори, и то завојни и клипни компресори [28].

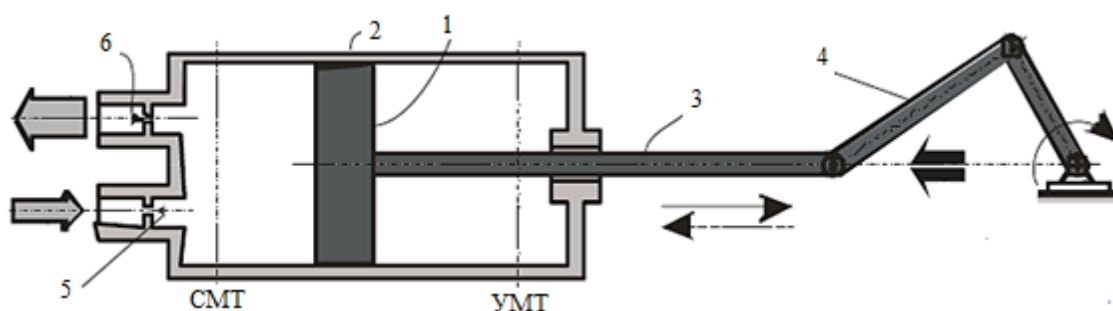
Завојним компресором (слика 3.16) може се назвати зупчасти компресор који поседује два спрегнута пужна зупчаника, који су смештени у завојно-ожебљеном, или неожебљеном цилиндарском кућишту. Један од њих је погонски, други је гоњени. Ови компресори су нешто скупљи и степен корисног дејства је мањи, али их одликује поузданост у раду, мали трошкови одржавања и дуг радни век. Пужни зупчаници се окрећу у супротним смеровима. Радни флуид улази са једне стране вијка и попуњава простор између статора (кућишта) и оба спрегнута зупчаста преносника. Кретајући се ка излазу, притисак (и температура) радног флуида расте и са великом струјном енергијом, напушта компресор.



Слика 3.16 Завојни (вијачни) компресор [30]

Клипни компресори су по принципу рада готово идентични клипним пумпама, разлика је што у компресорском флуиду расте температура због стишљивости.

Најједноставнији клипни компресори су једноцилиндарски једносмерног дејства, са једностраном клипњачом (слика 3.17). Код ових компресора се механички рад обртног кретања, уз помоћ кривајног механизма претвара у осцилаторно-транслаторно кретање клипа.

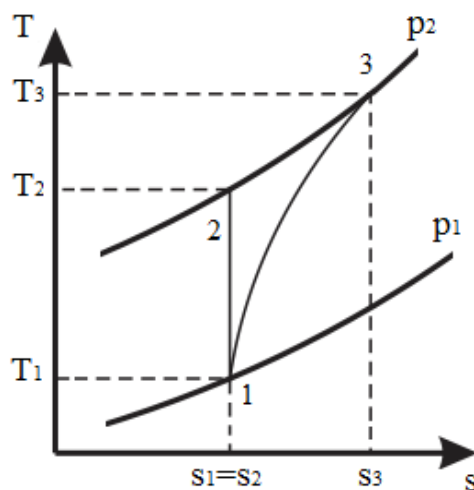


Слика 3.17 Једноцилиндарски клипни компресор једносмерног дејства са једностраном клипњачом [28]

1 – клип; 2 – кућиште; 3 – клипњача; 4 – кривајни механизам; 5 – усисни вентил; 6 – потисни вентил; CMT – спољашња мртва тачка; УМТ – унутрашња мртва тачка

Кретајући се према спољашњој мртвој тачки чело клипа смањује радну запремину цилиндра, услед чега притисак у радном флуиду расте до вредности при којој долази до отварања потисног вентила. Тада се радни флуид потискује кроз потисни цевовод. У току повратног кретања клипа према унутрашњој мртвој тачки, радна запремина цилиндра се повећава, услед чега долази до опадања вредности притиска. Тада се потисни вентил под дејством разлике притисака у радном флуиду, који се налази у потисном цевоводу затвара, а усисни вентил, под дејством разлике притисака у усисном цевоводу, отвара. Радни флуид из усисног цевовода, притом, попуњава запремину цилиндра коју клип ослобађа. Након доласка чела клипа до унутрашње мртва тачке, клип мења правац кретања и процес се понавља.

Промена стања (компримовање) радног флуида током проласка кроз компресор, може се приказати у T - s дијаграму, као на слици 3.18.



Слика 3.18 Компримовање гасова у T - s дијаграму [31]
1-2 изентропска компресија; 1-3 адијабатска компресија

Уколико се компримовање ваздуха од стања 1 (T_1 , p_1) до стања 2 (T_2 , p_2) одвија без унутрашњег трења између флуидних делића, ентропија радног флуида на улазу једнака је ентропији радног флуида на излазу ($s_1=s_2=\text{const.}$) из компресора. У том случају, радни флуид постиже равнотежно стање и у једном и у другом положају, па се каже да постоји иста математичка вероватноћа да радни флуид заузме и једно и друго стање. Процеси у којима се ентропија не мења током времена при преласку из једног стања у друго, одвијају се у природи бесконачно споро и без размене топлоте са околином

($Q=0$). Овакве промене стања (1-2) радног флуида (гасова), у којима се ентропија не мења, називају се повратним процесима (слика 3.18).

Ако нема размене топлоте са околином ($Q=0$) у случају када се ваздух компримује са појавом трења (реалан случај), тада се ради о адијабатској компресији (слика 3.18). Адијабатска компресија је неповратна промена стања јер се на рачун унутрашњег трења додатно повишава температура и ентропија радног гаса, па је и већа математичка вероватноћа да радни флуид пређе у хаотичније стање ($\Delta s > 0$). У том случају, гас из стања 1 (T_1, p_1) не прелази у стање 2 (T_2, p_2), већ у стање веће неуређености, тј. стање 3 (T_3, p_3).

3.6.2 Вентилатори

Вентилатор је нископритисни турбокомпресор који остварује мале вредности надпритиска на свом излазу.

Однос вредности апсолутног притиска на излазу и улазу вентилатора креће се у границама од 1,05 до 1,07 [28].

Због тога што се притисак у гасовитом радном флуиду мало мења од улаза у вентилатор до излаза из њега, занемарљиво мало се мењају температура и густина флуида.

Најчешће се у пракси срећу радијални и аксијални вентилатори.

Радијални добошаст вентилатори (слика 3.19) служе за транспорт гасова (најчешће ваздуха) на мале дистанце, и то, обично, из околине у којој влада атмосферски притисак у околину у којој, такође влада атмосферски притисак. Лопатице ових вентилатора су веома кратке у радијалном правцу, веома су бројне и почињу на пречнику који је мало мањи од пречника на коме се завршавају, а њихова ширина је велика.

Аксијални вентилатори (слика 3.20) имају веома једноставну конструкцију, коју чине аксијално радно коло и цилиндрично кућиште, а неким се додаје и лопатично заколо и/или предколо.



Слика 3.19 Радијални добошаст вентилатор [32]



Слика 3.20 Аксијални вентилатор [33]

3.6.3 Размењивачи топлоте

Размењивачи топлоте су термички уређаји (апарати) у којима долази до размене топлоте између, најчешће два, или ређе више, флуида са циљем да се жељени флуид охлади или загреје до одређених параметара [25].

Када је циљ грејање, флуид помоћу кога се врши загревање, назива се грејни, а флуид који се загрева, назива се грејани. Када је циљ хлађење, тада се флуид помоћу којег се врши хлађење назива расхладни, а флуид који се хлади хлађени.

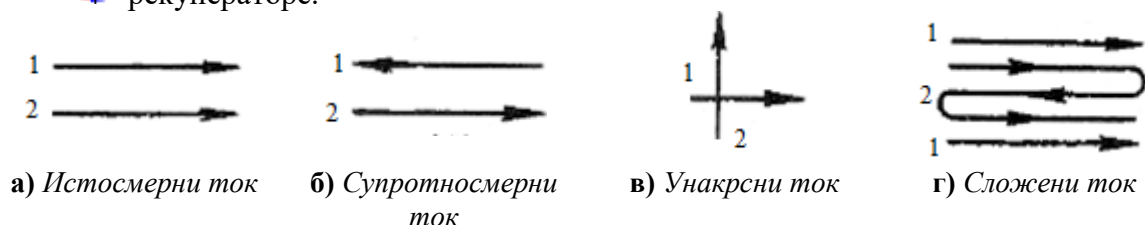
Класификација размењивача топлоте према основним критеријумима, дата је у следећој табели (табела 3.3).

Табела 3.3 Подела размењивача топлоте према разним критеријумима [34] [35] [36] [37]

Према начину размене топлоте у размењивачу			
Размењивачи топлоте са непосредним контактом флуида		Размењивачи топлоте са посредним контактом флуида	
Према начину протицања флуида кроз размењивач (слика 3.21)			
Истосмерни	Супротносмерни	Унакрсни	Комбиновани
Према врсти флуида између којих се одвија размена топлоте			
Гас-гас		Течност-течност	Гас-течност

Размењивачи топлоте са посредним контактом флуида (табела 3.3) могу се поделити на:

- размењиваче са флуидизованим слојем;
- регенераторе;
- рекуператоре.



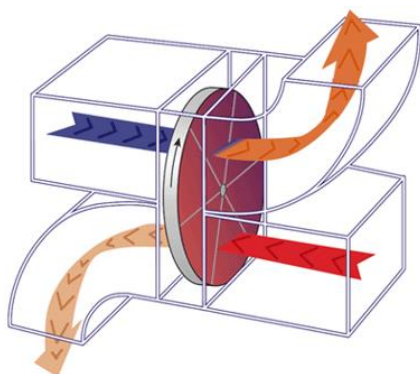
Слика 3.21 Начини струјања флуида кроз размењивач топлоте [1]

За размењиваче топлоте са флуидизованим слојем је карактеристично то што флуиде, који струје одвојено и истовремено, одваја уситњена маса чврстог материјала која ствара флуидизовану средину и повећава специфичну површину за размену топлоте.

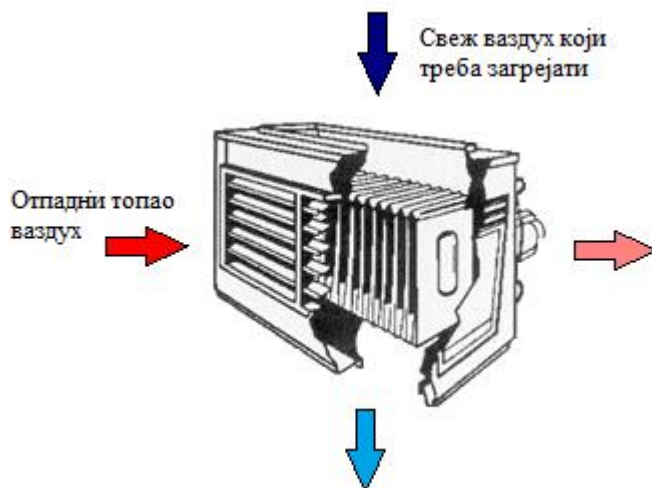
Код регенератора флуиди су одвојени али они не струје истовремено кроз уређај. Флуиди се наизменично пропуштају кроз масу размењивача који акумулира топлотну енергију и у следећем кораку је предаје другом флуиду.

Основи типови регенератора су [34]:

- регенератори са покретним елементима (слика 3.22);
- регенератори са непокретним елементима (слика 3.23).



Слика 3.22 Ротациони диск [38]



Слика 3.23 Пасивни регенератори [1]

Рекуператори су они размењивачи топлоте код којих флуиди између којих се одвија размена топлоте, размењују топлоту преко површине која их одваја при чему они струје истовремено кроз дати размењивач.

У рекуператоре спадају [25] [26] [34] [35] [36] [37]:

- ✚ ваздушни рекуператори (слика 3.24);
- ✚ цевасти размењивачи топлоте (слика 3.25);
- ✚ плочасти размењивачи топлоте (слика 3.26);
- ✚ размењивачи топлоте са мешалицом (слика 3.27).
- ✚ размењивачи топлоте за специјалне намене;

Код *ваздушних рекуператора*, ваздух је један од флуида који учествује у размени. Како ваздух поседује лоше физичке карактеристике са аспекта размене топлоте (мала густина, ниска топлотна проводљивост, мала специфична топлота) када је ваздух један од флуида у размењивачу топлоте, прибегава се оребрењима цеви уз коришћење вентилатора. Обично су цеви бакарне, док су ребра алуминијумска (ређе бакарна) са размаком између њих 2-5 mm.

Типови ваздушних рекуператора су [34] [35] [36] [37]:

- ✚ ваздушни кондензатори (када се ваздух користи за кондензацију расхладног флуида);
- ✚ хладњаци са течношћу (када се ваздух хлади коришћењем расхладне течности без промене фазе);
- ✚ хладњаци испаривачи (када се ваздух користи за испаравање радног флуида);

Цевасти размењивачи топлоте, могу се поделити на [34] [35] [36] [37]:

- ✚ цевасте размењиваче са снопом цеви у омотачу (када се сноп цеви смести у већу цев, притом се топлота размењује између флуида који струји кроз сноп цеви и флуида који струји у простору око снопа цеви);
- ✚ цевасте размењиваче типа „цев у цев“ (када се цев мањег пречника стави у цев већег пречника).



Слика 3.24 Кондензатор са вентилатором [39]



Слика 3.25 Сноп „У“ цеви у омотачу [40]



Слика 3.26 Плочасти размењивач топлоте [41]



Слика 3.27 Размењивач топлоте са мешалицом [42]

Цевасте размењиваче топлоте спадају у најстарије типове размењивача. Одликује их једноставна израда и конструкција и имају широку област примене. Посебно је код ових размењивача занимљив облик унутрашње цеви (праве или „У“ цеви) и начин кретања флуида кроз унутрашњу цев, или сноп цеви (један или више пролаза).

Плочасти размењивачи топлоте су, са аспекта размене количине топлоте и активне површине размене, најефикаснија врста рекуперативних размењивача топлоте. Имају веома широку област примене. Флуид струјећи у уском простору између две специјално профилисане плоче, већ на ниским Re бројевима ($Re=400-800$ [34]) успоставља турбулентно струјање и високе коефицијенте прелаза (пролаза) топлоте.

Плочасти размењивачи топлоте могу се класификовати према начину спајања специјално профилисаних плоча на следећи начин [34] [35] [36] [37]:

- ✚ класични са заптивачима;
- ✚ лемљени;
- ✚ потпуно заварени;
- ✚ полузаварени.

Размењивачи топлоте са мешалицом највише се примењују у прехранбеној индустрији када се ради са веома вискозним флуидима (чоколада, маргарин и др.). Они су по конструкцији слични цевастим размењивачима, само што се у унутрашњу цев ставља мешалица која мешањем треба да омогући бољу размену топлоте и лакше струјање флуида (производа).

Размењивачи топлоте за специјалне намене изискују специјалне конструкције размењивача топлоте у погледу материјала, коефицијента пролаза топлоте, простора који заузимају, хигијенских захтева, безбедности, сигурности итд. Представљају комбинацију претходно наведених типова и имају веома широку област примене.

3.6.4 Пригушни вентили

Пригушни вентили који се користе могу бити у облику капиларне цеви (код фрижидера) или сложене конструкције (аутоматски пригушни вентил, термостатски пригушни вентил, пригушни вентил са пловком, итд.).

3.7 Потрошња енергије у технолошком процесу смрзавања воћа и поврћа

Потрошња енергије у САД у оквиру сектора прерађивачке индустрије (која подразумева производњу воћа и поврћа) приказана је у *табели 3.4*, а подаци се односе на 2002. годину.

На производњу сокова и смрзнутог воћа и поврћа (шифра 311411) потроши се 10.444,5 PJ електричне енергије, 22.155 PJ природног гаса, што је укупно 32.599,5 PJ. Процентуални удео у укупној потрошњи енергије у оквиру прерађивачке индустрије воћа и поврћа је 31% [43].

Табела 3.4 Потрошња енергије у САД у прерађивачкој индустрији воћа и поврћа, 2002 [43]

Област	NAICS шифра	Ел. енергија [PJ] ¹⁰	Природни гас [PJ]	Укупно [PJ]	Процентуални и удео [%]
Производња сокова и смрзнутог воћа и поврћа	311411	10.444,5	22.155	32.599,5	31
Конзервирање воћа и поврћа	311421	8.440	37.980	46.420	44
Специјално конзервирање	311422	2.215,5	8.440	10.655,5	10
Производња сушених производа	311423	2.532	13.715	16.247	15
Укупно		23.632	82.290	105.922	100

Електрична енергија (10.444,5 PJ) се троши на хлађење и смрзавање производа (50%), рад електричних уређаја и машина¹¹ (40%), расвету (5%), на грејање и хлађење канцеларија и других просторија (5%) [43].

Природни гас (22.155 PJ) се троши индиректно: гасни бојлер за топлу воду (78%) и директно: грејање погона (18%), грејање канцеларија и других просторија (4%) [43].

Потрошња електричне енергије и природног гаса на производњу смрзнутог воћа по станицама у оквиру прерађивачке индустрије воћа и поврћа у САД у 2002. години приказана је у *табели 3.5*.⁴

¹⁰ 1 PJ = 10¹⁵ J.

¹¹ Без компресора и вентилатора који се користе у коморама за смрзавање.

Табела 3.5 Расподела потрошње енергије (по станицама) на производњу смрзнутог воћа и смрзнутог поврћа у оквиру прерађивачке индустрије воћа и поврћа у САД, 2002¹² [43]

Станица	Енергија [PJ/lb] ¹³		
	Пара	Ел. енергија	Укупно
Инспекција и оцењивање	-	7.385	7.385
Прање	193.065	7.385	200.450
Љуштење	73.850	7.385	81.235
Прање	193.065	7.385	200.450
Сечење	-	12.660	12.660
Паковање	-	3.165	3.165
Смрзавање	-	618.230	618.230
Паковање	-	15.825	15.825

¹² У обзир није узето одстрањивање кошчица.¹³ 1.000 kg = 2.204,622621849 lb (pound).

4 СТУДИЈА СЛУЧАЈА

4.1 Општи подаци о предузећу

Хладњача *JR TEMPO FOODS d.o.o* (слика 4.1) основана је 2000. год. као породична фирма породице Јовановић која има дугогодишње искуство у примарној производњи малине и купине. Тада је отворен мали погон за замрзавање воћа који је капацитетом подмиривао тадашње потребе. Захваљујући ангажовању чланова породице Јовановић фирма се развијала и данас представља озбиљног конкурента на тржишту откупа, прераде и пласмана подхлађеног и замрзнутог воћа [44].



Слика 4.1 Садашњи изглед хладњаче *JR TEMPO FOODS d.o.o* [45]

Седиште фирме налази се у Трстенику (слика 4.2), у региону централне Србије, који је познат по традиционалној пољопривредној производњи чији географски положај, континентална клима, оптималне температуре и количине падавина утичу на чињеницу да се квалитет воћа произведен на овом подручју истиче у односу на воће произведено у другим деловима света, са својим органолептичким и хемијским својствима [44].



Слика 4.2 Општина Трстеник [46]

JR TEMPO FOODS данас уз највише стандарде квалитета и безбедности производа проширује своје производне капацитете, модернизује опрему, обогаћује своју производну понуду чиме ствара и осигурава будућност фирме и ствара услове да се одговори на најзахтевније потребе купаца [44].

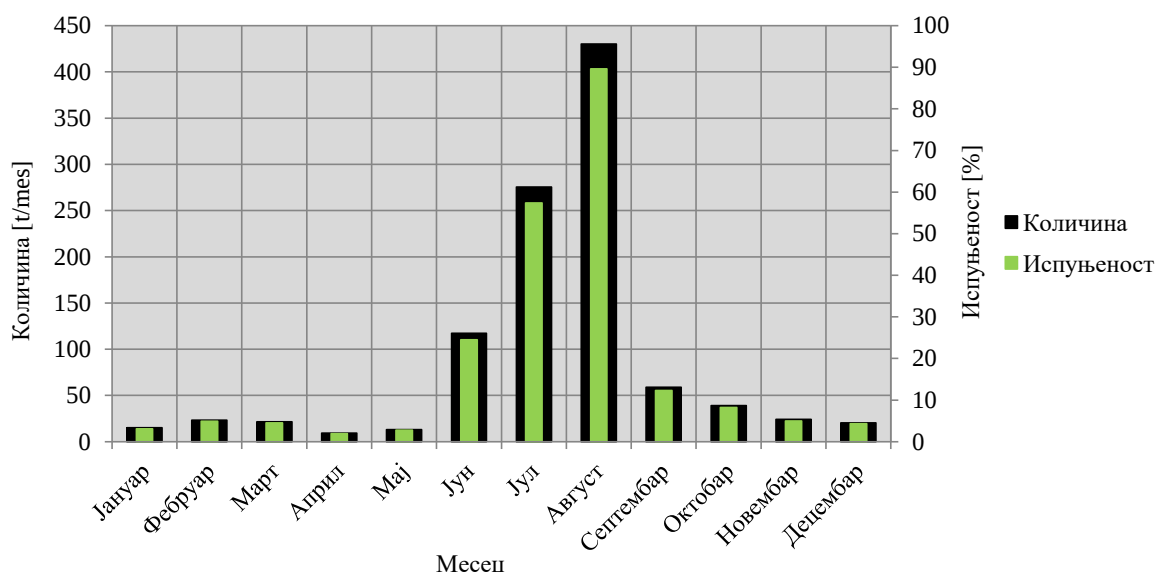
Општи подаци о предузећу ради прегледности, дати су табеларно (табела 4.1).

Табела 4.1 Општи подаци о предузећу [44] [45]

JR TEMPO FOODS d.o.o	
Лого предузећа	
Грана индустрије	„Г46.31“
Капацитет складишта хладњаче	480 тона
Површина парцеле	4.590,00 m ² (њива 6. класе)
Индекс изграђености парцеле	0,094398
Индекс искоришћености парцеле	9,4398
Нето површина хладњаче	439,69 m ²
Пуна поштанска адреса	Планиница, 37240 Трстеник, Република Србија
E-mail	temporodju@gmail.com
Број телефона	+381/37-715-866 +381/63-80-35-107 +381/62-457-329
Датум пуштања у рад	2000. година
Власник	Радмило Јовановић
Број запослених	30

Капацитет хладњаче *JR TEMPO FOODS* износи 480 тона, а у могућности је да уз техничке, технолошке и кадровске ресурсе у току једне године преради и испоручи око 2.000 тона замрзнутог воћа, и то: малине, купине, шљиве, јагоде итд.

Количина третиране робе по месецима у 2015. години приказана је на слици 4.3.



Слика 4.3 Месечна количина третиране робе у хладњачи, 2015

Месеци при којима је хладњача била највише оптерећена током 2015. године били су јун, јул, август и септембар, када су и највећи приноси шљива, малина, купина и вишања. Од октобра до маја, пословање предузећа је променљивог тренда.

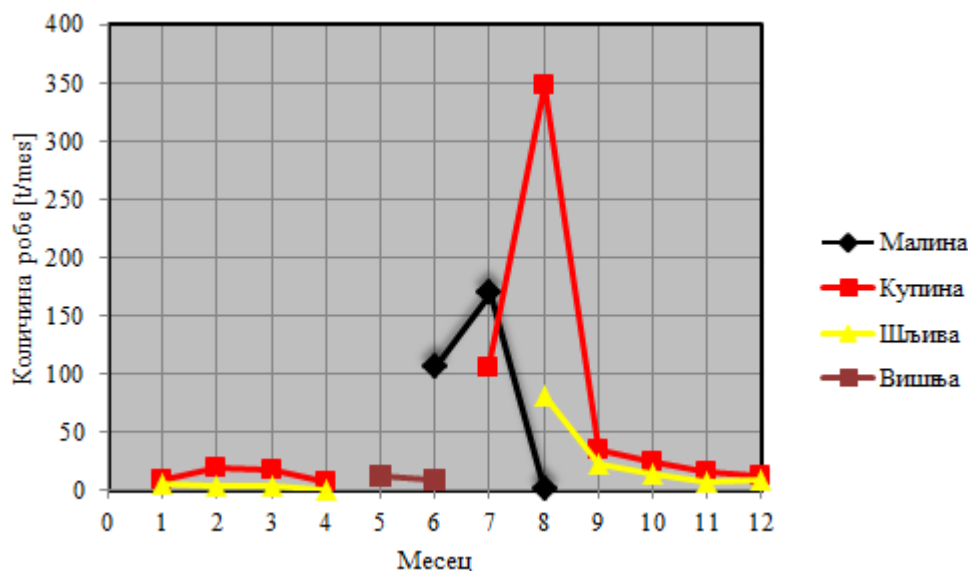
Испуњеност хладњаче директно је пропорционална њеном пословању и приносу култура, па је тако у јуну испуњеност хладњаче била 24,5%, јулу 57,4%, док је у августу испуњеност била рекордна за 2015. годину (89,6%).

На наредном дијаграму (слика 4.4) могу се видети врсте и количине третираног воћа по месецима у 2015. години.

У јуну је кроз хладњачу прошло 107,5 t малина и 9,9 t вишања. У јулу 105,2 t купина и 170,3 t малина. У августу 347,5 t купина, 1,7 t малина и 81 t шљива. У септембру 35,7 t купина и 23,1 t шљива.

Кроз хладњачу на годишњем нивоу највише пролази купина 596,7 t, потом малина 279,5 t. На трећем месту су шљиве (149,6 t). Кроз хладњачу годишње најмање пролазе вишње (23,2 t).

Са дијаграма (слика 4.4) се може видети да је у августу 2015. године забележен рекорд у количини третираног воћа, и то купина у износу од 347,5 t.



Слика 4.4 Месечна количина третиране робе (воћа) у хладњачи, 2015

4.2 Технички опис хладњаче

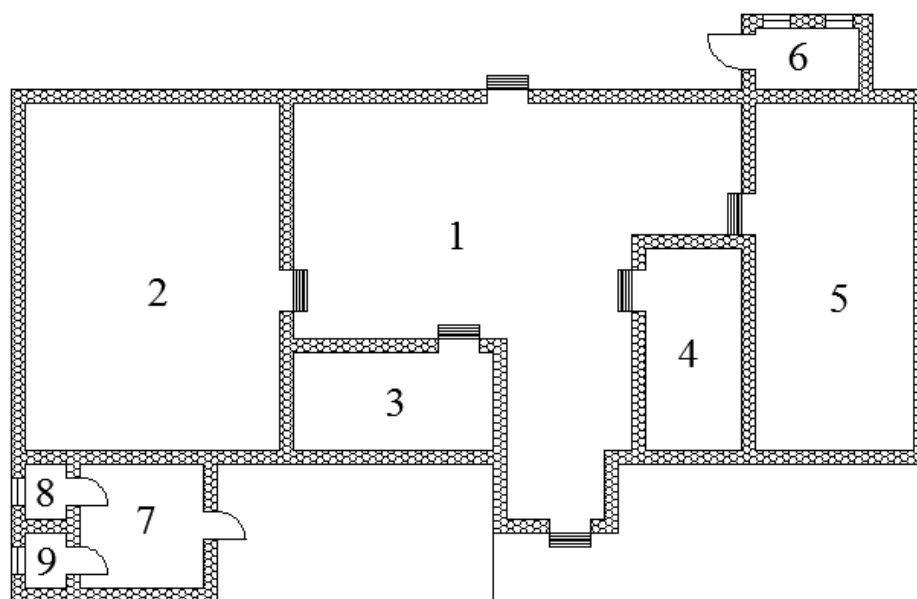
Хладњача JR TEMPO FOODS (катастарски број парцеле 161/1, број листа непокретности 573) припада групи вишенамених, малих и приземних хладњача.

У свом саставу хладњача поседује 5 расхладних комора, канцеларију за директора, просторију за раднике, мушки и женски тоалет, платформу са надстрешницом за смештај компресорских агрегата са пратећом опремом. Упрошћен приказ основе хладњаче дат је на слици 4.5.

У склопу парцеле је и рампа за пријем робе, електронска вага за мерење пристигле робе, рампа за одвожење припремљеног производа и трафо станица (ТС). Такође, хладњача поседује и простор (део парцеле на отвореном са надстрешницом) за прање робе (поглавље 4.6).

Комора 1 спада у групу припремно-производних комора (или предкомора) са температурним режимом око 0°C . Намењена је за прераду робе (прераду, класирање, оцењивање, инспекцију, паковање и отпрему) и за њено подхлађивање (расхлађивање). У првом случају радна температура у комори 1 креће се у границама $+2$ до $+4^{\circ}\text{C}$, а у другом случају у границама 0 до $+2^{\circ}\text{C}$. Нето површина пода коморе износи $138,5 \text{ m}^2$, висина коморе је $3,5 \text{ m}$, тако да је нето запремина коморе $484,75 \text{ m}^3$. Капацитет коморе је 140 t (роба са припадајућом амбалажом). Дневни унос је одређен капацитетом тунела (о којима ће бити речи у наставку) и износи $7,5 \text{ t}$. Унутрашњост коморе 1 приказана је на слици 4.6.

Комора 2 спада у групу алтернативних комора за складиштење робе на дуже време. Други назив, који је иначе често у употреби, за овакву врсту комора је „лагер комора“ (у овом случају лагер комора 1), јер се у њој роба складишти све до њеног изношења из хладњаче. У случају складиштења смрзнуте робе, након њене термичке обраде у тунелима, радна температура у овој комори креће се у границама -20 до -22°C . Ако се у њој складишти расхлађена роба (која пристиже из коморе 1) радна температура у комори је или око 0°C или такође у границама -20 до -22°C што зависи од врсте производа. Нето површина пода коморе 2 износи $115,94 \text{ m}^2$, висина коморе је 8 m , а нето запремина $927,52 \text{ m}^3$. Складишни капацитет коморе је 170 t , а дневни унос је ограничен на $7,5 \text{ t}$. Унутрашњост коморе 2 приказана је на слици 4.7.



Слика 4.5 Основа хладњаче и распоред просторија

1 – комора 1; 2 – комора 2; 3 – комора 3; 4 – комора 4; 5 – комора 5
6 – канцеларија; 7 – гардероба; 8 – WC мушки; 9 – WC женски

Комора 3 спада у групу тунелских комора (тунел 1) и намењена је за дубоко и брзо смрзавање производа. Температура ваздуха (унутрашња температура) унутар оваквих комора је изузетно ниска. Креће се у границама од -28 до -30°C . Дубоко и брзо смрзавање робе остварује се у две шарже у току дана (свака по $3,75 \text{ t}$), тако да дневни унос у ову комору износи $7,5$, док је њен капацитет $3,75 \text{ t}$. Време потребно за смрзавање робе у оквиру једне шарже износи најчешће 10 h (20 h за обе). Остатак времена (4 h) троши се на уношење робе, паковање и припремање за термичку обраду, а потом и на њено изношење. Нето површина пода коморе 3 износи $26,34 \text{ m}^2$, висина коморе је $3,5 \text{ m}$, а нето запремина $92,19 \text{ m}^3$. Складишни капацитет коморе је $3,75 \text{ t}$, а дневни унос износи $7,5 \text{ t}$. Унутрашњост тунела 1 приказана је на слици 4.8.

Комора 4 (тунел 2) је у потпуности идентична тунелу 1.

Комора 5 (лагер комора 2) је функционално потпуно идентична лагер комори 1. Разлика је у нето површини пода коморе ($71,69 \text{ m}^2$) и нето запремини коморе ($573,52 \text{ m}^3$). Висина, капацитет и дневни унос су идентични лагер комори 1.

Укупно пројектовани складишни капацитет хладњаче (комора 1, 2 и 5) износи 480 t. Укупно пројектовани дневни капацитет дубоког смрзавања износи 15 t (хладњача поседује два тунела). То значи да се у току сезоне (2,5 месеца) може третирати и до 1.125 t, уколико је потребно време за сваку шаржу 10 h. Како је хладњача вишенаменска, у зависности од врсте третиране робе, време потребно за дубоко и брзо смрзавање може бити и неколико сати краће, тако да је предузеће у могућности да обради и до 2.000 t робе (производа) током сезоне.



Слика 4.6 Унутрашњост коморе 1



Слика 4.7 Унутрашњост коморе 2



Слика 4.8 Унутрашњост коморе 3

4.3 Климатски подаци за посматрану локацију

Климатски подаци везани за локацију на којој се налази предузеће JR TEMPO FOODS у Трстенику приказани су у следећој табели (табела 4.2).

Табела 4.2 Климатски подаци за Трстеник

Локација	Трстеник
Број степен дана грејања	2.860
Спољна пројектна температура за зимски период	-18°C
Спољна пројектна температура за летњи период	+34°C
Предео објекта	Нормално ветровит
Положај објекта (изложеност ветру)	Отворен
Карактеристика градње	Појединачна
Број фасада изложених ветру	Више од једне фасаде

4.4 Грађевинска физика објекта

Зидови хладњаче изграђени су од термоизолационих самоносивих панела дебљине 170 mm који се постављају на носећу армирано-бетонску конструкцију. Топлотна проводљивост термоизолационог панела је $0,025 \text{ W/mK}$, док је коефицијент пролаза топлоте панела $0,139 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Под хладњаче је идући изнутра ка споља израђен од следећих материјала са својим карактеристикама: двострука АВ плоча ($\delta=200 \text{ mm}$, $\lambda=0,64 \text{ W/mK}$), термоизолациона тврда PU плоча ($\delta=200 \text{ mm}$, $\lambda=0,038 \text{ W/mK}$), носива бетонска плоча ($\delta=200 \text{ mm}$, $\lambda=1,9 \text{ W/mK}$) и тампон слој утабаног шљунка ($\delta=200 \text{ mm}$, $\lambda=0,64 \text{ W/mK}$). Укупан коефицијент пролаза топлоте за под износи $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Плафон је израђен од термоизолационих панела дебљине 200 mm причвршћених директно за кров. Топлотна проводљивост термоизолационог панела је $0,025 \text{ W/mK}$, док је коефицијент пролаза топлоте за кров $0,108 \text{ W/m}^2\text{K}$.

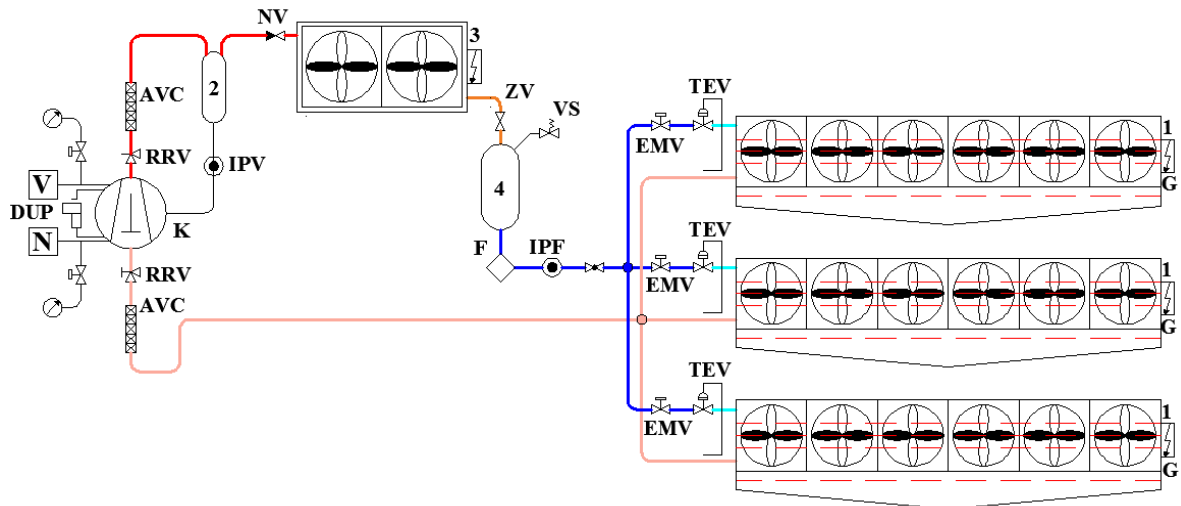
Прозори (слика 4.5) се налазе на северној и западној фасади објекта. Прозори на северној фасади (два комада) припадају канцелерији власника. Прозори на западној фасади (два комада) припадају мушком и женском тоалету (по један за сваки тоалет). Сви прозори су израђени од PVC-а, једнокрилни су и двоструко застакљени. Коефицијент пролаза транспарентних елемената је $3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Хладионичка врата на свим коморама су клизна и једнокрилна. Покретање врата је моторизовано. Сва врата (шест комада) су изолована и димензија $2,5 \times 3 \text{ m}$. Из безбедносних разлога сва врата поседују обостран механизам за отварање, као и грејаче прага и оквира у опсегу -30 до $+30^\circ\text{C}$. Дебљина свих врата износи 140 mm.

4.5 Расхладна опрема

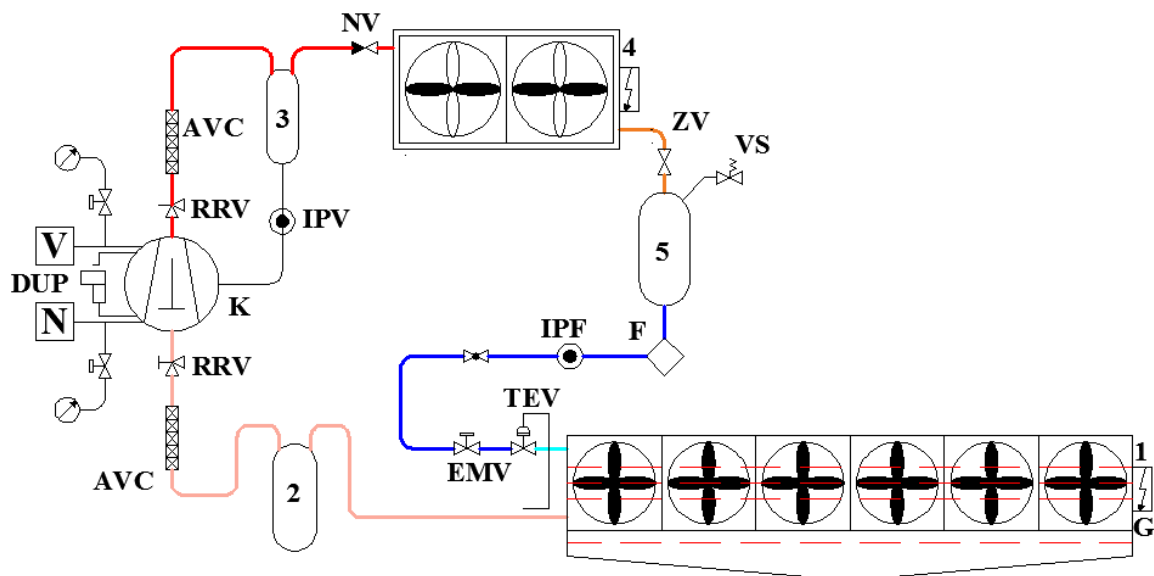
Свака комора у оквиру хладњаче JR TEMPO FOODS има свој засебни расхладни систем (циклус). На слици 4.9 приказана је шема расхладног система за комору 1. На слици 4.10 приказана је шема расхладног система за комору 2 и комору 5, док је на слици 4.11 приказана шема расхладног система за комору 3 и комору 4.

Карактеристике компонената расхладних система сваке коморе дате су у следећим табелама (табела 4.3, табела 4.4, табела 4.5).



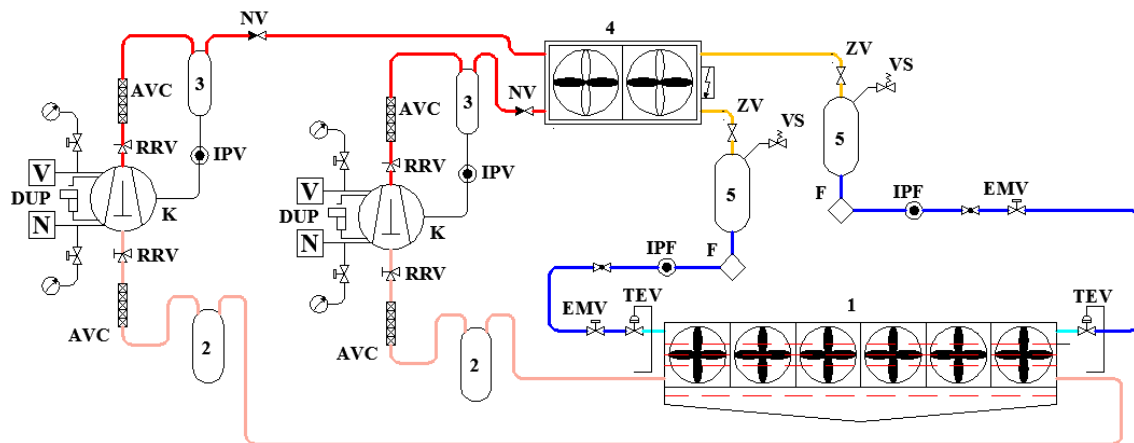
Слика 4.9 Шема расхладног система коморе 1

1 – испаривач; 2 – сепаратор уља; 3 – кондензатор; 4 – RESIVER;
 G – грејачи за отапање иња; K – компресор (клипни); AVC – антивибрационо црево;
 NV – неповратни вентил; RRV – ручни регулациони вентил; VS – вентил сигурности;
 ZV – зауставни вентил; DUP – диференцијални уљни пресостат;
 N, V – манометар ниског и високог притиска; IPV – индикатор присуства влаге;
 F – филтер; IPF – индикатор протока фреона; EMV – електромагнетни вентил;
 TEV – термоекспанзионни вентил



Слика 4.10 Шема расхладног система коморе 2 и коморе 5

1 – испаривач; 2 – сепаратор течности; 3 – сепаратор уља; 4 – кондензатор; 5 – RESIVER;



Слика 4.11 Шема расхладног система коморе 3 и коморе 4

Табела 4.3 Техничке карактеристике компресора у расхладним коморама

Карактеристике компресора	Комора I	Комора II	Комора III	Комора IV	Комора V
Произвођач	Copeland				Bitzer
Тип	D3SS-100X	D4SL-150X	D6DL-270X		2N5.2Y
Расхладни капацитет [kW]	29,75	35,655	19,34		5,5
Расхладни флуид	freon R404A				
Инсталисана снага [kW]	7.5	11,0	20,14		3,7
Напајање [V/Hz]	380/50				
Проток фреона [m³/h]	49.9	70,8	106		28,4
Број цилиндара	3	4	6		2
Спољашње димензије [mm]	680x370x480	680x490x495	740x580x700		560x365x395
Маса [kg]	173	202	258		98
Број	1		2		3

Табела 4.4 Техничке карактеристике испаривача у расхладним коморама

Карактеристике испаривача		Комора I	Комора II	Комора III	Комора IV	Комора V
Произвођач		ECO		Stefani		ECO
Тип		DFE34L7ED	ICE43A10	SHI056/4C12ED		ICE53B10
Капацитет [kW]		8,4	21,6	47,5		33,77
Проток ваздуха [m³/h]		6.200	15.450	42.500		31.500
Домет ваздуха [m]		22	27	43		38
Вентилатори	Број	4	3	4		3
	Број обртаја [o/min]	900				
	Снага ЕМ [W]	110	450	1.000		1.100
	Јачина струје [A]	1,2	2,43	7,2		6
Размак ламела [mm]		7	10			
Активна површина за размену топлоте [m²]		30,4	63,1	284		134,4
Укупна снага грејача по једном испаривачу [kW]		6	15	55,8		24
Спољашње димензије [mm]		2.535x780x245	3.000x745x845	4.850x1.070x1.185		3.750x900x1.020
Маса [kg]		72	179	350		267
Број		3	2	1		1

Табела 4.5 Техничке карактеристике кондензатора у расхладним коморама

Карактеристике кондензатора		Комора I	Комора II	Комора III	Комора IV	Комора V
Произвођач		ECO		ProFroid		ECO
Тип		ACE62B2		C5AH2MS4		ACE62B2
Називни капацитет [kW]		62,7		150		62,7
Проток ваздуха [m³/h]		17.560		38.800		17.560
Вентилатори	Број	2				
	Број обртаја [o/min]	970		890		970
	Снага ЕМ [W]	660		1,800		660
	Јачина струје [A]	2,4		10		2,4
Размак ламела [mm]	2.6					
Активна површина за размену топлоте [m²]		131		350,7		131
Спољашње димензије [mm]		2.425x630x1.168		2.753x1.295x683		2.425x630x1.168
Маса [kg]		164		370		164
Број		1				

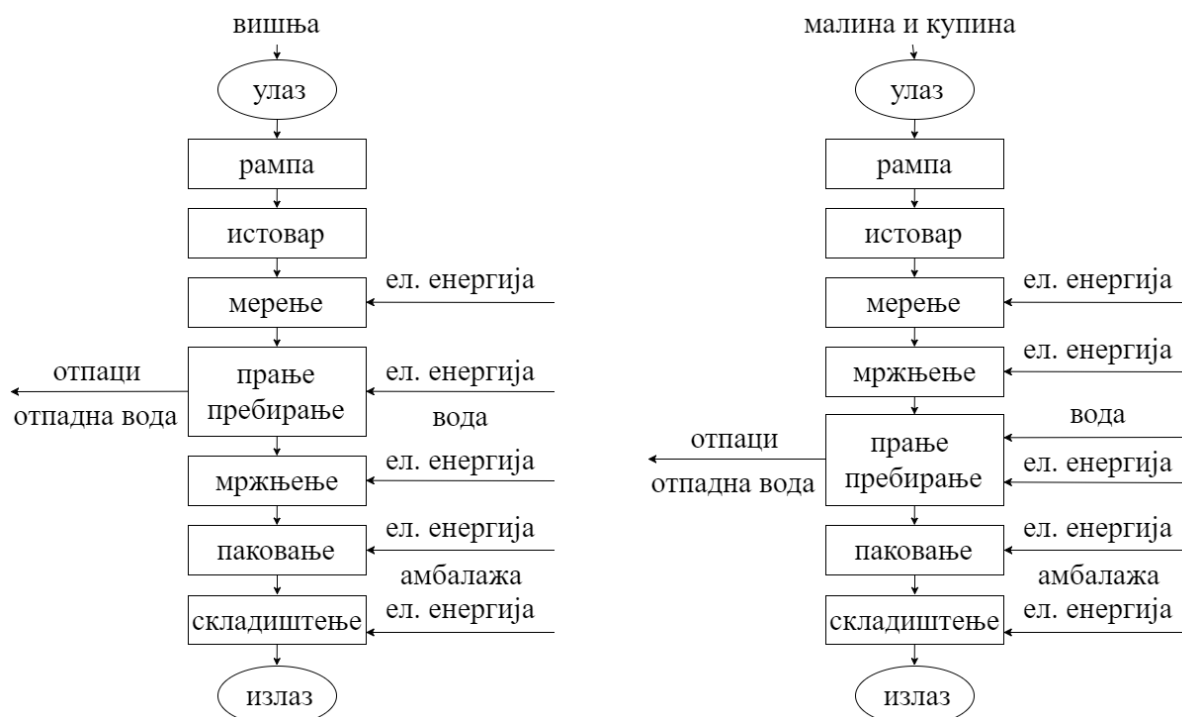
4.6 Токови сировина

У хладњачи JR TEMPO FOODS врши се третирање само воћа, и то:

- ✚ вишње;
- ✚ купине;
- ✚ малине;
- ✚ шљиве.

Технолошки поступак третирања наведених производа се разликује. На наредним сликама приказани су алгоритми третирања наведених воћних култура (слика 4.12, слика 4.13).

Након што прођу рампу, истовар и мерење, вишње се шаљу на прање и пребирање. Прање вишања водом чувају се њихове физичко-хемијске карактеристике, а пребирањем, тј. сортирањем се обезбеђује да само најквалитетнији плодови доспеју до купца. У току ове операције настају нуспроизводи. Плодови вишања који не прођу селекцију користе се за производњу сокова, док се вода која је служила за прање испушта у канализацију. Прање се врши напољу, тј. ван хладњаче, док се пребирање врши у комори 1 на већ познатим температурама уз утрошак електричне енергије за осветљење, рад компресора, испаривача и кондензатора (сва расхладна опрема која иде уз комору 1) и покретање редуктора траке на којој се врши пребирање. Процес мржњења се одвија у лагер коморама 1 и 2 на температурама које владају у њима уз, такође, коришћење електричне енергије. Након мржњења вишње се пакују у амбалаже за шта је такође неопходно коришћење електричне енергије, да би се након ове операције производ поново вратио у лагер коморе 1 и 2 где се складишти до продаје.



Слика 4.12 Технолошки поступак третирања вишања (лево) и малина и купина (десно)

Малине и купине пролазе исте технолошке поступке, и то редом: рампа, истовар, мерење (електричне ваге), мржњење (тунели 1 и 2), прање и пребирање, паковање, складиштење (лагер коморе 1 и 2) и продаја, тј. излаз.

Шљиве се (након рампе, истовара и мерења) подвргавају селекцији и пребирању уз довођење струје. Након тога се врши њихово сечење и вађење кошчица (улагање електричне енергије), да би потом биле подвргнуте мржњењу у лагер коморама 1 и 2. Након тога врши се њихово паковање у амбалаже, након чега се враћају поново на лагеровање, до продаје.



Слика 4.13 Технолошки поступак третирања шљива

4.7 Токови енергије

За функционисање хладњача (постројење намењено припреми, преради и чувању лакокварљивих прехранбених производа применом ниских температура) неопходно је обезбедити сировине (робу и амбалажу) и одређене износе енергије за третирање исте.

Хладњаче су огромни потрошачи електричне енергије. Може се рећи да неке хладњаче користе и једино електричну енергију, уколико се баве само расхлађивањем, смрзавањем и (или) складиштењем робе. Поред електричне енергије, хладњаче најчешће користе и воду (слика 4.12, слика 4.13) уколико се, поред поменутих делатности, баве и прерадом, која подразумева и прање робе.

Енергенти који улазе у хладњаче најчешће се испоручују системом дистрибуције (постоје предузећа која у свом саставу поседују сопствене изворе воде и постројења за генерисање електричне енергије). Испоручена (финална) енергија се у постројењу помоћу разних машина (електромотори, расвета и други уређаји), прво претвара у корисне облике енергије (механичка, електромагнетна), а потом се доставља крајњим корисницима те енергије. Ако је у питању механичка енергија као корисни облик енергије, она се доставља машинама које механичку енергију претварају у струјну

енергију радног флуида (вентилатори, компресори, пумпе). Светлосни извори (расвета) конвертују електричну енергију у светлосну енергију.

Сви уређаји, машине и дистрибутивни елементи који се користе у хладњачама су веома важни за функционисање постројења као целине. Због тога је од суштинског значаја за повећање степена корисности постројења (у конкретном случају хладњача) познавање токова сировина и токова енергије, али и уређаја и машина у којима се врши конверзија једног облика енергије у други.

4.7.1 Вода

Вода се данас све више посматра као енергија, тј. енергент. Као прво, њено коришћење се плаћа [din/m^3]. Као друго, пијаће воде је све мање.

Вода се користи у термо-енергетским системима као топлоноша, тј. носилац топлотне енергије (даљинско грејање, централно грејање, врела вода, топла вода), а користи се и за производњу водене паре (прегрејане и сувозасићене).

Исто тако, испуштањем отпадних вода без икавог претходног третирања, утиче се на квалитет животне средине. Све ово указује да је рационално коришћење воде изузетно важно.

Вода се у хладњачама користи у:

- ✚ технолошке сврхе (прање производа у току њихове припреме за даље операције и прање погона, тј. подова комора унутар хладњаче);
- ✚ санитарне сврхе (вода за пиће, кување, спремање).

Потрошња воде варира од хладњаче до хладњаче. На њену потрошњу утичу: капацитет хладњаче, дневна количина обрађене робе, организација производње, број запослених, али и стање и одржавање читаве водоводне мреже, начин њеног коришћења (рационално или нерационално) итд.

Пажљивим коришћењем воде и редуковањем њене потрошње у предузећу, могу се остварити значајне уштеде. Тиме се повећава степен корисности рада предузећа, али и чува животна средина, што доприноси имиџу самог предузећа.

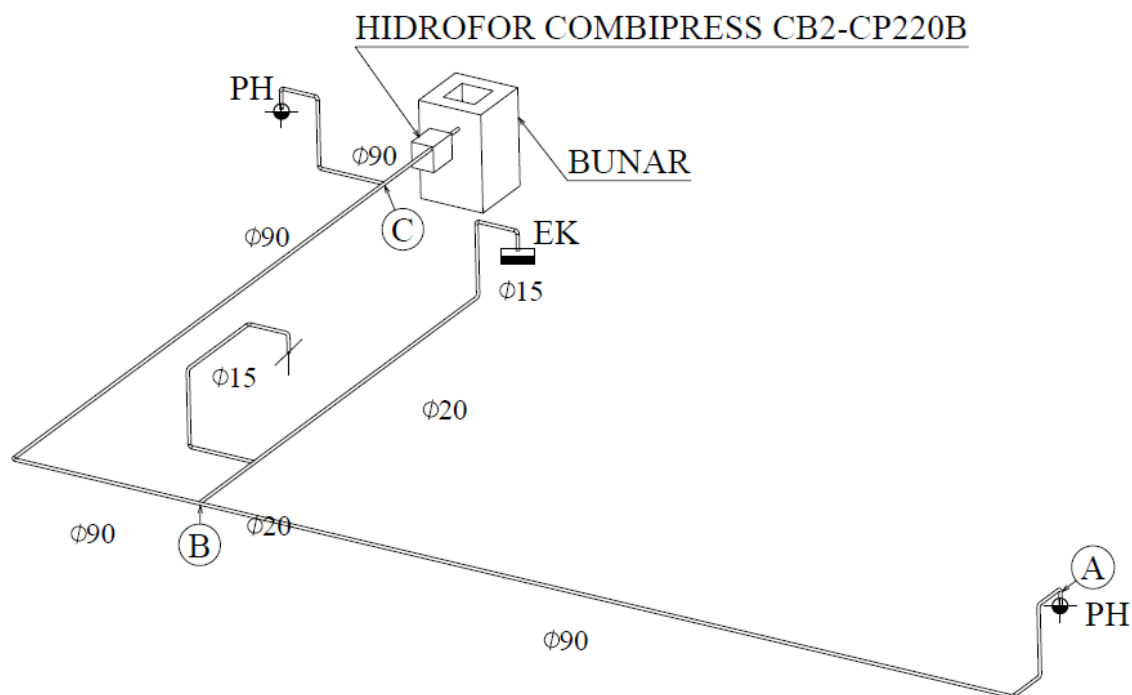
Најбоља варијанта за предузеће је да поседује сопствене изворе воде. Тада су месечни трошкови (расходи) предузећа умањени за трошкове који би се издвајали за овај енергент.

Управо је такав случај са хладњачом *JR TEMPO FOODS*. Ова хладњача поседује сопствени бунар (из којег црпи воду за технолошке и за санитарне потребе), па самим тим и сопствену водоводну мрежу (слика 4.14). Тиме су месечни трошкови значајно редуковани. Вода се црпи преко хидрофора са карактеристикама приказаним у следећој табели (табели 4.6).

Битно је напоменути да се квалитет воде редовно проверава и да је бактериолошки потпуно исправна за коришћење.

Табела 4.6 Карактеристике хидрофона

Тип	СВ2-CP220В
Габарити [mm]	Дужина 1000
	Ширина 700
	Висина 780
Прикључци	DN1 2"
	DN2 1 ½"
Маса [kg]	70
Снага електромотора [kW]	3+3
Проток [m ³ /h]	54
Притисак [bar]	2.5-3.5



Слика 4.14 Шема водоводне мреже

4.7.2 Електрична енергија

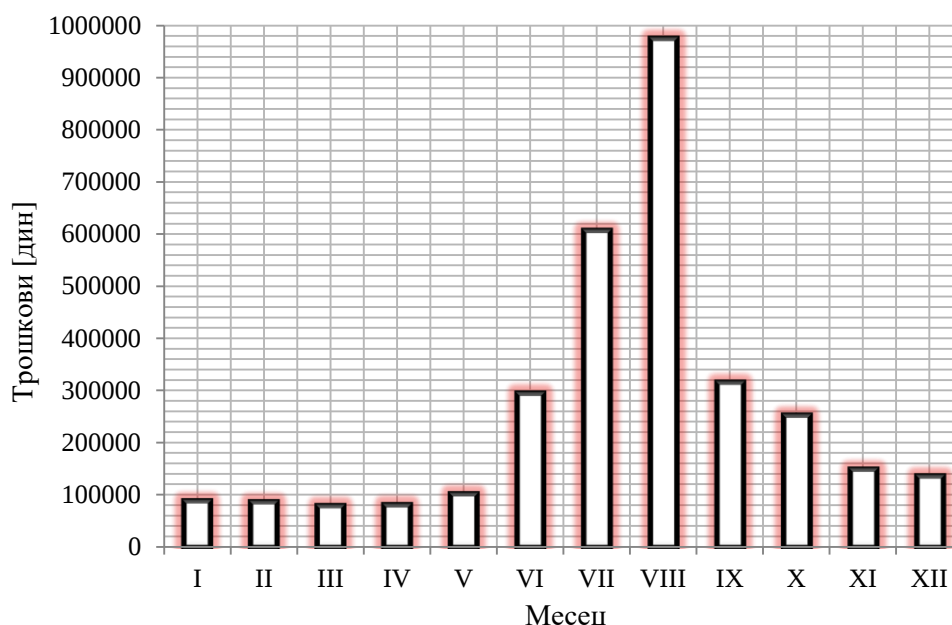
Електрична енергија у хладњачи се користи за (слика 4.12, слика 4.13):

- ✚ рад комора за хлађење производа (вентилатори испаривача, вентилатори кондензатора, клипни компресори, индикатори, вентили, грејачи за отапање иња...);
- ✚ грејање просторија (свлачионице и канцеларије) током зиме;
- ✚ рад електронске ваге за мерење количине пристигле робе;
- ✚ покретање хидрофора за снабдевање водом (табела 4.6);
- ✚ осветљење просторија (табела 4.7);
- ✚ одвијање процеса производње (сечење, сортирање, транспортне траке, паковање...);
- ✚ рад других електричних уређаја (нпр: рачунари) итд.

Табела 4.7 Број и снага сијалица у постројењу

Просторија	Светиљке (светлосни извори)			
	Број	Тип	Врста	Снага [W]
Комора I (прерада)	7	A	5LS301-1-2C (неонско)	2x36
Комора II (лагер комора I)	6			
Комора III (тунел I)	2			
Комора IV (тунел II)	3			
Комора V (лагер комора II)	3			
Канцеларија	2	B	5LP516-1-5C (неонско)	2x36
Гардероба	1			
WCM	1	C	PA	60
WCZ	1			
Спољашње осветљење	2	D	OPALO1I	70

Електричну енергију хладњачи испоручује електро дистрибутивна мрежа Србије. Постојеће трафостанице (ТС) која обара са 10 V на 0,4 V (односно на 380 V) класификује као потрошач на ниском напону (<1 kV). Трошкови електричне енергије стога се плаћају према „потрошњи на ниском напону“. Месечни трошкови електричне енергије за 2015. год приказани су дијаграмски (слика 4.15).



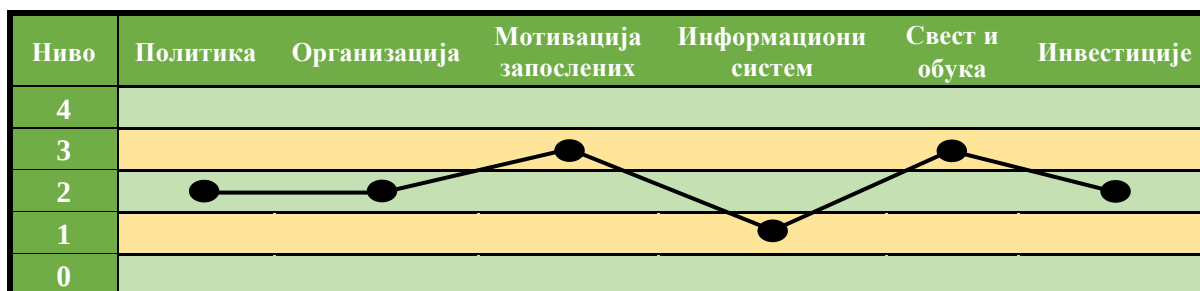
Слика 4.15 Месечни трошкови електричне енергије за 2015. годину

Са дијаграма (слика 4.15) лако се може уочити да су највећи трошкови електричне енергије у летњем периоду (јун, јул и август). Тада је и сезона воћа које се обрађује и третира у хладњачи, а и највише су спољне температуре. Аналогно томе се много мање енергије троши у осталим месецима у години.

5 ПРИМЕНА КОНЦЕПТА ЕНЕРГО – ЕКО МЕНАЏМЕНТА

5.1 Матрица енерго-еко менаџмента

Током обиласка постројења JR TEMPO FOODS оцењено је шест најважнијих аспеката енерго-еко менаџмента у предузећу. Оцена сваког аспекта приказана је у оквиру матрице енерго-еко менаџмента (слика 5.1).



Слика 5.1 Матрица енерго-еко менаџмента у предузећу „JR TEMPO FOODS“

Оцене су одређене на основу прикупљених података унутар предузећа, анкетирања и интервјуисања ниске оцене свих аспеката предузећа, тј. да се мало пажње придодаје енерго-еко менаџменту.

Иако не постоји званичан документ у којем би била „бачена на папир“ политика предузећа, она постоји и оцењена је са оценом 2. Разлози због којих је политика предузећа оцењена овом оценом су:

- спровођење пројектата (коришћење сопствених извора воде за потребе предузећа и изградња сопствене типске стубно-бетонске трафостанице 20-10/0,4 kV, капацитета 250 kV) у дело којима је показано да се води рачуна о потрошњи енергије;
- реализација нових пројектата у ближој и даљој будућности (слика 5.2) којима би се додатно допринело очувању животне средине и редукацији трошкова предузећа¹⁴.

Организација је, аналогно политици предузећа, оцењена са оценом 2. Наиме, у предузећу постоје запослени који су свесни значаја увођења енерго-еко менаџмента и који би у наредном периоду (након увођења енерго-еко менаџмента) својим способностима и знањем могли да понесу титулу енерго-еко менаџера фирме.

Мотивација запослених је оцењена највишом оценом, тј. оценом 3. Радници раде у три смене. И поред тога, често остају прековремено како би захтеви тржишта били испоштовани. Радници активно утичу у пословању предузећа својим идејама и радним способностима. Из разговора са радницима закључено је да имају жељу да се додатно усавршавају и да напредују.

Информациони систем је оцењен најнижом оценом (оцена 1). У предузећу се само врше мерења онога што се плаћа (количина третиране робе и порошња електричне енергије). Многа места која су осетљива по питању коришћења енергије и генерисања

¹⁴ Мисли се на идеје које имају власник и запослени у предузећу, а које требају бити спроведене у наредном периоду. До ових података се дошло путем разговора током обиласка постројења.

отпада нису мерљива (нпр: потрошња воде из сопствених извора се не мери, или потрошња електричне енергије по секторима – коморама).

Свест и обука запослених оцењена је, као и мотивација запослених, оценом 3.

Инвестиције најчешће прате политику и организацију предузећа. Како су ови сегменти оцењени оценом 2, аналогно томе, и инвестиције су оцењене истом оценом. Разлози су већ наведени.

5.2 Развој политике енерго-еко менаџмента

Политика енерго-еко менаџмента у предузећу „JR TEMPO FOODS“ у Трстенику је веома јасна и прецизна. Писана форма овог документа приказана је *слици 5.2*.

1. Политика предузећа „JR TEMPO FOODS“ у Трстенику
Политика нашег предузећа је да водимо рачуна о запосленима, да будемо још конкурентнији на тржишту, да газдујемо енергијом и да водимо рачуна о заштити животне средине да би смо: • повећали зараду предузећа; • избегли непотребне трошкове; • побољшали радне услове; • повећали продуктивност; • допринели очувању животне средине.
2. Општи циљеви
Дугорочни циљеви су: • куповина сировина по најповољнијим ценама; • излазак на нова тржишта; • проширење производних и складишних капацитета; • реализација нових пројеката којим би се ефикасније користила енергија у предузећу (поглавље 5.5).
3. Непосредни циљеви
Краткорочни циљеви су: • јачање и осигуравање тренутног тржишта; • унапређење пословања са тренутним добављачима и купцима воћа и поврћа; • повећање продуктивности предузећа у зимском периоду (<i>слика 4.3</i>) • додатно подизање свести и мотивације радника чиме би се једноставним поступцима редуковала потрошња енергије;

Слика 5.2 Политика енерго-еко менаџмента у предузећу „JR TEMPO FOODS“

5.3 Енерго-еко билансирање

Као што је већ речено, за одвијање процеса производње (*слика 4.3, слика 4.4*) JR TEMPO FOODS од енергената користи електричну енергију и воду. Трошкови електричне енергије (на месечном нивоу за 2015. годину) дијаграмски су приказани на *слици 4.15*.

Што се тиче потрошње воде, она се не евидентира (матрица енерго-еко менаџмента). Разлози за то су донекле и „оправдани“, јер предузеће поседује сопствени извор воде. Иако је добра ствар то што предузеће води рачуна о трошковима, са друге

стране, требало би да поведе рачуна и о животној средини. Очувању животне средине доприноси се рационалним коришћењем воде (не више од потребног) и третирањем отпадне воде (или њеним поновним коришћењем) пре испуштања у канализацију.

У следећој табели (табела 5.1) приказан је годишњи биланс потрошње електричне енергије и воде у предузећу, док је детаљан годишњи биланс потрошње електричне енергије приказан у табели 5.2.

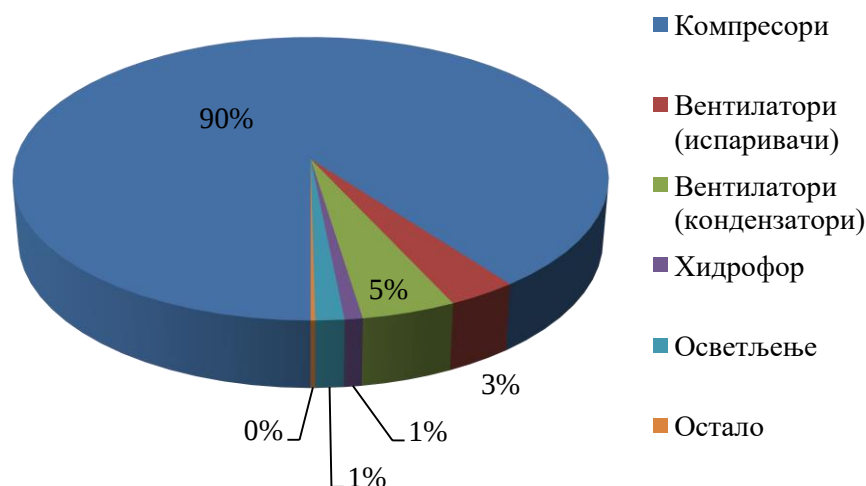
Табела 5.1 Годишњи биланс потрошње електричне енергије и воде

Енергент	Потрошња	Јединица	Трошак	
			[дин]	[%]
Електрична енергија	319.249	[kWh]	3.172.163,38	[/]
	24.036	[kVArh]		
Вода	/	[m ³]	/	[/]

Табела 5.2 Детаљан годишњи биланс потрошње електричне енергије

Месец	Активна [kWh]	Реактивна [kVArh]	Одобрена [kW]	Обрачунска [kW]	Трошкови [дин]
Јануар	9.010	58	400	32,64	88.901,28
Фебруар	8.480	26	400	31,68	87.343,27
Март	8.098	0	400	30,08	79.921,36
Април	8.300	2	400	29,76	81.376,60
Мај	11.411	6	250	31,04	102.766,91
Јун	29.508	154	250	122,56	295.148,64
Јул	65.696	2.580	250	199,36	606.881,75
Август	99.143	18.961	250	70,4	974.807,88
Септембар	29.744	1.129	250	92,16	316.162,64
Октобар	22.124	934	250	58,56	252.947,30
Новембар	14.543	168	250	93,04	149.347,50
Децембар	13.192	18	250	51,2	136.558,25

На основу спецификације опреме расхладних комора (слика 4.9, слика 4.10, слика 4.11), њихових радних карактеристика: компресори (табела 4.3), испаривачи (табела 4.4), кондензатори (табела 4.5), хидрофор (табела 4.6), осветљење (табела 4.7) и извршених мерења, може се одредити процентуална расподела потрошње електричне енергије. Процентуална расподела дијаграмски је приказана на слици 5.3.

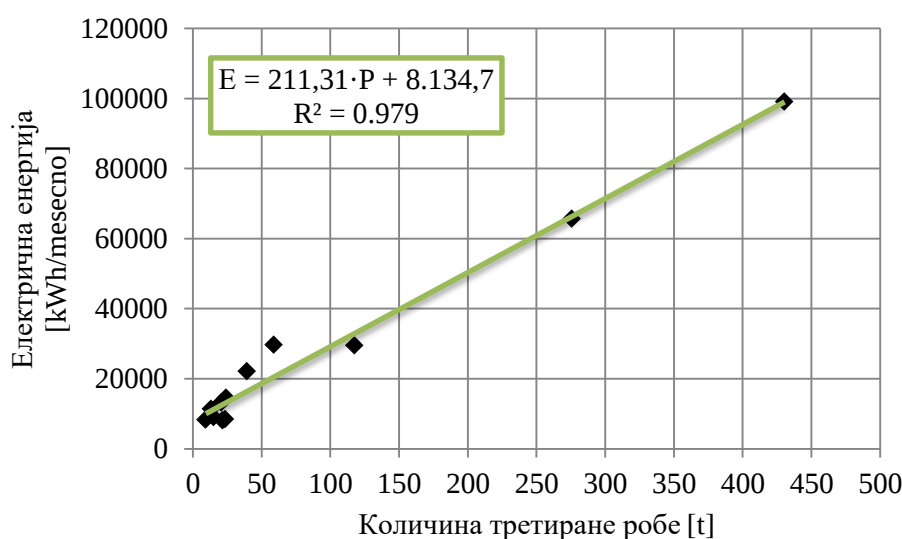


Слика 5.3 Процентуална расподела потрошње електричне енергије у хладњачи

Са дијаграма се може видети да су највећи потрошачи електричне енергије компресори (90%). Од преосталих 10%, вентилатори на кондензаторима потроше 5%, вентилатори на испаривачима 3%, док хидрофор и осветљење заједно потроше 2% (оба по 1%).

Један од основних циљева енерго-еко билансирања је утврђивање степена корисности предузећа, односно анализа потрошње енергије према обиму третиране робе (или количине генерисаног отпада). Обично се анализа потрошње енергије према обиму третиране робе (или количини генерисаног отпада) анализира на месечном или недељном нивоу [1], а како се у датом постројењу води евиденција само о потрошњи електричне енергије, може се формирати зависност ове величине од количине третиране робе.

Један од начина довођења у зависност потрошње електричне енергије (табела 5.2) и количине третиране робе у хладњачи (слика 4.3) је коришћење софтвера *MS Excel* и формирање дијаграма иницијалних циљева (слика 5.4).

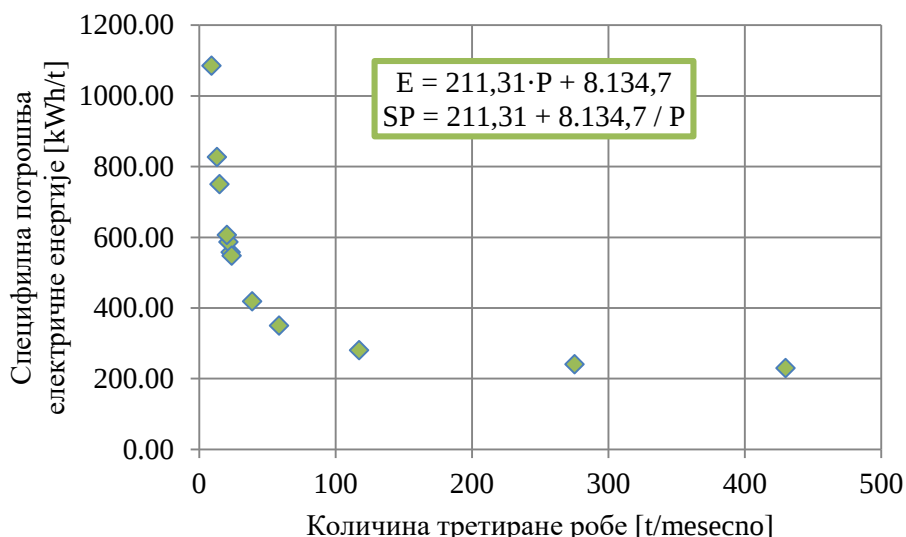


Слика 5.4 Зависност месечне потрошње електричне енергије од количине третиране робе

Формирана једначина ($E=211,31 \cdot P+8.134,7$) показује да је празна хладњача у посматраном периоду трошила енергију у износу $E_0=8.134,7$ kWh/mes. Коефицијент правца (који показује потрошњу електричне енергије на датом нивоу производње за производњу сваке додатне јединице производа) износи $m=211,31$ kWh/t/месесно. Степен расипања тачака ($R^2=0,979$) представља општи показатељ газдовања енергијом. Како је ова вредност приближна вредности 1, то говори о томе да је потрошња ел. енергије оправдана количином третиране робе.

Поред дијаграма иницијалних (базних) циљева, значајну улогу у енерго-еко билансирању има и зависност специфичне потрошње електричне енергије према количини третиране робе. Ова зависност дијаграмски је приказана на наредној слици (слика 5.5).

Просечна количина третиране робе на месечном нивоу у 2015.-ој години износи 87,4 t/mes, специфична потрошња електричне енергије за ову количину третиране робе износи 540,11 kWh/t.



Слика 5.5 Зависност специфичне потрошње електричне енергије од количине третиране робе

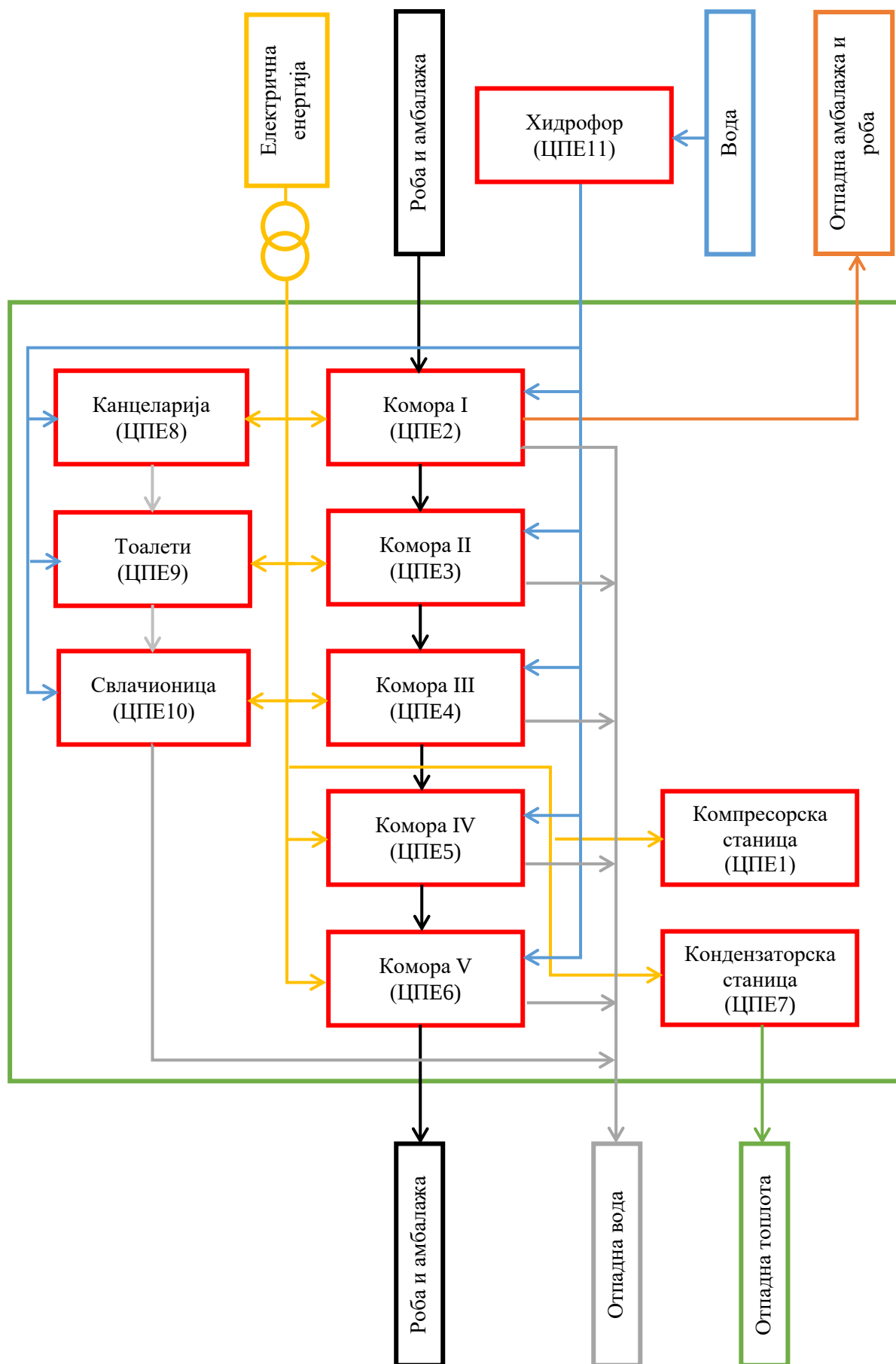
Енерго-еко билансирање подразумева и откривање главних корисника (потрошача) енергије и главних извора загађења, одмах након упознавања опреме и одређивања зависности потрошње енергената (количине генерисаног отпада) од обима производње (слика 5.4, слика 5.5). Главни извори загађења и корисници енергије називају се центрима потрошње енергије (ЦПЕ) [1]. ЦПЕ могу да буду погони, делови предузећа, група опреме или појединачна опрема, сваки сегмент предузећа где се, или генерише значајна количина отпада, или троше значајне количине енергије.

Постоји неколико критеријума које треба узети у обзир приликом одређивања центара потрошње енергије:

- ✚ процес или активност треба да има мерљив излаз;
- ✚ потрошња енергије и/или утицај на животну средину, може да се директно мери;
- ✚ трошкови мерења не би требало да буду већи од 10-20% годишњих трошкова енергије или усаглашавања са регулативом заштите животне средине тог центра;
- ✚ одговорност за енергетски и еколошки учинак те „области“, може да се додели особи која ради у области или је одговорна за њено функционисање;
- ✚ стандардни показатељи учинка могу да буду изражени;
- ✚ циљеви за побољшање учинка могу да се утврде.

Да би подаци, који се користе за енерго-еко билансирање, што боље одражавали реално стање, често се користи и мерна опрема која може помоћи у прибављању потребних података и касније у дефинисању акционог плана.

Код хладњаче „JR TEMPO FOODS“ детектовано је 11 центара потрошње енергије (слика 5.6): ЦПЕ1 – компресорска станица, ЦПЕ2 – комора I, ЦПЕ3 – комора II, ЦПЕ4 – комора III, ЦПЕ5 – комора IV, ЦПЕ6 – комора V, ЦПЕ7 – кондензаторска станица, ЦПЕ8 – канцеларија, ЦПЕ9 – Тоалети, ЦПЕ10 – свлачионица и ЦПЕ11 – хидрофор.



Слика 5.6 Дефинисани центри потрошње енергије

5.4 Провера учинка система

5.4.1 Мерење и прикупљање података

Праћење учинка система започиње мерењем и прикупљањем података. Подаци се прикупљају најчешће на нивоу целог постројења, или на нивоу ЦПЕ.

Веома важну улогу у прикупљању података има мерна опрема која је инсталирана у предузећу. Предузеће (како је већ напоменуто) не врши мерења као што су: потрошња и проток воде, генерисање отпадних вода и сировина. Потрошња електричне енергије се не мери на нивоу комора (по центрима потрошње). Не врши се периодичан преглед предузећа које би подразумевало: стање термичких омотача комора хладњаче, стање расхладне опреме (да ли цури расхладни флуид, дебљина зидова цеви итд.), стање водоводне мреже и сл.

Током обиласка постројења, примећено је повећано присуство влаге у расхладним коморама која се кондензује на унутрашњим преградама комора. Један од могућих разлога за то је предимензионисана опрема¹⁵, што доводи до чешћег и кратког рада, што даље условљава повећање релативне влажности ваздуха унутар коморе, али и до кондензовања влаге, како на производима, тако и на унутрашњим површинама омотача коморе.

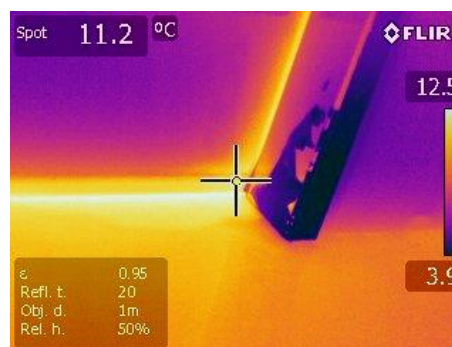
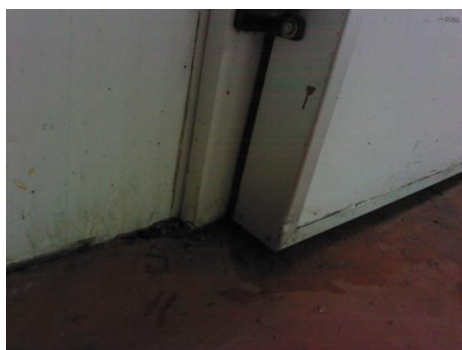
Други могући разлог је лоше спајање панела (преградних површина, тј. зидова) у фази изградње објекта¹⁶. Данас се користе нове методе градње које подразумевају постављање зидова из једног комада, што захтева да се обрати посебна пажња приликом спајања панела. Лошим спајањем панела у фази изградње доводи до продирања влаге у унутрашњост панела. Продирањем влаге долази до појаве топлотних мостова (повећава се топлотно оптерећење објекта и оптерећење расхладне опреме) и скраћивања радног века панела. На следећим сликама (слика 5.7, слика 5.8, слика 5.9, слика 5.10, слика 5.11, слика 5.12) приложени су резултати коришћења ИС камере који то и потврђују.



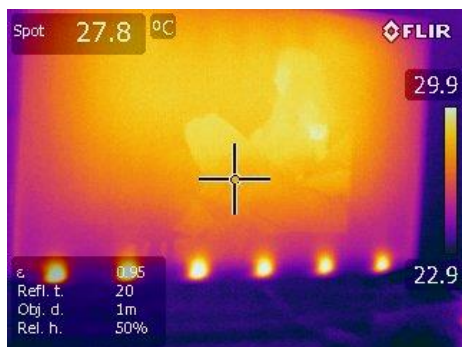
Слика 5.7 Место споја панела и крова

¹⁵ Постоји лоша пракса међу инжењерима да се у фази пројектовања прибегава предимензионисању система (некада мањем, некада већем) јер се тада мисли да ће она боље „радити“.

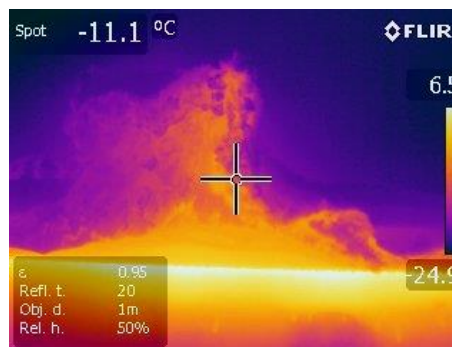
¹⁶ Или лоше одржавање.



Слика 5.8 Хладионичка врата



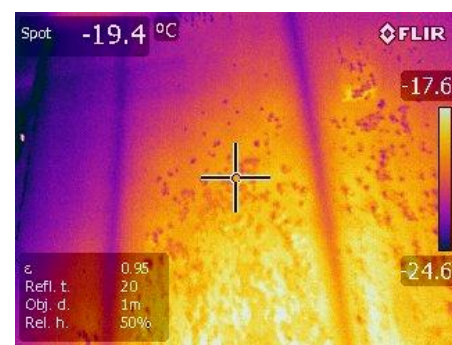
Слика 5.9 Спој панела и пода



Слика 5.10 Продирање владе унутар панела



Слика 5.11 Хладионичка врата



Слика 5.12 Стварање иња на унутрашњој страни

5.4.2 Праћење и утврђивање циљева

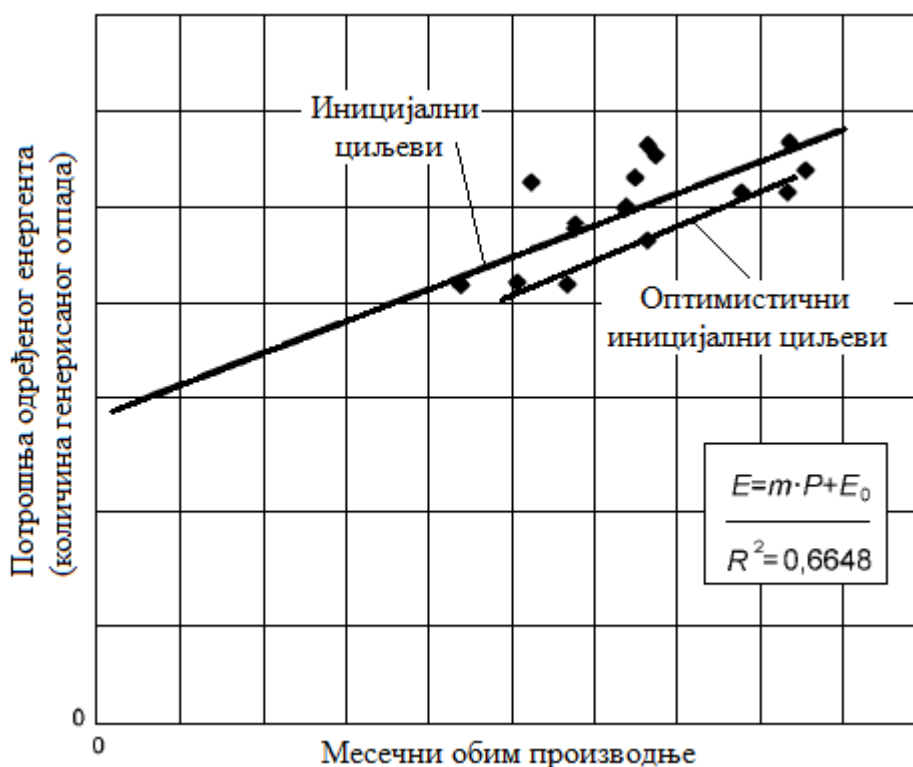
Праћење и утврђивање циљева (енгл. *monitoring and targeting*) је суштински део система енерго-еко менаџмента. Поступак успешног праћења и утврђивања циљева предузећа пролази кроз следеће фазе [1]:

- прикупљање података (подаци са очитаних рачуна, мерних уређаја итд.);
- анализа прикупљених података (од прикупљених података стварају се корисне информације о акцијама које би требало предузети);
- извештавање (осигурава да правовремена, концизна, и корисна информација дође до појединца који је способан и одговоран за спровођење одговарајућих активности);
- покретање активности (систем праћења и утврђивање циљева нема смисла, уколико се одмах не покрену одговарајуће конкретне активности).

Прикупљање података је веома важно за успешно праћење система и утврђивање циљева. Проблеми који се обично јављају приликом прикупљања података су: недовољно података, превише података или некомпатибилни подаци.

Након прикупљања података, врши се анализа истих да би се на основу резултата анализа вршиле корекције у систему енерго-еко менаџмента у циљу повећања ефикасности.

Први корак у анализи прикупљених података, јесте одређивање иницијалних (базних) циљева у односу на које ће се упоредити стварна потрошња са предвиђеном (циљном). Иницијални циљеви се утврђују у оквиру енерго-еко билансирања (слика 5.4). Управо „права“ линија која описује дијаграмску (функционалну) зависност утрошеног енергента (количине генерисаног отпада) од количине третиране робе представља и линију иницијалних циљева, у односу на коју ће се пратити стање предузећа након будуће реализације пројекта повећања енергетске и еколошке ефикасности предузећа. Приликом формирања иницијалних циљева, могу се поставити и оптимистични иницијални циљеви. Они се формирају тако што се узимају у обзир само они месеци у којима су остварени најбољи резултати (слика 5.13)



Слика 5.13 Оптимистични иницијални (базни) циљеви [1] [7]

Након утврђивања циљева (иницијалних или оптимистичних) и реализације енерго-еко пројекта, врши се праћење система да се види да ли се тај циљ и постиже. У ову сврху, користе се веома различити методи, али један од најпознатијих метода је CUSUM метод [7]. CUSUM је веома једноставан, али и веома моћан, статистички метод који указује и на мале разлике у учинку енерго-еко ефикасности. Овим методом се сабира разлика између предвиђеног и стварног учинка система и тако се добија девијација кумулативне суме.

Добијена једначина у оквиру енерго-еко билансирања пре реализације било ког пројекта (слика 5.4, слика 5.13) користи се за одређивање предвиђене (циљне)

потрошње енергије (количине генерисаног отпада) у односу на количину третиране робе током времена након реализације пројекта. Поред предвиђене (циљне) потрошње, на основу мерења и рачуна за плаћање утврђује се стварна потрошња енергента према количини третиране робе за исти период након реализације пројекта. Након ових резултата, врши се одузимање предвиђене од стварне потрошње и на крају се израчунава кумулативни збир разлика (табела 5.3). На крају се на основу резултата добија CUSUM дијаграм. CUSUM пример дијаграмски приказан је на слици 5.14.

Табела 5.3 Методологија одређивања кумулативног збира разлике

Месец	Предвиђена потрошња	Стварна потрошња	Разлика	CUSUM
1.	$E(O)_{P1} = m \cdot P_1 + E_O(O_O)$	$E(O)_{S1}$	$E_1 = E(O)_{S1} - E(O)_{PR1}$	$E_{C1} = E_1$
2.	$E(O)_{P2} = m \cdot P_2 + E_O(O_O)$	$E(O)_{S2}$	$E_2 = E(O)_{S2} - E(O)_{PR2}$	$E_{C2} = E_{C1} + E_2$
3.	$E(O)_{P3} = m \cdot P_3 + E_O(O_O)$	$E(O)_{S3}$	$E_3 = E(O)_{S3} - E(O)_{PR3}$	$E_{C3} = E_{C2} + E_3$
4.	$E(O)_{P4} = m \cdot P_4 + E_O(O_O)$	$E(O)_{S4}$	$E_4 = E(O)_{S4} - E(O)_{PR4}$	$E_{C4} = E_{C3} + E_4$

где је:

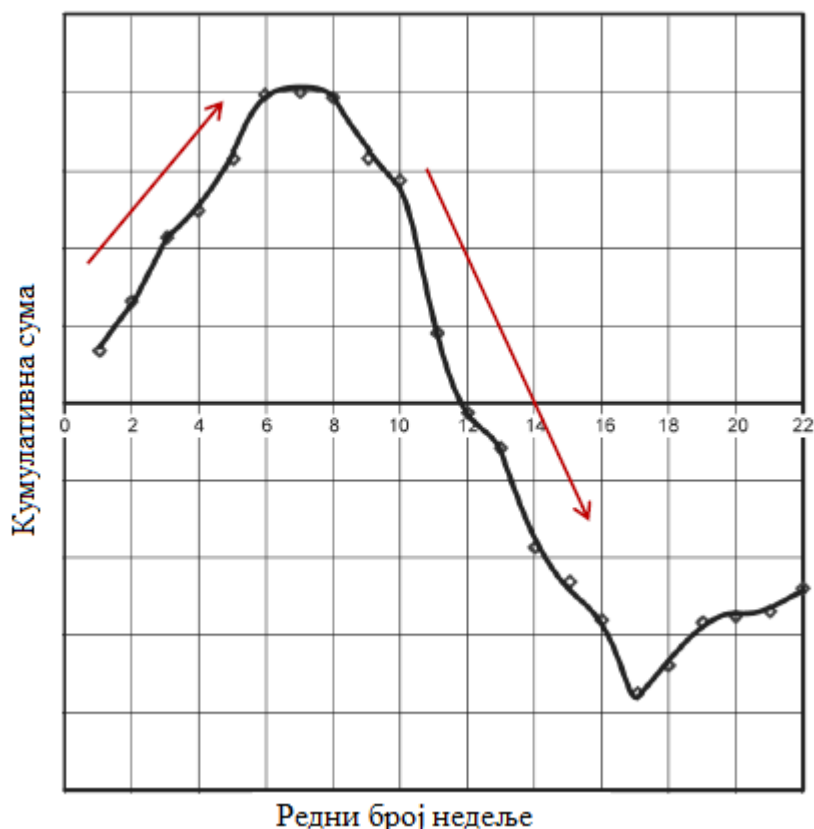
$E(O)_{Pi}$ - предвиђена потрошња енергента (количина генерисаног отпада) у i -ом месецу након реализације пројекта енерго-еко менаџмента;

P_i - обим производње у i -ом месецу након реализације пројекта енерго-еко менаџмента;

$E(O)_{Si}$ - стварна потрошња енергента (количина генерисаног отпада) установљена на основу мерења и рачуна за плаћање у i -ом месецу након реализације пројекта енерго-еко менаџмента;

E_i - разлика предвиђене од стварне потрошње енергента (количине генерисаног отпада) у i -ом месецу након реализације пројекта енерго-еко менаџмента;

$E_{Ci} = \sum E_i$ - сума свих разлика од месеца почетка праћења резултата до i -ог месеца (са њим).



Слика 5.14 CUSUM пример [1] [7]

Када је линија дијаграма, мање више хоризонтална, до измена у коришћењу енергије долази услед нормалних варијација у операцијама. Улазни тренд CUSUM линије означава непрестану прекомерну потрошњу у односу на циљану, док силазни тренд означава непрекидно мање коришћење енергије (генерисање отпада). Нагиб CUSUM линије је главни показатељ остварених уштеда. Примена његове вредности означава измену у начину на који се праћени процес одиграва.

На следећем дијаграму (слика 5.15) приказан је CUSUM дијаграм који се односи на потрошњу електричне енергије у односу на количину третиране робе у 2015.-ој години. Поређење стварне и предвиђене потрошње електричне енергије за исти период, што иначе представља основу за формирање CUSUM дијаграма, приказано је табеларно (табела 5.4).

Табела 5.4 Поређење стварне и предвиђене потрошње електричне енергије

Месец	Количина третиране робе [t]	Предвиђена потрошња [kWh]	Стварна потрошња [kWh]	Разлика [kWh]	CUSUM [kWh]
Јануар	15,09	11.324	9.010	-2.314	-2.314
Фебруар	23,50	13.100	8.480	-4.620	-6.934
Март	21,68	12.717	8.098	-4.619	-11.552
Април	9,31	10.103	8.300	-1.803	-13.355
Мај	13,21	10.926	11.411	485	-12.870
Јун	117,44	32.952	29.508	-3.444	-16.314
Јул	275,60	66.372	65.696	-676	-16.989
Август	430,30	99.061	99.143	82	-16.908
Септембар	58,80	20.560	29.744	9.184	-7.724
Октобар	39,18	16.414	22.124	5.710	-2.014
Новембар	24,16	13.239	14.543	1.304	-710
Децембар	20,57	12.480	13.192	712	1



Слика 5.15 CUSUM дијаграм

Улазни тренд показује непрестано мање трошење електричне енергије од предвиђене потрошње, све до јула месеца. Изузетак је мај месец у коме је стварна потрошња већа од предвиђене. Од јула месеца (излазни тренд) CUSUM крива показује непрестано прекомерно трошење електричне енергије (стварна потрошња већа од предвиђене) све до краја године. Последња вредност на дијаграму (слика 5.15) показује да је вредност кумулативне суме око 0, тј. 0,1 kWh.

5.5 Мере за повећање енерго-еко ефикасности предузећа

У циљу смањења трошкова енергената неопходних за одвијање процеса хлађења и мржњења производа, предузимају се разне акције којима се директно утиче на повећање профита предузећа.

Смањена потрошња енергије, поред профита, позитивно утиче и на очување животне средине, која се никако не сме запоставити.

Могућности за уштеду енергије у предузећу (било које гране индустрије) су многобројне. Уштеда енергије зависи од способности одговорних лица у оквиру предузећа, али и од њихове мотивације, креативности и жеље да се постројење у енерго-еко смислу унапреди.

Мере које се спроводе у циљу повећања енерго-еко ефикасности предузећа (у овом случају хладњаче), могу се класификовати на различите начине, али се најчешће класификују према висини новчаних улагања и периоду повраћаја уложених инвестиција [1] [7]:

- мере за повећање енерго-еко ефикасности предузећа које не захтевају новчана улагања (*табела 5.5*);
- мере за повећање енерго-еко ефикасности предузећа које захтевају мала новчана улагања, тј. кратак период повраћаја инвестиција (*табела 5.6*);
- мере за повећање енерго-еко ефикасности предузећа које захтевају велика новчана улагања, тј. дуг период повраћаја инвестиција (*табела 5.7*).

Наведене мере за повећање ефикасности индустријског предузећа *JR TEMPO FOODS* могу се применити на све системе у којима се врши конверзија, дистрибуција и размена енергије.

Табела 5.5 Мере које не захтевају новчана улагања [1] [7]

Расвета
Искључивање
Успостављање стандардног нивоа расвете
Чишћење
Грејање, климатизација и вентилација
Подешавање програма за одржавање температуре у непроизводном периоду рада
Одржавање система
Правилно димензионисање система
Расхладни системи
Одржавање система
Редуковање рада вентилатора у испаривачу
Одржавање испаривача
Правилно димензионисање цевовода
Смањивање извора топлоте у складиштима
Правилно допуњавање расхладног средства
Одржавање кондензатора
Редуковање рада вентилатора у кондензатору
Редуковање притиска у кондензатору
Процесни електромотори
Искључивање
Развијање плана за управљање
Развијање стратегије при одабиру
Одржавање
Правилно димензионисање

Табела 5.5 Мере које не захтевају новчана улагања (наставка) [1] [7]

Системи пумпи
Развијање стратегије при одабиру
Усвајање стандардних пречника цеви
Одржавање
Правилно димензионисање
Избегавање пригушних вентила
Искључивање
Ефикасно коришћење воде
Одржавање система
Редукција притиска
Програм управљања водом
Производне линије
Смањење потрошње чисте воде
Искључивање опреме када се не користи
Оптимизација производне линије
Одржавање производног програма
Одређивање оптималне температуре сировина у току производње
Смањити период загревања и хлађења сировина

Табела 5.6 Мере које захтевају мала новчана улагања [1] [7]

Процесни електромотори
Аутоматизација рад
Употреба фреквентних регулатора
Корекција фактора снаге
Винкловање електромотора
Смањење неуравнотежености напона
Расвета
Контрола нивоа осветљености
Замена живиних сијалица
Замена инкадесцентних светилки флуо светилкама
Замена светилки Т-12 светилкама Т-8 (или Т-5)
Употреба LED сијалица
Употреба баласта
Грејање, вентилација и климатизација
Системи контроле и праћења утрешка енергије
Поправљање и замена дотрајалих канала
Изолација објекта
Коришћење фреквентних регулатора
Примена ексхаустора
Подешавање вентилатора
Употреба принудне вентилације

Табела 5.6 Мере које захтевају мала новчана улагања (наставак) [1] [7]

Ефикасно коришћење воде
Замена дотрајалих цеви
Набавка мерне опреме
Набавка и употреба црева
On-off контролори протока
Набавка прскалица
Расхладни уређаји
Контрола главног притиска
Праћење рада система
Контрола система
Аутоматско прочишћавање кондензатора
Изолација цевовода
Смањење продора топлоте
Смањење топлотног оптерећења
Распоред и контрола компресора
Производне линије
Контрола температуре
Контрола притиска
Контрола хлађења и грејања сировина
Системи пумпи
Систем праћења рада пумпи
Коришћење високо ефикасних пумпи
Подсецање радног кола
Набавка нових пумпи
Употреба фреквентних регулатора

Табела 5.7 Мере које захтевају велика новчана улагања (капиталне инвестиције) [1] [7]

Осветљење
Извођење нових грађевинских радова зарад бољег искоришћења дневног светла
Генерисање енергије
Рекулпација отпадне топлоте
Уградња фотонапонских панела
Производне линије
Аутоматизација процеса (увођење роботике)
Замена неефикасне опреме новом ефикасном опремом
Ремонт постојеће опреме
Усавршавање постојеће опреме
Смањење времена трајања процеса

Након дефинисаних мера за повећање енерго-еко ефикасности индустријског предузећа *JR TEMPO FOODS*, формирана је листа приоритетних мера (табела 5.8). Ова листа се прави са циљем смањења потрошње енергије и количине генерисаног отпада по центрима потрошње енергије.

Табела 5.8 Листа приоритетних мера за повећање енерго-еко ефикасности предузећа

Центар потрошње енергије	Мера за повећање енерго-еко ефикасности предузећа	Трошкови улагања [din]
Цело постројење	Спречавање продирања влаге унутар панела	Додатна истраживања
Цело постројење	Испитивање могућности инсталирања ФН панела	
Цело постројење	Замена постојећих светиљки ефикаснијим	
Цело постројење	Ефикасно и рационално коришћење воде	
ЦПЕ 7	Могућност рекуперације отпадне топлоте	

Разлог за спровођење мера којим би се спречило продирање влаге унутар панела хладњаче су многобројна:

- ✚ смањење оптерећења расхладне опреме;
- ✚ дужи радни век расхладне опреме;
- ✚ дужи радни век панела;
- ✚ мањи трошкови електричне енергије као последица мањег оптерећења расхладне опреме;
- ✚ бољи квалитет воћа и поврћа.

Постављање ФН панела (нпр: на кров хладњаче) могло би да буде веома корисно решење ка редуковању трошкова електричне енергије у неком даљем периоду. Оваква инвестиција би, пре њене реализације, морала да буде предмет детаљног анализирања исплативости, иако би се постављање ФН панела позитивно одразило на окружење.

Расвета није процентуално велики потрошач у хладњачи, али то није разлог да не буде циљана група у смислу повећања енергетске ефикасности предузећа. Заменом постојећих неонских светиљки новим ефикаснијим могу се смањити трошкови на годишњем нивоу за неколико процената.

Ефикасно и рационално коришћење воде не би директно у новчаном смислу допринело предузећу, али у индиректном сигурно би. Ако би се смањила потрошња воде, то би сигурно довело до јачања имица предузећа, а то даље до јачања њеног пословања.

Могућност рекуперације (отпадне) топлоте је веома ефикасан начин за редуковање трошкова. Једино место у хладњачи где постоји могућност рекуперације топлоте је кондензаторска секција. Прикупљена топлота би се могла користити у следећим случајевима:

- ✚ прање воћа и поврћа пре њиховог третирања;
- ✚ грејање просторија;
- ✚ грејање санитарне или технолошке воде;
- ✚ у случају нових технолошко-производних процеса унутар фирме ова топлота би се могла користити за предгревање, док би се главно загревање вршило неким другим извором топлоте (у оваквим случајевима постоји могућност повезивања и са соларним колекторима).

Листа мера (табела 5.8) није коначна. Ову листу, по потреби, треба ажурирати, побољшавати и проширивати на основу стечених искустава. Политика енерго-еко менаџмента треба, такође, да се мења у складу са овом листом, а све у циљу унапређења рада предузећа.

6 ЗАКЉУЧАК

Расхладна постројења (хладњаче) класификују се као велики потрошачи енергије, највећим делом електричне енергије. Електрична енергија се користи у процесу производње (компресори, испаривачи, кондензатори), али и за друге потребе предузећа које не утичу директно на обим производње (осветљење, вентилација, климатизација, компјутери и разне друге машине).

Потрошња енергије у хладњачама је веома често и неконтролисана, без адекватног система надгледања што је увек праћено издвајањем огромних новчаних средстава.

Управо из тих разлога, јавља се потреба за увођењем система енерго-еко менаџмента. То је систем који надгледа рад читавог постројења, прати потрошњу енергената и контролише и мери ниво загађења која се испуштају у околину. Систем који непрестано тражи могућности за побољшање рада предузећа.

Централна фигура у систему енерго-еко менаџмента је енерго-еко менаџер. То је особа која треба да познаје све енергетске токове предузећа и све процесе који се одвијају унутар датог предузећа. Особа која воли да учи, да се усавршава, да зна да организује запослене, да непрестано ради на напретку предузећа на свим пољима, али да зна и да убеди руководство фирме да улаже у мере за које верује да могу да допринесу бољем раду предузећа.

Циљ овог рада био је детаљно упознавање са токовима енергије и сировина у хладњачи *JR TEMPO FOODS*. Затим, праћење потрошње енергената (вода, електрична енергија) у зависности од обима производње у оквиру исте. На крају и дефинисање мера којима је могуће унапредити постројење, тј. хладњачу, у енергетском и еколошком смислу.

Праћење потрошње енергената у зависности од обима производње (иницијални циљеви и CUSUM дијаграми) показује да постоје огромне могућности којима би се редуковали трошкови и негативни утицаји на животну средину.

Како су хладњаче огромни потрошачи енергије, јасно је и да постоји огроман број мера чијом применом се директно утиче на смањење потрошње енергије и очување животне средине. Могуће мере, у циљу повећања енерго-еко ефикасности предузећа, дефинисане су према висини новчаних улагања и периоду отплате, а на крају је дефинисана и листа приоритетних мера са објашњењем због чега се баш те мере требају предузети.

7 ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гордић, Д.: *Енерго-еко менаџмент у индустрији намештаја*, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, 2011.
- [2] Doty, S., Turner, W. C.: *Energy management handbook-7th ed.*, The Fairmont Pres, 2009.
- [3] Jelić, D., Gordić, D., Babić, M., Končalović, D., Šušterčić, V.: *Review of existing energy management standards and possibilities for its introduction in Serbia*, *Thermal Science*: Vol. 14, No. 3, 2010, pp. 613-623.
- [4] I.S. EN 16001:2009, *Technical Guideline, Energy management systems-Requirements with guidance for use*, Sustainable Energy Ireland.
- [5] Gordić, D., Babić, M., Šušteršić, V., Jovičić, N., Končalović, D., Jelić, D.: *Development of Energy Management System-Case Study of Serbian Car Manufacturer*, *Energy Conversion and Management*, Vol.51, No.12, 2010, pp. 2783-2790.
- [6] McKane, A.: *Industrial Energy Management, Issues Paper, Prepared for Expert Group. Meeting: Using Energy Management Standards to stimulate persistent application of Energy Efficiency in Industry*, Vienna, Austria, March 21-22, 2007.
- [7] Morvay, Z., Gvozdenac, D.: *Applied Industrial Energy and Environmental Management*, JohnWiley & Sons Ltd, 2008.
- [8] Amundsen, A.: *Joint management of energy and environment*, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 8, Issue 68, 2000, pp. 483-494.
- [9] http://www.geohive.com/charts/ag_fruit.aspx (приступљено 09.06.2016. год.)
- [10] <http://www.statista.com/statistics/264001/worldwide-production-of-fruit-by-variety/> (приступљено 09.06.2016. год.)
- [11] <http://www.intracen.org/> (приступљено 09.06.2016. год.)
- [12] <http://webzrs.stat.gov.rs/WebSite/Default.aspx> (приступљено 10.06.2016. год.)
- [13] <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/tehnologija-skladistenja-hladenjem> (приступљено 11.06.2016. год.)
- [14] Деспотовић, М.: Скрипта, *Енергија биомасе*, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, 2013. год.
- [15] Јанковић Миодраг: *Технологија хлађења, општи део – II допуњено издање*, Пољопривредни факултет, Универзитета у Београду, 2002. год.
- [16] <http://www.portal-srbija.com/media/d0/1542/sara-kom-s4.jpg> (приступљено 14.06.2016. год.)
- [15] http://blog.deltaagrar.rs/wp-content/uploads/Celarevo_hladnjaca3s.jpg (приступљено 15.06.2016. год.)
- [18] http://3.bp.blogspot.com/GFSbDk8orP0/UKJrWDcQ_pI/AAAAAAAAA9Q/1K2XstFkYeE/s1600/IMAG0018.JPG (приступљено 15.06.2016. год.)
- [19] <http://www.kana.rs/images/galerija/p16er3av5q1lc01h1u130rifk1tvab.jpg> (приступљено 15.06.2016. год.)
- [20] http://www.agrotehnik.com/images/opremanje/rashladne_k3.jpg (приступљено 16.06.2016. год.)
- [21] IIR: *Packaging stations of fruits and vegetables*, Paris, 1973.
- [22] IIR: *Recommendations for chilled storage of perishable produce*, Paris, 1979.
- [23] Ciobanu, A. et. al: *Cooling Technology in food industry*, Abacus Press, Kent, 1976.
- [24] <http://cdn.tf.rs/2015/04/20/Mesara-meso-klanica-polutke-2-670x447.jpg> (приступљено 16.06.2016. год.)
- [25] Лукић, Н.: Скрипта, *Пренос топлоте и масе*, Факултет инжењерских наука

- Универзитета у Крагујевцу, 2013. год.
- [26] Wang, L.: *Energy Efficiency and Management in Food Processing Facilities*, Taylor and & Francis Group, 2008.
- [27] Бојић, М.: Скрипта, *Грејање, климатизација и соларна енергија*, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, 2013. год.
- [28] Бабић, М., Стојковић, С.: *Турбомашине-теорија и математичко моделирање*, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, 1997.
- [29] <http://www.light10.somee.com/f223/5c90528c-abf2-490e-8c7e-9277627899cc> (приступљено 15.06.2016. год.)
- [30] <http://3.imimg.com/data3/EP/NN/MY-2982796/screw-compressors-250x250.jpg> (приступљено 04.05.2015. год.)
- [31] Бојић, М.: *Термодинамика*, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, 2011.
- [32] http://vazdusnatehnika.avit.rs/images/catalog/grp68/d_202.jpg (приступљено 15.06.2016. год.)
- [33] https://www.euroimpex.rs/media/artikli/big/ventilator-aksijalni-fi-315-wb-s-beli-dospel-1400-o-min-75w_156050_0.jpg (приступљено 15.06.2016. год.)
- [34] Cornelissen, R. L., Hirs, G. G.: *Thermo-dynamics optimization of a heat exchanger*, 1999.
- [35] Voronјec, D.: *Tehnološke operacije*, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1998.
- [36] Цвијовић, С., Кончар-Ђурђевић, С., Цвијовић, Р.: *Машине, апарати и операције*, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2000.
- [37] Лукић, Н.: Скрипта, *Термоенергетски уређаји и постројења*, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, 2014.
- [38] <http://www.datacenterknowledge.com/wp-content/uploads/2008/11/heat-wheel-diagram.png> (приступљено 15.06.2016. год.)
- [39] http://web.tradekorea.com/upload_file2/sell/58/S00012658/Air_Cooled_Condenser.jpg (приступљено 15.06.2016. год.)
- [40] <http://www.ami-exchangers.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/DSC08505-e1384336555665.jpg> (приступљено 15.06.2016. год.)
- [41] <http://alangmarinesolution.com/images/products/plate-heat-exchangers.jpg> (приступљено 15.06.2016. год.)
- [42] <http://read.nxtbook.com/wiley/plasticsengineering/april2014/industrynews/image1.png> (приступљено 15.06.2016. год.)
- [43] Eric Masanet, Ernst Worrell, Wina Graus, and Christina Galitsky: *Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Fruit and Vegetable Processing Industry-An ENERGY STAR® Guide for Energy and Plant Managers*, ERNEST ORLANDO LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY, March 2008.
- [44] <http://www.jrtempofoods.rs/> (приступљено 09.07.2016. год.)
- [45] <https://www.facebook.com/1709117946004162/photos/a.1709121356003821.1073741827.1709117946004162/1709121309337159/?type=3&theater> (приступљено 09.07.2016. год.)
- [46] <https://www.google.rs/maps/place/T%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%BA/@43.6146537,20.9718298,7852m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x475658b4ddc13ddb:0x7eac2e1db8a0532f!8m2!3d43.6173787!4d21.0023004> (приступљено 11.08.2016. год.)