

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Енерго еколошки менаџмент

Број индекса: 438/2017

Бошко Б. Радовић

Концепт енерго-еко менаџмента у индустрији производње млека и млечних производа Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Ред. Проф. Др Душан Гордић - ментор
2. _____
3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да прикупи податке о производњи млека и млечних производа на нивоу ЕУ и Србије, да опише основне технолошке процесе везане за наведену грану прехранбене индустрије, да дефинише основне индикаторе енергетске и еко-ефикасности овог производног процеса, да одреди специфичности израде енерго-еко биланса предузећа овог типа, да дефинише мере за смањење потрошње енергије, воде и генерисање свих врста отпада који настају приликом производног процеса и да примени концепт на једном демо предузећу.

Препоручена литература:

[1] Handbook: Eco-efficiency for the Dairy Processing Industry, Dairy Australia

[2] Интернет адреса: <https://iac.university/>, Industrial Assessment Centers: IAC

Крагујевац, 13.03.2020.

Ментор:
Др Душан Гордић ред. Проф.

Захваљујем се својим родитељима, оцу Браниславу и мајци Миљани, на безграничној подршци и безусловној љубави, коју су ми пружили током свих ових година.

Искрено Вам хвала.

Садржај

1. УВОД.....	1
2. МЛЕКО И МЛЕЧНИ ПРОИЗВОДИ	2
2.1 Млекарска индустрија	2
2.2 Производња млека у свету.....	2
2.3 Производња млека и млечних производа у ЕУ	4
2.4 Производња млека и млечних производа Србији.....	7
2.4.1 Производња сировог млека	7
2.4.2 Количина прерађеног млека у млекарском сектору (индустрији).....	9
2.4.3 Финална производња и трговинска размена.....	9
2.4.4 Млекаре у Србији	11
3. ТЕХНОЛОШКИ ПРОЦЕСИ У ИНДУСТРИЈИ МЛЕКА И МЛЕЧНИХ ПРОИЗВОДА	13
3.1 Пријем сировог млека	13
3.2 Складиштење сировог млека.....	14
3.3 Поступци механичке обраде млека.....	15
3.3.1 Центрифугални сепаратори.....	15
3.3.1.1 Кларификација млека.....	16
3.3.1.2 Бактофугација млека	16
3.3.1.3 Сепарација (обирање) млека	18
3.3.2 Хомогенизација млека	19
3.3.3 Дегазација млека.....	20
3.3.4 Мембранска филтрација млека	21
3.3.5 Евапорација млека.....	22
3.3.6 Сушење млека.....	23
3.4 Поступци топлотне обраде млека.....	23
3.4.1 Термизација млека.....	24
3.4.2 Пастеризација млека	25
3.4.3 Стерилизација млека	28
3.5 Хладно складиштење и паковање финалних производа	32
4. СИСТЕМ ЕНЕРГО-ЕКО МЕНАЏМЕНТА.....	34
4.1 Употреба енергије и воде у индустрији млека и млечних производа	34
4.1.1 Мере енергетске ефикасности за уштеду топлотне енергије.....	38
4.1.1.1 Котловска постројења	38
4.1.1.1.1 Редукција вишка ваздуха	39
4.1.1.1.2 Правилан однос мешавине	41
4.1.1.1.3 Температура димних гасова	41
4.1.1.1.4 Рекуперација топлоте из димних гасова (економајзер)	42
4.1.1.1.5 Инфилтрација ваздуха	44
4.1.1.1.6 Одмуљивање котлова.....	45
4.1.1.1.7 Одржавање котлова.....	47
4.1.1.1.8 Изолација котлова	48
4.1.1.2 Системи за дистрибуцију паре.....	49
4.1.1.2.1 Поврат кондензата.....	49
4.1.1.2.2 Одвајачи кондензата	50

4.1.1.2.3	Изолација система за дистрибуцију паре.....	52
4.1.1.2.4	Цурење система за дистрибуцију.....	53
4.1.2	Мере енергетске ефикасности за уштеду електричне енергије	54
4.1.2.1	Опште мере	54
4.1.2.1.1	Корекција фактора снаге (компензација реактивне енергије)	55
4.1.2.2	Стратешки одабир електро мотора (ЕМ)	56
4.1.2.2.1	Предимензионисање ЕМ	56
4.1.2.2.2	Одржавање ЕМ	58
4.1.2.2.3	Премотавање ЕМ.....	59
4.1.2.2.4	ЕМ веће ефикасности.....	59
4.1.2.2.5	Употреба фреквентних регулатора („VFD“).	60
4.1.2.3	Уштеда енергије код расвете.....	62
4.1.2.3.1	Замена сијалица и баласта	62
4.1.2.3.2	Аутоматска регулација осветљења	64
4.1.2.3.3	Одржавање система.....	66
4.1.2.4	Расхладни системи	67
4.1.2.4.1	Инфилтрација топлоте у просторије за хлађење	69
4.1.2.4.2	Минимизација других извора топлоте током хладног складиштења .	70
4.1.2.4.3	Праћење перформанси система	70
4.1.2.4.4	Правилно пуњење расхладног система и провера исправности.....	71
4.1.2.4.5	Изолација цеви расхладног система	71
4.1.2.4.6	Смањење притиска и температуре кондензације	72
4.1.2.4.7	Одржавање кондензатора	72
4.1.2.4.8	Употреба аксијалних вентилатора код кондензатора	73
4.1.2.4.9	Одмрзавање испаривача	74
4.1.2.4.10	Подесива брзина вентилатора (кондензатори и испаривачи)	74
4.1.2.4.11	Компресори	75
4.1.2.5	Системи компримованог ваздуха	76
4.1.2.5.1	Управљање радом компресора.....	77
4.1.2.5.2	Оптимизација притиска ваздуха у систему	81
4.1.2.5.3	Одржавање система компримованог ваздуха	82
4.1.2.5.4	Смањење температуре улазног ваздуха	82
4.1.2.5.5	Смањење цурења ваздуха	82
4.1.2.5.6	Рекулерација топлоте компресора.....	83
4.1.3	Мере енергетске ефикасности за уштеду воде	84
4.1.3.1	Мерење потрошње воде (контрола).....	84
4.1.3.2	Оптимизација брзине протока воде и ефикасна контрола процеса.....	85
4.1.3.3	Цурење система за воду	86
4.1.3.4	Смањење потражње за водом током процеса чишћења	86
4.1.3.5	Чисто на месту „CIP“ системи	87
4.2	Прерада хране и настајање отпада	89
4.2.1	Утицај млекарске индустрије на животну средину	90
4.2.1.1	Процес производње конзумног течног млека.....	90
4.2.1.1.1	Течни отпад (отпадне воде).....	91
4.2.1.1.2	Чврсти отпад	96
4.2.1.1.3	Емисија у атмосферу и бука	98

5. СТУДИЈА СЛУЧАЈА	101
6. ЗАКЉУЧАК	107
ЛИТЕРАТУРА	108
ДОДАТАК 1. <i>Укупан број активних млекара у Републици Србији</i>	118
ДОДАТАК 2. <i>Приказ анализираних млекара у САД</i>	127

ABSTRACT

The dairy industry produces an increasing amount of consumer dairy products from year to year. Significant amounts of heat, electricity and water are consumed during the production and processing of raw milk. In order to reduce energy consumption and achieve savings, various options are available. This paper discusses various energy and eco-efficiency measures that have been implemented around the world, with the basic goal of reducing energy and water consumption, and on the other hand, the preservation of natural resources and ecosystems. The implementation of various practices of energy-eco efficiency and energy efficient technologies opens up opportunities for the application of these systems at different levels of companies and plants.

Key words: Milk production, technological processes in dairy, specific energy and water consumption, energy efficient practices to reduce energy, water and generation of all types of waste

РЕЗИМЕ

Млекарска индустрија из године у годину производи све већу количину конзумних млечних производа. Током производње и прераде сировог млека троше се значајне количине топлотне,електричне енергије и воде. Да би се умањила потрошња енергената и оствариле уштеде, на располагању су различите могућности. Овај рад говори о разним мерама енергетске и еко ефикасности које су спроведене широм света, са основним циљем смањења потрошње енергије и воде, а са друге стране и очувању природних ресурса и екосистема. Имплементацијом разних пракси енерго-еко ефикасности и енергетски ефикасних технологија отварају се могућности за примену ових система на различитим нивоима предузећа и постројења.

Кључне речи: Производња млека, технолошки процеси у млекарству, специфична потрошња енергије и воде, енергетски ефикасне праксе за смањење енергије, воде и генерисања свих врста отпада

Списак илустрација:

Слика 1. Производња сировог млека у свету у периоду 2012.-2019. године	3
Слика 2. Производња сировог млека у свету у периоду 2012.-2019. године	3
Слика 3. Светска производња сировог крављег млека по континентима у 2018. години ..	4
Слика 4. Производња млека у земљама Европске Уније, у 2018. години.....	4
Слика 5. Десет индустријски најразвијенијих земаља Европске Уније, ранжираних по производњи сировог крављег млека, у 2018. години	5
Слика 6. Највећи увозници млека у Европској Унији у периоду 2012.-2017. године	5
Слика 7. Највећи извозници млека у Европској Унији у периоду 2012.-2017. године	6
Слика 8. Свеже млеко и његова употреба у ЕУ	7
Слика 9. Производња млека у Србији у периоду 1991.-2017. године.....	8
Слика 10. Производња крављег и овчијег сировог млека у Србији у периоду 2015.-2017. године	8
Слика 11. Количина произведеног сировог и откупљеног крављег, овчијег и козијег млека у 2015. години	9
Слика 12. Финални производи (средња вредност производње за период од 2015. – 2019. године) од крављег млека добијени у млекарама спремни за реализацију на тржишту	10
Слика 13. Структура извоза сира на тржиште различитих земаља у периоду од 2012.-2017.....	10
Слика 14. Географски распоред млекара по регионима Републике Србије.....	12
Слика 15. Одељење за пријем сировог млека	13
Слика 16. Хоризонтални резервоар за складиштење млека.....	14
Слика 17. Центрифугални сепаратор	15
Слика 18. Шематски приказ кларификације млека.....	16
Слика 19. Шематски приказ двофазног бактофугатора	17
Слика 20. Шематски приказ једнофазног бактофугатора).....	17
Слика 21. Шематски приказ стандардизације млека (обирање млека)	18
Слика 22. Уређај за стандардизацију млека	19
Слика 23. Хомогенизатор	19
Слика 24. Вакуумски дегазатор (деаератор)	20
Слика 25. „Cross-flow“-унакрсни ток, савремени принцип мембранске филтрације	21
Слика 26. Различити типови мембранске филтрације	22
Слика 27. Евапоратор („MVR“ евапоратор-механичка рекомпресија паре).....	22

Слика 28. Сушење распршивањем, у комори са топлим ваздухом	23
Слика 29. Дупликатор са мешалицом	25
Слика 30. Тунелски пастеризатор	26
Слика 31. Плочасти размењивач топлоте	27
Слика 32. Размењивач топлоте за вискозније флуиде.....	27
Слика 33. Индустрijски стационарни аутоклав за стерилизацију млека)	28
Слика 34. Хидростатички хоризонтални тунел за стерилизацију млека у амбалажи	29
Слика 35. УХТ стерилизација млека у цевастим размењивачима топлоте	30
Слика 36. Инфузија млека у пару.....	31
Слика 37. Комплетна УХТ линија за стерилизацију млека	32
Слика 38. а) Хладно складиштење, б) асептично паковање готових млечних производа .	32
Слика 39. Типична потрошња енергије (средња вредност) за течено млеко, сир, маслац и млеко у праху	36
Слика 40. Потрошња енергије (топлотна и електрична)	37
Слика 41. Типична потрошња воде у млекарском сектору.....	37
Слика 42. Типична места губитака енергије у индустрijском систему за дистрибуцију паре.....	39
Слика 43. Енергетски губици као функција вишка ваздуха	39
Слика 44. Анализа продуката сагоревања у димним гасовима употребом „On-line“ анализатора	40
Слика 45. Провера исправности горионика	41
Слика 46. Температура димних гасова.....	42
Слика 47. Употреба економајзера (течност-ваздух) за загревање напојне воде	43
Слика 48. Повећање ефикасности котла са економајзером.....	43
Слика 49. Пукотина на котловској конструкцији.....	44
Слика 50. Губитак топлоте и испуштање воде	46
Слика 51. Одмуљивање котла и рекуперација отпадне топлоте котловске воде	46
Слика 52. Одмуљивање котла и рекуперација отпадне топлоте котловске воде	47
Слика 53. Одржавање котловских цеви	48
Слика 54. Изолација парног котла	48
Слика 55. Приказ котловског постројења са системом за рекуперацију топлоте кондензата	50
Слика 56. Контрола рада одвајача кондензата „On-line“ праћење	51

Слика 57. Приказ добијених резултата одвајача кондензата у софтверском програму фирме Emerson Electric/Automated Solution.....	52
Слика 58. Пароводи.....	53
Слика 59. Цурење паре	54
Слика 60. Програмабилни временски прекидач	55
Слика 61. Компензација реактивне енергије употребом кондензаторских батерија	56
Слика 62. Зависност степена корисног дејства електромотора и фактора снаге од оптерећења	57
Слика 63. Редовно одржавање ЕМ	58
Слика 64. Премотавање „викловање“ ЕМ.....	59
Слика 65. Степен искоришћења четворополног асинхроног мотора.....	60
Слика 66. Неки од типова регулације код пумпи	61
Слика 67. Приказ дијаграма у зависности од типа регулације код пумпи	61
Слика 68. Различити типови сијалица	62
Слика 69. Светлосна флуо цев са баластом	64
Слика 70. Временско управљачки систем осветљења.....	65
Слика 71. Сензори присутности	65
Слика 72. Фото сензори	66
Слика 73. Ефекат одржавања и чишћења сијалица на ниво светлосног излаза	67
Слика 74. Хладно складиштење готових производа	67
Слика 75. Принципијелна шема рада расхладног система.....	68
Слика 76. Аутоматска рол-врата за просторије хладног складиштења	69
Слика 77. Континуално праћење притиска на улазу и излазу из компресора	70
Слика 78. Процес пуњења расхладних система.....	71
Слика 79. Правилно изоловане цеви расхладног система	72
Слика 80. Чишћење кондензатора	73
Слика 81. Кондензатор	73
Слика 82. Формирање леда на испаривачу	74
Слика 83. Употреба фреквентних регулатора (кондензатори и испаривачи)	75
Слика 84. Најчешће примењивани тип компресора у расхладним системима	75
Слика 85. Расподела утрошене електричне енергије код система за компримовани ваздух	76
Слика 86. Принципијелна шема (вијчани компресор)	77

Слика 87. Резервоар под притиском.....	78
Слика 88. Употреба фреквентних регулатора.....	80
Слика 89. Поређење потрошње енергије једностепених ротационих завојних компресора са убризгавањем течности за подмазивање, за различите управљачке системе...	80
Слика 90. Оштећење настало услед превеликог притиска компримованог ваздуха, на цреву	81
Слика 91. Отпадна топлота компресора	83
Слика 92. Рекуперација отпадне топлоте код вијчаног компресора	84
Слика 93. Мерење потрошње воде.....	85
Слика 94. Праћење потрошње воде	85
Слика 95. Цурење воде на спојници испред вентила	86
Слика 96. Чишћење подне подлоге у погону прехрамбене индустрије употребом високопритисних млазница	87
Слика 97. Систем чисто на месту	88
Слика 98. Настајање отпада током производње млека и млечних производа.....	89
Слика 99. Топлотно третирано млеко	90
Слика 100. Токови енергије (топлотне и електричне) и воде, и врсте отпада насталог током производње конзумног млека	91
Слика 101. Губитак услед неадекватног руковања, током примарне фазе обраде млека	94
Слика 102. Шема поступка чишћења и утицај на животну средину.....	95
Слика 103. Хијерархија управљања отпадом	98
Слика 104. Шема настанка паре, употребљених сировина и врсте насталог отпада	99
Слика 105. Шема расхладног система-врсте насталог отпада.....	100
Слика 106. Шематски приказ производних линија	101
Слика 107. Расподела енергије у посматраном предузећу	104

Списак табела:

Табела 1. Приказ 30 најпродуктивнијих млекара у Републици Србији	11
Табела 2. Врсте топлотних третмана у млекарској индустрији	24
Табела 3. Приказ специфичне потрошње енергије по јединици готовог млечног производа	35
Табела 4. Потрошња енергије по литри сировог прерађеног млека у функцији од карактеристике постројења	35
Табела 5. Потрошња воде у зависности од врсте финалног производа	38
Табела 6. Уштеда горива и смањени утицај на животну средину у зависности од снаге котловских агрегата	41
Табела 7. Препоручени интервал тестирања одвајача кондезата у зависности од врсте система за дистрибуцију паре	51
Табела 8. Губици енергије на неизолованом пароводу у зависности од радног притиска паре	53
Табела 9. Уштеда електричне енергије правилно одабраним типом мотора.....	58
Табела 10. Трошкови током рада расхладних система (расхладни индустријски системи)	68
Табела 11. Губитак електричне енергије услед цурења ваздуха у систему.....	83
Табела 12. Губици воде услед цурења.....	86
Табела 13. Количина отпадних вода насталих током производње маслаца, сира и током производње конзумног млека	92
Табела 14. Настајање течног отпада током производње конзумног млека	93
Табела 15. Чврсти отпад произведен у погонима за производњу конзумног млека	97
Табела 16. Карактеристике неких енергената	99
Табела 17. Разлагање фреона у атмосфери.....	100
Табела 18. Средње специфичне топлоте за различите производе од млека.....	103
Табела 19. Дневна потрошња енергије за процесе добијања различитих производа и приказ индикатора потрошње	104
Табела 20. Најчешће примењиване мере у анализираним млекарама (САД).....	105
Табела 21. Резултати добијених вредности.....	106

1. УВОД

Непрестани пораст броја становништва, посебно у оним земљама које су у развоју доводи до константног раста прехранбене индустрије. Паралелно са растом прехранбеног сектора развија се и сектор прераде млека и производње млечних производа. Светска производња сировог млека премашује 800 милиона тона годишње, повећавајући се нешто брже последњих година.

Најзаступљеније млеко јесте млеко добијено од говеда, тј. кравље млеко. Највећи произвођачи крављег млека на свету су земље ЕУ (33% од укупне производње), пре свега Немачка, Француска, Уједињено Краљевство, Пољска и Италија.

У Србији се годишње произведе око 1,5 милиона тона крављег сировог млека, а од тога просечно се око 50% испоручи млекарском сектору, где се даље користи за прављење различитих млечних производа. У млекарском сектору Р. Србије послује око 208 предузећа. У првих 30, највећих млекара, које имају производне капацитете преко 10 тона прерађују се преко 90% сировог млека. Најзаступљенији финални производи су конзумно течено млеко, затим ферментисани млечни производи и сир. Млеко и млечни производи у највећем броју се извозе на тржиште земаља региона и у Руску Федерацију.

У структури производних трошкова, трошкови енергије током производње млечних производа релативно су мали (5-7%), док највећу ставку у трошковима представља набавка сировина (60-80%). Међутим, услед великог броја млекара које послују у прерађивачком сектору, укупна потрошња енергије има значајан удео у укупној потрошњи енергије прехранбене индустрије. Без обзира на то о којој се индустрији ради, свака проналази другачија средства за смањење трошкова производње, без негативног утицаја на принос и квалитет готових производа.

Важност енергетске ефикасности убрзано се повећава из године у годину. Разлози су бројни, а најчешће се то дешава услед повећања трошкова енергије и смањења природних ресурса (*попут угља, нафте итд.*). Млекарска индустрија приликом обраде и производње млечних производа користи значајну количину енергије (*пару, топлу воду, електричну енергију*). Да би се њихова употреба смањила неопходно је да се млекаре фокусирају истовремено на одрживост високог квалитета производа и смањењу трошкова енергије, воде и осталих сировина. Ови аспекти се могу испунити кроз бројна улагања у енергетску и еко ефикасност.

Енергетски ефикасне технологије често могу понудити додатне користи. Пре свега, побољшање квалитета, повећање производње и већу ефикасност процеса, резултирајући повећаној продуктивности читавог система. Имплементацијом енергетски ефикасних метода такође се смањују и емисије штетних гасова и других загађивача у атмосферу.

2. МЛЕКО И МЛЕЧНИ ПРОИЗВОДИ

Историјски посматрано, производња млека као и производња различитих млечних производа, добијених прерадом сировог млека, почела је јако давно. Ове сложене, висококвалитетне и корисне намирнице састоје се од читавог низа вредних састојака, представљајући тако изузетан дар природе. Управо због сложености свог састава (*вода (90%), масти, угљени хидрати-лактоза, минералне материје и соли, гасови (угљен диоксид, кисеоник, азот) итд.*), млеко и млечни производи заузимају посебно место у исхрани људи [1, 2].

2.1 Млекарска индустрија

Прерада сировог млека и производња млечних производа припадају делу прерађивачке индустрије, тачније прехранбеном сектору [3]. Ова грана обухвата низ активности усмерених на прикупљање, припрему, прераду и/или претварање, конзервирање и паковање млечних производа. Основна сировина која се употребљава јесте млеко, које може бити животињског (*кравље млеко, овчије, козије, магареће, камиље, коњско, млеко добијено од бизона, жирафе, ирваса и др. врсте млека*) или биљног (*бадемово, кокосово, пиринчано, сојино млеко, као и млеко добијено од махунарки, различитих орашастих плодова и семена*) порекла [4, 5, 6].

У зависности од врсте финалног производа, mleкарска индустрија Републике Србије, може се поделити на две области. И то на (*подела према класификацији делатности*) [7]:

- **10.51 Област за прераду млека и производњу сирева;**
- **10.52 Област за производњу сладоледа.**

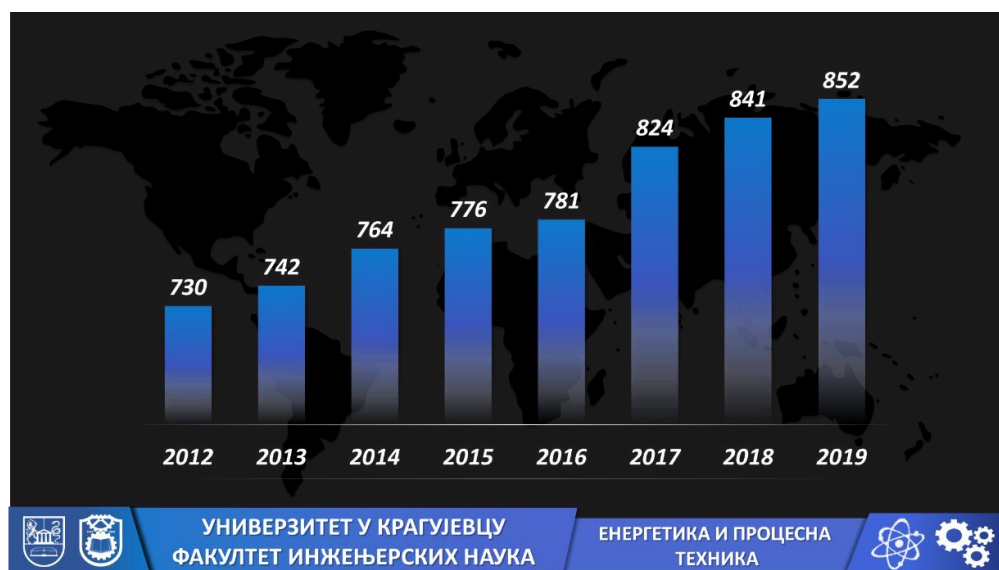
Прерада млека и производња сирева (*област 10.51*) обухвата производњу млека било које врсте, осим сировог (*производња свежег пастеризованог, стерилизованог и хомогенизованог млека и производња различитих напитака од млека*), затим производњу ферментисаних производа (*производња павлаке, јогурта, сурутке, сира и урде, маслаца*), и производњу осушених или кондензованих млечних производа (*производња млека у праху или кондензованог млека, заслађеног или незаслађеног, производња осушене сурутке, као и производња казеина, млечног шећера (лактозе) итд.*). Друга област (*10.52*), обухвата производњу сладоледа и других јестивих смрзнутих смеса.

Млекарска индустрија је област са дугом традицијом и великим значајем за привреду сваке земље. Као грана прехранбене индустрије, тесно је повезана са пољопривредним сектором, сектором сточарства и шумарства, као и са многим другим секторима. Пре свега, представља главног снабдевача трговине на велико и мало, као и услуга исхране и смештаја (*сектор туризма*) [3].

2.2 Производња млека у свету

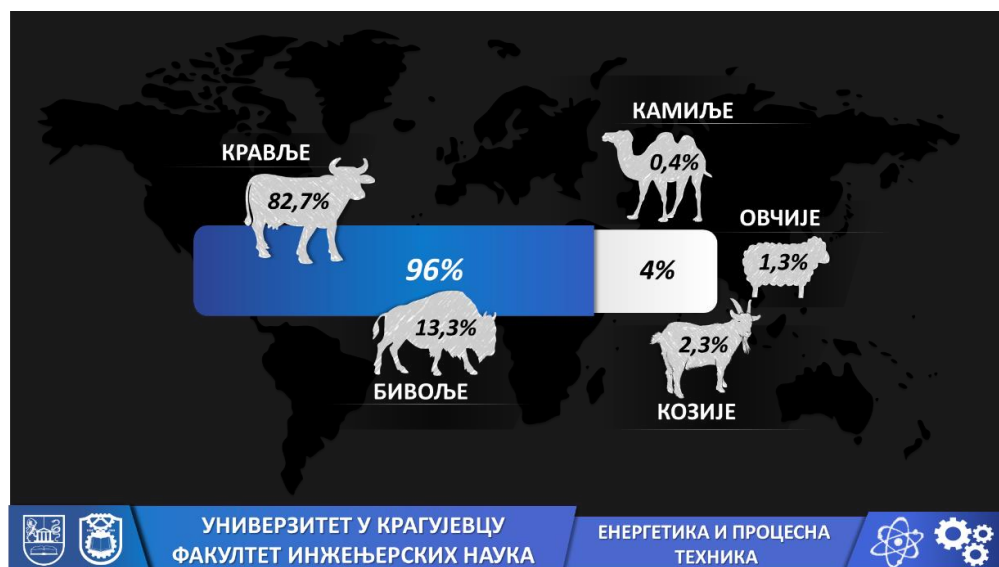
На производњу млека и млечних производа утичу различити фактори. Један од најинтензивнијих, јесте непрестани пораст броја становништва, посебно у оним земљама које су у развоју [3].

Светска производња сировог млека константно је у порасту. Глобална производња у 2019. години износила је преко 850 милијарди литара (слика 1) [8, 9]. Према бројним анализама и предвиђањима очекује се да ће до 2030. године укупна светска производња премашити билион литара, повећавајући се нешто брже него у протеклој деценији [10].



Слика 1. Производња сировог млека у свету у периоду 2012.-2019. године

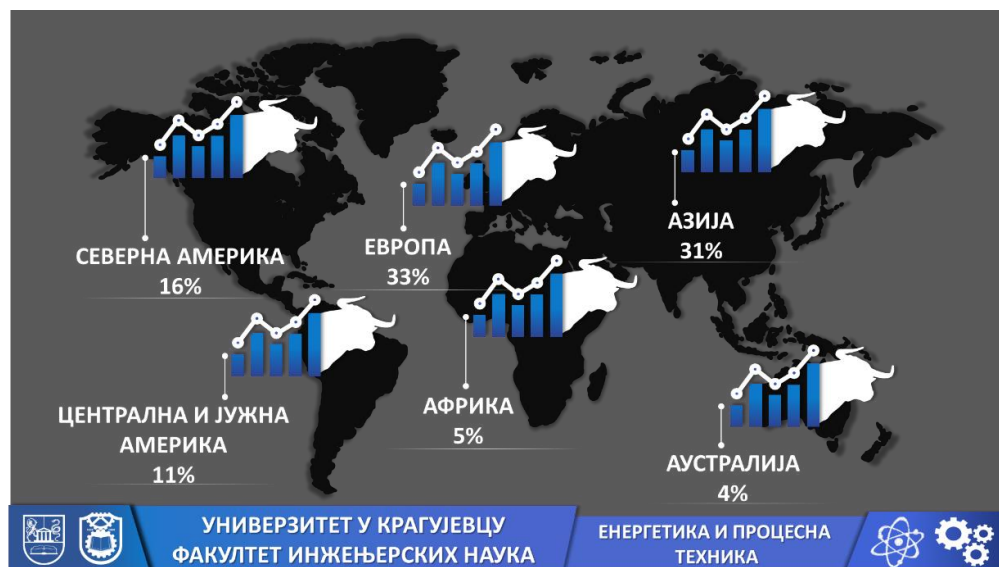
Од укупне количине произведеног млека, 96% је добијено од говеда (кравље 82,7% и бивоље 13,3% млеко), док осталу количину чине козије (2,3%), овчије (1,3%), и на крају самог ланца камиље млеко (0,4%) (слика 2) [8, 11]. Органска млека, као и бројна биљна млека заузимају веома мали проценат у глобалној производњи [8].



Слика 2. Производња сировог млека у свету у периоду 2012.-2019. године

Кравље млеко као најдоминантнији сирови производ, производи се на свим континентима и може се наћи у скоро свим земљама света. Посматрано у процентима, највећа количина овог млека добија се у земљама Европе 33% (24% од укупне количине

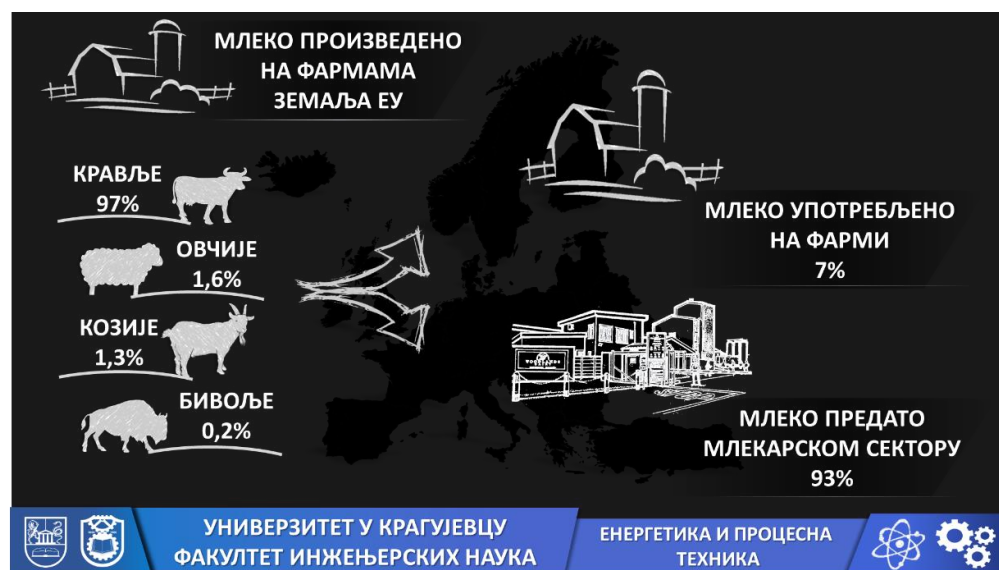
светског млека у земљама Европске Уније), док се најмања количина добија на Аустралијском континенту-Океанији (4%) (слика 3) [12].



Слика 3. Светска производња сировог крављег млека по континентима у 2018. години

2.3 Производња млека и млечних производа у ЕУ

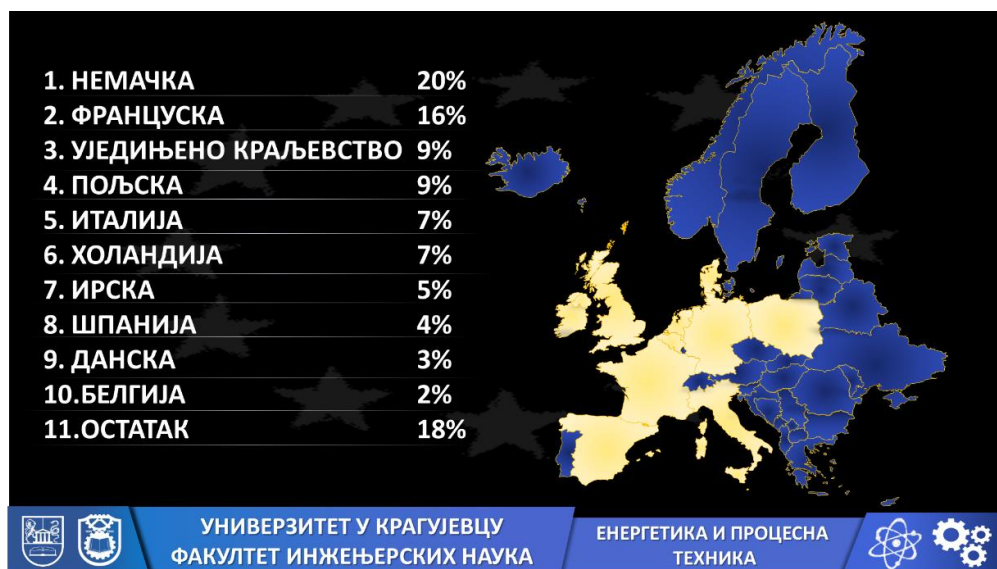
Производња млека у земљама Европске Уније је добро позиционирана на светском тржишту. Од укупне количине произведеног сировог млека у 2018. години, 93% је испоручено млекарској индустрији. Најзаступљеније млеко је кравље (97% од укупне количине сировог млека), док остатак чини комбинација овчијег, козијег и бивољег млека (слика 4) [13].



Слика 4. Производња млека у земљама Европске Уније, у 2018. години

Земље које производе највећу количину сировог млека и готових млечних производа у последњих неколико деценија и данас су главни и водећи произвођачи [13]. Десет

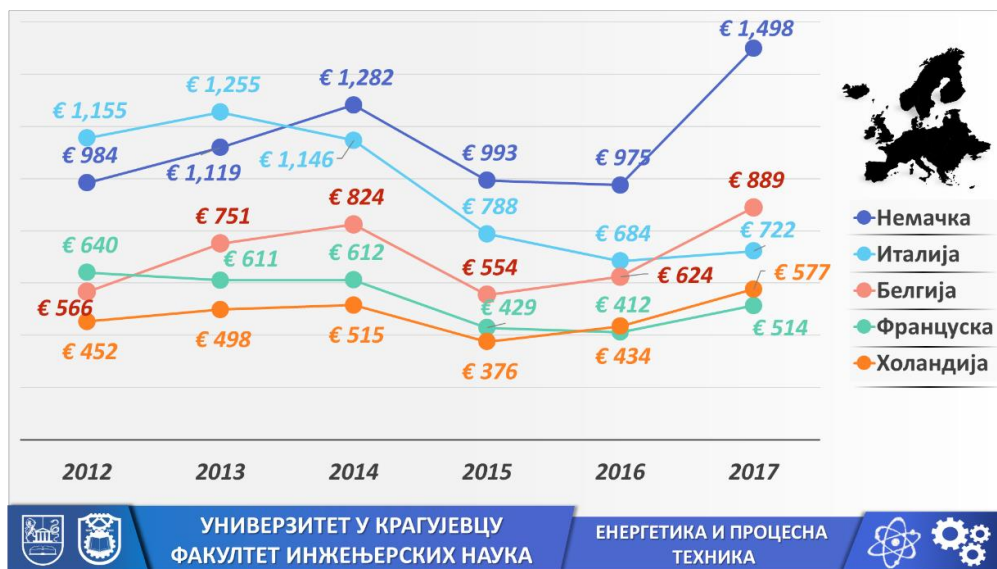
индустријски најразвијених земаља ЕУ (рангираних по обиму производње сировог крављег млека), заједно производе преко 130 милијарди литара млека (што чини преко 80% од укупне количине произведеног крављег млека у земљама ЕУ) (слика 5) [12].



Слика 5. Десет индустријски најразвијенијих земаља Европске Уније, рангираних по производњи сировог крављег млека, у 2018. години

Иако кравље млеко доминира на тржишту, постоје делови Европе, у којима се млеко других животиња прикупља и прерађује у релативно великим количинама. Рецимо, неке од тих земаља су Шпанија, Грчка и Француска, које су произвеле преко 1,7 милијарди литара овчијег и козијег млека. У Грчкој према подацима из 2018. године доминантно млеко које је испоручивано млекарском сектору је управо било од ових животиња (преко 57 %) [13].

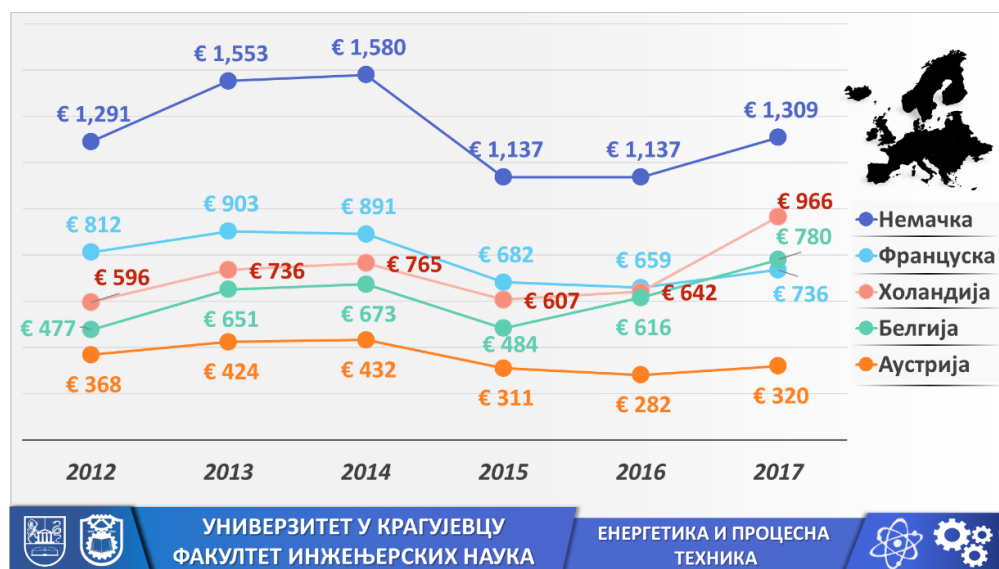
Највећи увозници свежег млека у Европској Унији су Немачка, Италија, Белгија, Француска и Холандија (слика 6) [14]. У периоду од 2012. године до 2014. године, три земље бележе константан раст.



Слика 6. Највећи увозници млека у Европској Унији у периоду 2012.-2017. године

Највећи раст је забележен у Белгији, 46% (са 566 милиона € на 824 милиона €), Немачкој, 30% (са 984 милиона € на 1,3 милијарди €) и у Холандији, 14% (са 452 милиона € на 515 милиона €). Од 2014. до 2015. године свих пет земаља је имало смањене потребе за млеком, самим тим и за увозом, док је у периоду, од 2015. до 2017. године забележен раст у 4 од 5 земаља. Највећи увоз у овом периоду је забележен у Белгији за 60% (са 554 милиона € на 889 милиона €), Холандији за 54% (са 376 милиона € на 577 милиона €), Немачкој за 51% (са 993 милиона € на 1,5 милијарде €), Француској за 20% (са 376 милиона € на 577 милиона €), сем у Италији, код које је у поређењу са 2015. годином забележен пад, али зато у периоду од 2016. до 2017. године забележен пораст увоза за 6% (са 684 милиона € на 722 милиона €) [14].

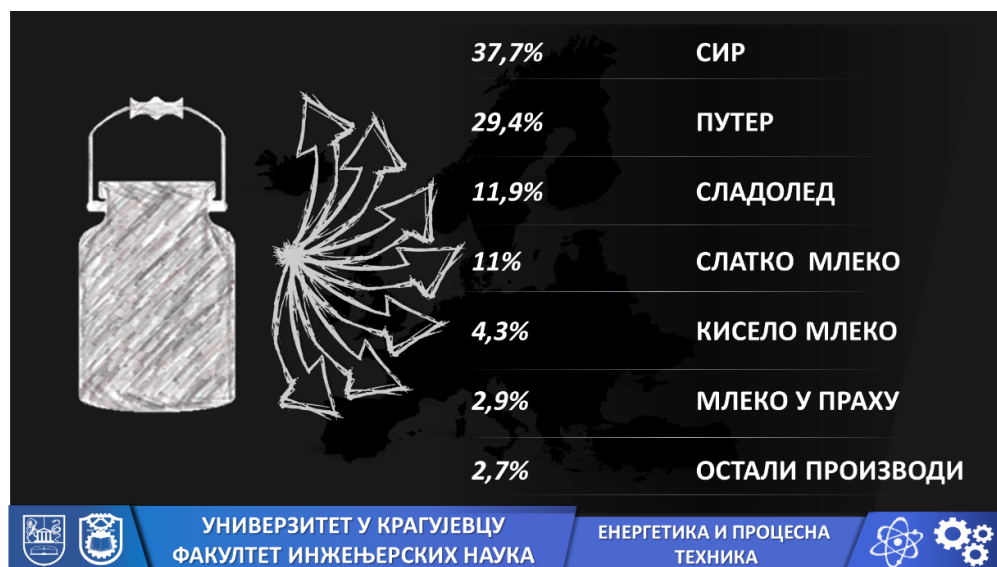
Најдоминантнији извозници млека у Европској Унији су (Немачка, Холандија, Француска, Белгија и Аустрија) приказани су на слици 7 [14]. Највећи извозник свежег млека у 2017. години је Немачка (са 1,3 милијарде €), затим следе Холандија (са 965 милиона €), Белгија (са 779 милиона €), Француска (са 735 милиона €) и на крају Аустрија (са 319 милиона €).



Слика 7. Највећи извозници млека у Европској Унији у периоду 2012.-2017. године

Као и код увоза млека у периоду од 2014. до 2015. године забележен је драстичан пад (од 21%-28%) код свих посматраних земаља извозника [14]. Турбулентни период у 2014. и 2015. години одразио се на структурне промене када су у питању понуда и потражња како сировог млека тако и млечних производа. Главни разлог је у понуди млека, која је била заступљенија него ранијих година у земљама Европске Уније и САД, што је довело до ниске откупне цене сировог млека. Према прогнозама овај проблем ће у будућности бити израженији и додатно ће утицати на смањење цена, самим тим и на увоз и на извоз млека и млечних производа [15].

Од укупне количине свежег млека, највећа количина се користи за прављење различитих врста сирева (37,7%) и путера (29,4%) (слика 8). Више од две трећине испорученог млека млекарском сектору, користи се за прављење ових укусних производа [13].



Слика 8. Свеже млеко и његова употреба у ЕУ

2.4 Производња млека и млечних производа Србији

Производња млека у Србији је једна од најважнијих пољопривредних грана. Посматрајући прехранбену индустрију по областима, област за производњу млека и млечних производа налази се у самом врху, међу пет најинтензивнијих сектора [3].

Ова грана индустрије претрпела је бројне промене у протеклих неколико деценија. Највеће инвестиције уложене су у организациону структуру и опрему, почев од система за сакупљање и складиштење млека, до система за прераду и паковање [3].

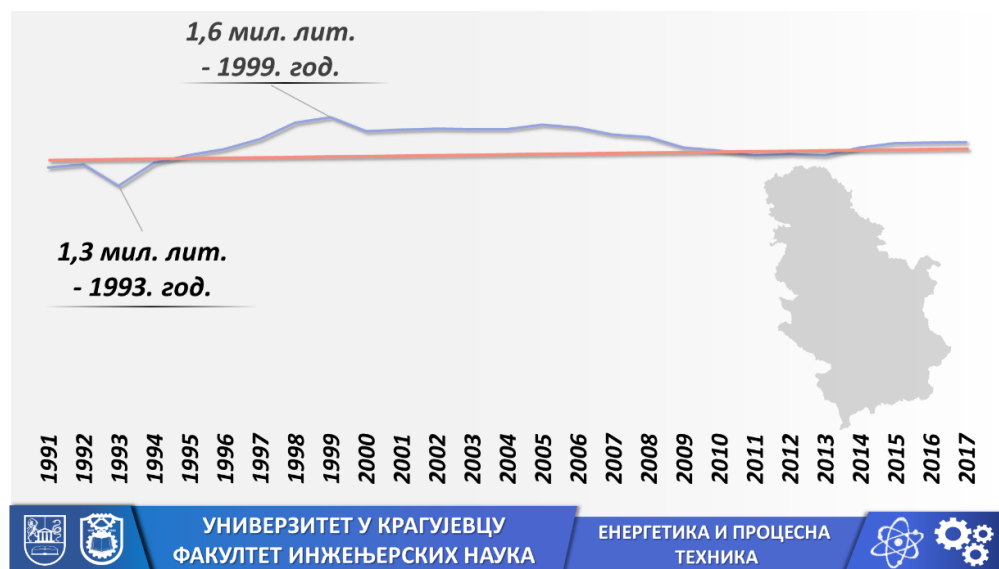
Међутим, све ове иновације нису довољне, јер трендови праћења показују да је овај сектор пун структурних проблема и да постоји неопходност да се направе озбиљне реформе. Потенцијали са којима располаже млекарска индустрија Републике Србије, показују да може бити главна окосница пољопривредног и руралног развоја земље [3].

Да би се повећао извоз млечних производа на тржиште земаља Европске Уније, потребан је бољи квалитет млека у откупу. Неопходно је радити на јачању примарне производње, као и на повезивању примарних произвођача и млекара, како занатских тако и индустријских у руралним крајевима [3].

2.4.1 Производња сировог млека

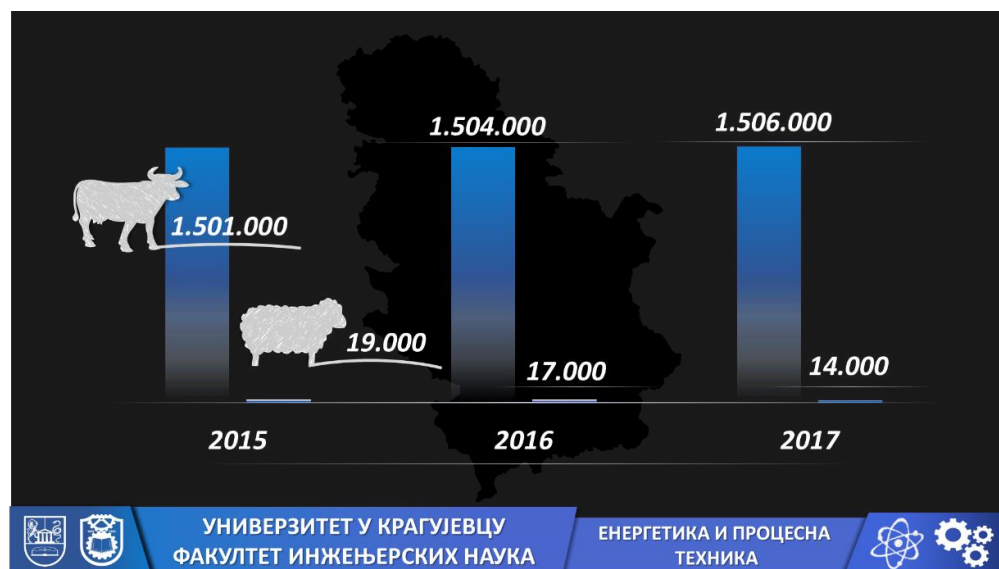
Производња сировог млека у Србији, у протеклом двадесетпетогодишњем периоду не бележи битнија одступања. Анализирајући овај период, производња сировог млека према Републичком заводу за статистику (РЗС), током година је стабилна са малим варијацијама у количини.

Просек производње креће се око нивоа од 1,5 милиона литара млека годишње. На слици 9. дат је дијаграм и количина помуженог крављег млека у периоду од 1991. године до периода 2017. године. Према подацима из приложене слике за посматрани период најмања производња је забележена 1993. године, а највиша 1999. године [16, 17].



Слика 9. Производња млека у Србији у периоду 1991.-2017. године

Поред крављег млека, у Србији се производи овчије и козије млеко. Млеко ових животиња је заступљено у веома малом проценту (*просек од 1% до 2%, од укупне количине сировог млека*) и углавном се користи у домаћинствима. Према РЗС из 2018. године (за период од 2015.-2017. године) на слици 10. је приказан удео овчијег млека у укупној производњи сировог млека [17].



Слика 10. Производња крављег и овчијег сировог млека у Србији у периоду 2015.-2017. године

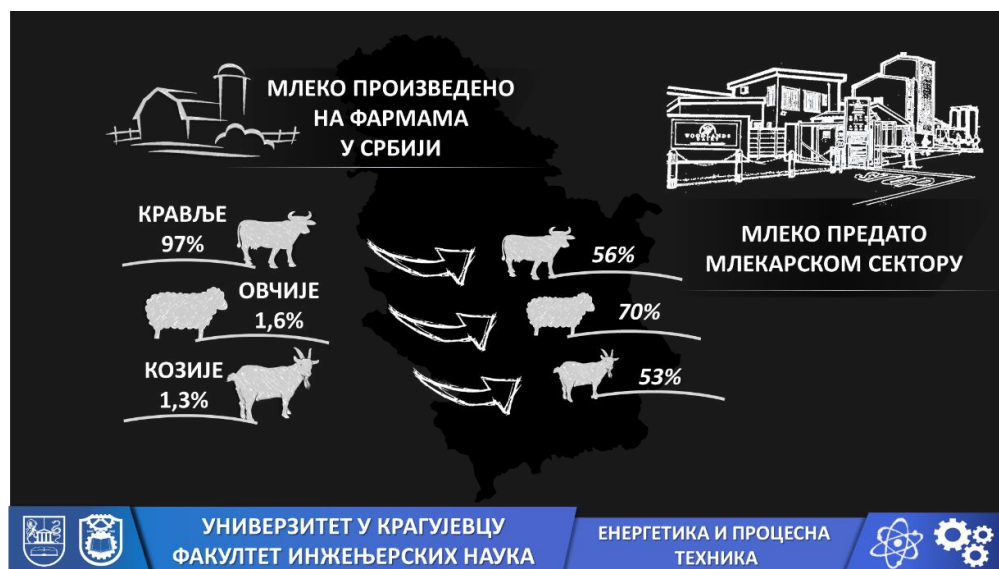
Посматрајући пољопривредна газдинстава у Србији, према подацима РЗС у 2018. години регистровано је укупно 878.000 свих врста говеда [18]. Од укупног броја говеда, млеко од око 240.000 грла се предаје млекарима и учествује у производњи конзумног млека и млечних производа [19].

Највећи број говеда се налази на породичним газдинствима. У Србији, присутан је велики број фармера са малим бројем грла (*1-3 грла*), а у земљама ЕУ поређења ради, просечан број крава по фарми је 20 грла. Основни проблеми у примарној производњи

сировог млека, огледају се у ниској производњи по музном грлу и лошем квалитету предатог сировог млека [19].

2.4.2 Количина прерађеног млека у млекарском сектору (индустрији)

Од укупне количине произведеног сировог крављег млека, млекаре откупе и прераде од 45-60% (зависно од године) [20]. Овчије и козије млеко због мале производње не спадају у значајније производе и ова млека се најчешће не откупљују од стране млекара. Највећа количина се прерађује у домаћој радиности и користи се за домаћу потрошњу. На слици 11. према РЗС из 2015. године приказана је произведена и откупљена количина крављег, овчијег и козијег млека [3].



Слика 11. Количина произведеног сировог и откупљеног крављег, овчијег и козијег млека у 2015. години (%)

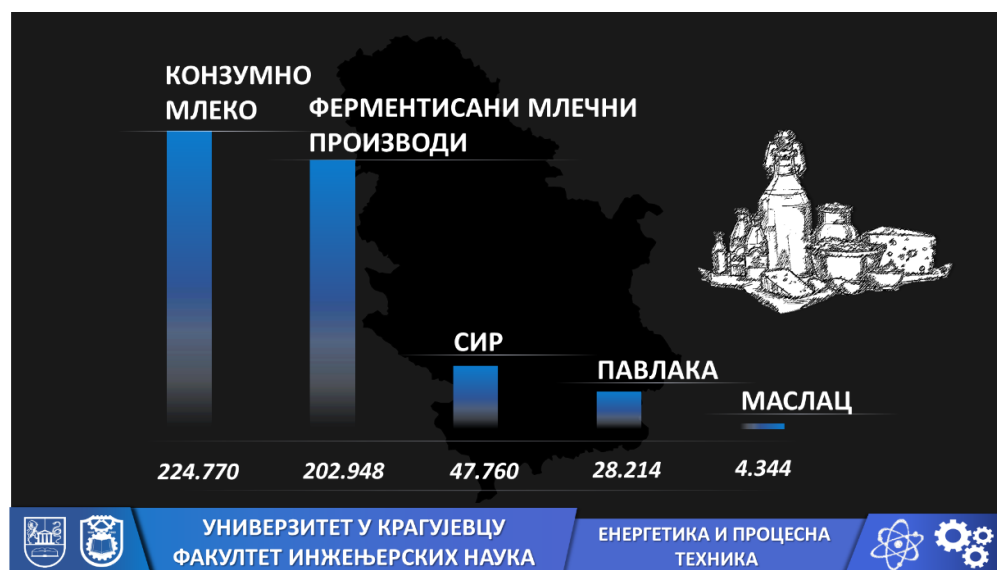
Произвођачи млека се могу поделити у неколико група. Прву групу чине већи и боље организовани произвођачи који своје целокупно млеко предају млекарама. У другој групи се налази они произвођачи који своје млеко користе за производњу сопствених производа у домаћинствима, а затим га пласирају и продају на зеленим пијацама, ресторанима, локалима, или их продају од врата до врата. И на крају у последњу трећу групу спадају они произвођачи, који своје млеко делом предају млекарама, а део користе за прераду у домаћој индустрији. Број произвођача из прве групе је највећи, док је број произвођача из последње треће групе најмањи [21].

Она количина млека која се прерађује мимо млекара, налази се ван свих токова контроле. Овакво млеко је јефтиније од оног купљеног по продавницама, садржи већи проценат млечних масти и органских материја, али је мање квалитетно са аспекта здравствене исправности и његово коришћење у стању термички нетретираности често изазива болести [21].

2.4.3 Финална производња и трговинска размена

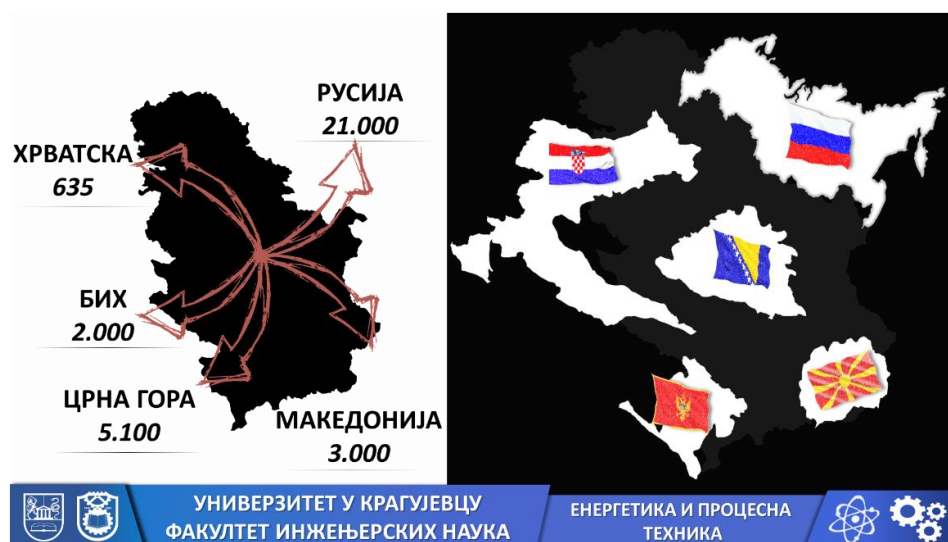
Сектор прераде млека и производње млечних производа обухвата велики број различитих врста производа. Од свих, највише се производи конзумно млеко, затим

ферментисани млечни производи и сир. На слици 12. према подацима РЗС, приказани су финални производи од крављег млека добијени у млекарама за реализацију на тржишту, у периоду од 2015. године до 2019. године (на слици је приказана средња вредност за поменути период) [22].



Слика 12. Финални производи (средња вредност производње за период од 2015. – 2019. године) од крављег млека добијени у млекарама спремни за реализацију на тржишту (тона)

У структури извоза постоји јасна подела. Финални млечни производи и млеко у највећој количини пласирају се на тржишта земаља региона и на тржиште Руске Федерације. На слици 13. приказана је структура извоза сира у периоду од 2012.-2017. године (на слици је приказана средња вредност за поменути период) [14].



Слика 13. Структура извоза сира на тржиште различитих земаља у периоду од 2012.-2017. (средња вредност извозних производа за период од 2012. – 2017.) године (тона)

Финални млечни производи имају одређена ограничења када је у питању рок трајања самих намирница. Из тог разлога трговина се углавном заснива на земљама региона.

Велики број млекара у Србији производи различите врсте сирева. Основни разлог лежи у чињеници, да је реч о производу са нешто дужим роком трајања, једноставном технологијом производње, као и великој заступљености у земљама широм света [3].

Сир је један од најважнијих извозних производа млекарске индустрије. Највећи потрошачи сирева у свету, у 2012. години биле су земље Европске Уније и САД (70% светске потрошње сира) [3]. Међутим, и поред ове статистике највећа количина сирева у периоду од 2012.-2017. године извезена је на тржиште Руске Федерације.

2.4.4 Млекаре у Србији

Према подацима Агенције за привредне регистре (АПР), у јуну месецу 2019. године, пронађено је преко 300 млекара [23, 24]. Међутим, детаљном претрагом и анализом број регистрованих активних млекара је 208¹. Посматрано уназад неколико година њихов број константно варира.

Највећа количина млека преради се у првих 10 млекара (преко 70%, посматрано на годишњем нивоу), док у 30 анализираних преради се преко 90% сировог млека годишње. Највећа млекара је млекара АД ИМЛЕК, са производним капацитетом од 750 тона на дан (у овој млекари се преради преко 30% млека, од укупне количине откупљеног млека у Републици Србији на годишњем нивоу) (табела 1).

Табела 1. Приказ 30 најпродуктивнијих млекара у Републици Србији

БР.	МЛЕКАРА	ГРАД	ТИП ПРЕДУЗЕЋА	ПРОИЗВОДНИ КАПАЦИТЕТ ПРЕДУЗЕЋА [t/дан]
1	АД ИМЛЕК Београд	Падинска скела	Велика	750
2	СОМБОЛЕД	Сомбор	Велика	150
3	АД МЛЕКАРА	Шабац	Средња	136
4	ГРАНИЦЕ ДОО	Границе	Средња	115
5	МЕГГЛЕ СРБИЈА ДОО	Крагујевац	Средња	110
6	КУЧ ЦОМПАЊУ ДОО	Крагујевац	Средња	110
7	МЛЕКОПРОДУКТ ДОО	Зрењанин	Средња	100
8	МИЛКОП ДОО	Рашка	Средња	80
9	МЛЕКАРА ДОО	Лесковац	Средња	70
10	ЛАЗАР ДОО	Блаце	Средња	50
11	ЕКО-МЛЕК ДОО	Каоник	Средња	50
12	ЕКОФИЛ ДОО	Београд	Мала	50
13	МЛЕКАРА-УБ ДОО	Уб	Средња	50
14	МЛЕКАРА ДОО Панчево	Панчево	Мала	40

¹ Према истраживањима за потребе израде мастер рада, на територији Републике Србије у јуну месецу 2019. године пронађено је 208 активних млекара, списак свих, дат је у прилогу 1, на крају рада.

15	ЦОМПАЛУ ББ ДОО	Житиште	Средња	30
16	МАСТЕР МИЛК ДОО	Блаце	Мала	30
17	МЛЕКАРА ГЛОЖАНЕ	Гложане	Мала	30
18	ЈАСТРЕБАЧКИ ЕКО БИСЕРИ	Крушевац	Мала	30
19	МИХАЈЛОВИЋ ДОО	Параћин	Мала	30
20	МЛЕКАРА АД ЛОЗНИЦА	Лозница	Мала	25
21	МЛЕКАРА МАЕСТРО	Сакуле	Мала	25
22	МЛЕКАРА МОРАВИЦА	Ариље	Мала	16
23	МИЛКИ ДОО	Краљево	Мала	16
24	СПАСОЈЕВИЋ ДОО	Бајина баишта	Мала	15
25	ЕКОМИЛ	Бачка паланка	Мала	15
26	ЈТЛ ЗЛАТИБОРАЦ ДОО	Смедерево	Мала	10
27	МАКСИ МЛЕК ДОО	Крушевац	Мала	10
28	БЕНИ-КОМЕРЦ	Сјеница	Мала	10
29	БИОИМЛЕК ДОО	Прибој	Мала	10
30	СТАРА ПЛАНИНА	Стара Планина	Мала	7

Млекаре у Републици Србији распрострањене су на читавој територији државе. Према географском распореду, највише млекара се налази у региону централне и западне Србије (93), затим следе региони јужне и источне Србије (49), Војводине (45), Београда (18) и регион Косова и Метохије где се налазе 3 активне млекаре (према АПР-у нема детаљнијих података од 1999. године) (слика 14). Посматрано по градовима највише млекара има у Београду (12), Сјеници (11) и Краљеву (7).



Слика 14. Географски распоред млекара по регионима Републике Србије

3. ТЕХНОЛОШКИ ПРОЦЕСИ У ИНДУСТРИЈИ МЛЕКА И МЛЕЧНИХ ПРОИЗВОДА

Основни циљ обраде млека јесте побољшање његовог квалитета, постизање дуготрајности као и производња различитих млечних производа. У млекарској индустрији постоји велики број различитих метода који се користе за прераду. Правилан избор и редослед процеса увелико зависе од коначног производа. Међутим, и поред тога чест је случај у пракси, да се за један исти производ комплетна производна линија разликује од млекаре до млекаре (*производни погон зависи најчешће од врсте финалних производа, величине постројења, капиталних улагања у само постројење, врсте опреме, производних капацитета-задовољавање потреба тржишта, итд.*).

Иако постоје разнолике технике прераде које се користе у индустрији, постоји и основна група процеса која се може наћи у скоро свим млекарским погонима. У даљем наставку овог рада биће описани основни технолошки процеси који се примењују у млекарству.

3.1 Пријем сировог млека

Пријем млека представља прву фазу свих готових млечних производа (слика 15). Свака млекарна има посебна одељења за пријем. У овим просторијама поред истовара, врши се одређивање количине, као и провера квалитета допремљеног млека [25].



Слика 15. Одељење за пријем сировог млека а) пријем и одређивање количине пристиглог млека, б) узимање узорка за потребе одређивања физичких, хемијских и хигијенских карактеристика млека

Пре самог пријема, неопходно је транспортовати млеко са фарми или сабирних станица. Транспорт се обавља на више различитих начина, а два најчешћа су у млекарским кантама или камионским цистернама (*други начин је једноставнији и економичнији у односу на друге видове, а такође и повољнији када је у питању одржавање температуре и хигијене млека*) [2, 25, 26].

Када је реч о квалитету на фармама се даје само општа процена, детаљна испитивања врше се у млекарама. Након или током пријема, узимају се узорци чиме се испитује квалитет, физичке (*боја, мирис, укус*) и хемијске особине (*попут киселости, састав-маст, протеини и др.*) као и хигијенске карактеристике млека. Млеко болесних животиња и млеко које садржи антибиотике се одбацује [25, 26].

3.2 Складиштење сировог млека

Након прве фазе, односно пријема, мерења количине и одређивања квалитета приступа се хлађењу млека. Приликом транспорта и складиштења долази до неизбежног пораста температуре за пар степени. Из тог разлога млеко се поново хлади на температуру испод 4°C [25]. Најбоље би било, када би се млеко одмах након пријема процесно обрадило, али пријем траје краће од саме обраде [26]. Поступак хлађења најчешће се изводи у складишним резервоарима, али чест је случај, да се млеко прво подвргне процесима филтрирања или кларификације, па затим охлади у размењивачима топлоте након чега следи складиштење.

Складиштење се обавља у резервоарима (*тзв. танковима*) чиме се ствара резерва која гарантује да неће бити застоја приликом процесне обраде. Капацитети резервоара су такви да се омогући пријем свог млека које пристигне [26].

Јако је битно приликом складиштења мешати млеко како не би долазило до издвајања млечне масти. Сви резервоари су топлотно изоловани чиме се спречава непожељно загревање [25]. Конструкције резервоара могу бити различитих изведби (вертикални или хоризонтални), а такође могу бити и спојени континуално када је потребно складиштити веће капацитете (слика 16). Складишни танкови имају велики број индикатора (*температурни, пнеуматски мерач нивоа, мерачи протока и сл.*) којима се прате радне карактеристике саставних уређаја ових резервоара.



Слика 16. Хоризонтални резервоар за складиштење млека (1-отвор за улаз млека, 2-мешалица са ЕМ, 3-пнеуматски индикатор, 4-контролна јединица, 5-изолација, 6-температурни индикатор, 7-вентил за одвод млека)

3.3 Поступци механичке обраде млека

Током примарне обраде млека на фармама током процеса muže, значајне количине органских и неорганских честица доспевају у млеко. Непожељне честице поред тога што загађују (*прљају*) млеко, служе и као основа преко које се уносе и разни микроорганизми ($1\text{ g механичких нечистоћа} = 20.000.000\text{ микроорганизама}$) који кваре укус [27, 28].

Како би се квалитет млека очувао што дуже, и како би се добили што квалитетнији производи, неопходно је млеко подвргнути различитим механичким третманима. Одвајање механичких нечистоћа, бактерија, стабилизација емулзије млечне масти, затим обирање и стандардизација млека, као и одвајање гасова из млека само су неки од механичких процеса који представљају незаобилазне кораке у млекарској индустрији [25, 29].

3.3.1 Центрифугални сепаратори

Најзаступљенији уређаји који се користе током механичке обраде млека су центрифугални сепаратори. Основни принцип рада ових уређаја заснива се на раздвајању фаза, хетерогених смеша, ротацијом [25]. Центрифугални сепаратори представљају саставне делове уређаја за пастеризацију млека [30].

Центрифугална сила која доводи до појаве тзв. центрифуге, представља сепарацијску операцију, којом се убрзава одвајање две или више фаза, на основу разлике њихових густина [25]. Основни делови уређаја су ротирајући бубањ и конусни дискови².

Дискови су међусобно раздвојени, један изнад другог, чиме се стварају канали кроз које протиче течност. Конструкција дискова се разликује у зависности од намене центрифугалног сепаратора (слика 17) [25, 29, 30].



Слика 17. Центрифугални сепаратор (1-диск за сепарацију млека, 2-диск за бактофугацију млека, 3-дискови за кларификацију млека)

² Приказани дискови који се користе при процесима кларификације, бактофугације и сепарације млека моделирани су у софтверском пакету програма CATIA V5 R21, произвољних димензија.

3.3.1.1 Кларификација млека

Процесом кларификације врши се одвајање механичких нечистоћа (*комадићи балеге, земље, сламе итд.*) из млека. Кларификатори су врста центрифугалних сепаратора, код којих се раздвајање фаза врши се на основу густине механичких нечистоћа ($>2 \text{ g/cm}^3$) и сировог млека (*кравље* $1,035 \text{ g/cm}^3$) (слика 18) [2, 25, 27].



Слика 18. Шематски приказ кларификације млека (1-улаз млека, 2-излаз пречишћеног млека, 3-отвор за одвод механичких нечистоћа)

Током ротације у бубњу долази до раздвајања лакших и тежих фаза. Одвојено млеко (*лакше*) тече ка оси ротације и излази кроз отвор на врху уређаја. Механичка *нечистоћа* (*као тежа фаза*) се сакупља на ободу бубња где се у одређеним временским интервалима одстрањује кроз специјалне отворе. Кларификатори су конструисани тако да омогућавају уклањање јако ситних нечистоћа [25]. Процес се може изводити и са хладним и са топлим млеком, али висока температура повећава ефикасност пречишћавања [31].

3.3.1.2 Бактофугација млека

Бактофугација млека представља процес у коме се врши одвајање бактерија/микроорганизама из млека, у специјално дизајнираним центрифугама које се називају бактофугатори [25]. Принцип сепарације је исти као и код осталих центрифугалних сепаратора и заснива се на разлици густине бактерија ($1,070\text{-}1,130 \text{ g/cm}^3$) и млека (*сирово кравље* $1,025\text{-}1,035 \text{ g/cm}^3$ и *обрано кравље млеко* $1,033 \text{ g/cm}^3$) [2, 27, 30, 32].

Првобитна конструкција уређаја развијена је за побољшавање квалитета конзумног млека (*производња конзумног пастеризованог млека, при нижим режимима пастеризације*), доприносећи дужим временским интервалима чувања. Поред ове намене, тренутна индустрија млека користи бактофугацију за побољшање бактериолошког квалитета млека које је намењено за производњу других млечних производа, најчешће сира, млека у праху и сурутке за дечију исхрану. Бактерије, нарочито спорогене (*споре*) које су обично и најтеже, отпорне на топлотну обраду, уклањају се ефикасно бактофугацијом, па је, бактофуга користан додаток процесима термизације, пастеризације и стерилизације [25, 29].

На тржишту се могу наћи две врсте савремених бактофуга, једнофазна и двофазна. Двофазна бактофуга, има два излаза на врху (слика 19). Један излаз на врху уређаја служи за континуално пражњење концентрата бактерија (*бактофугат*), док други служи за пражњење млека без бактофугата. Механичке нечистоће које се могу наћи у третираном млеку сакупљају се по ободу центрифуге, одакле се отклањају [25].



Слика 19. Шематски приказ двофазног бактофугатора (1-улаз млека, 2-излаз пречишћеног млека, 3-излаз бактофугата (без бактерија), 4-отвор за одвод механичких нечистоћа)

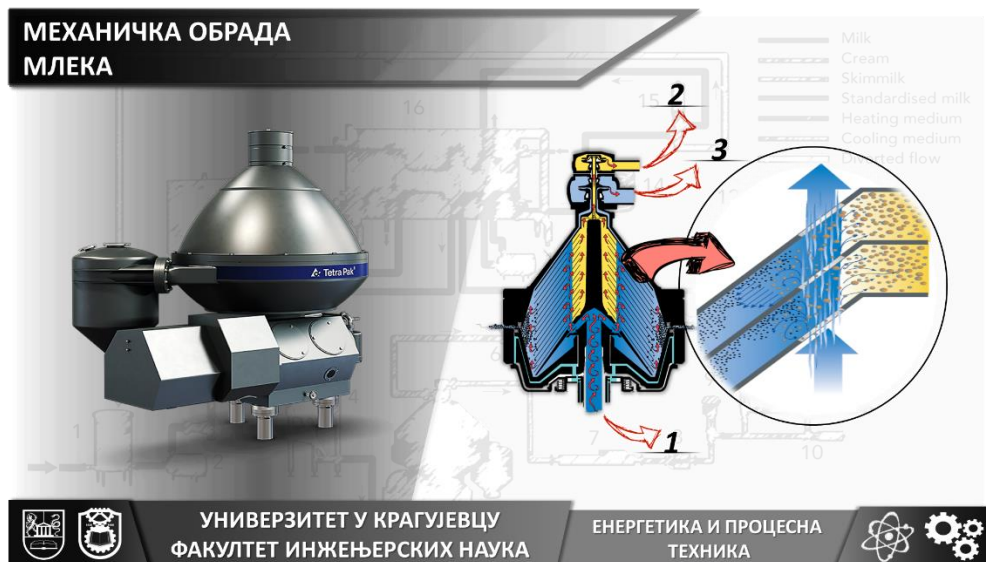
За разлику од двофазне, једнофазна бактофуга има само један отвор на врху уређаја, које служи за пражњење млека са смањеним садржајем бактофугата (слика 20). Бактофугат се сакупља у простору за сакупљање муља, тј. по ободима посуде бубња, одакле се одводи се у одређеним временским интервалима [25, 29].



Слика 20. Шематски приказ једнофазног бактофугатора (1-улаз млека, 2-излаз пречишћеног млека (без бактерија), 3-отвор за одвод бактерија и механичких нечистоћа)

3.3.1.3 Сепарација (обирање) млека

Једна од најчешћих улога центрифугалних сепаратора у млечној индустрији јесте процес сепарације, који представља издвајање млечне масти из млека (слика 21). Најскупљи и најтраженији састојак сваког млека је управо млечна маст, која се користи приликом израде бројних производа (*павлаке, маслаца итд.*) [25].



Слика 21. Шематски приказ стандардизације млека (обирање млека) (1-улаз млека, 2-излаз креме (павлаке), 3-отвор за одвод обраног млека)

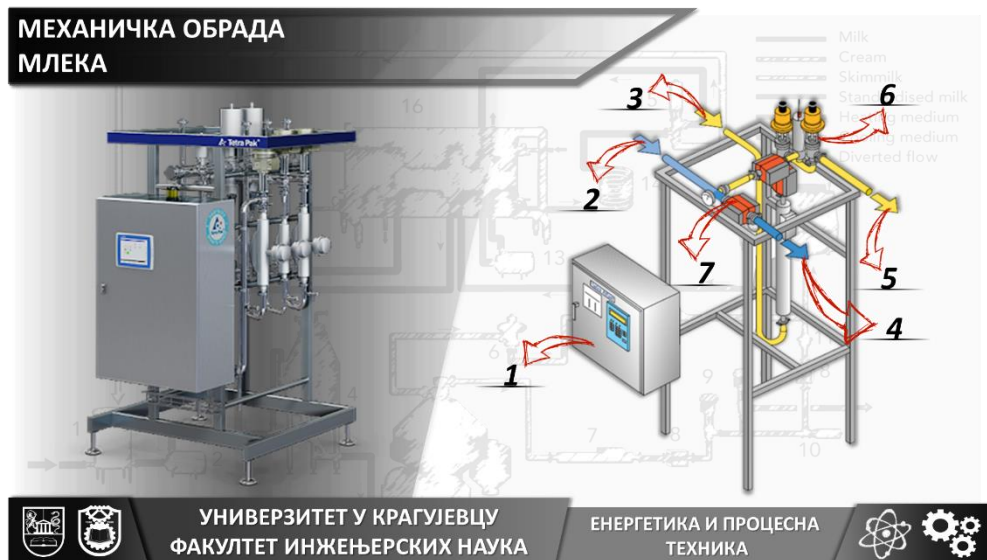
Да би се подесила правилна (*жељена*) концентрација масти у млеку приступа се одвајању масних глобула. Млеко се доводи у бубањ где се задржава одређено време. Захваљујући центрифугалној сили, долази до раздвајања обраног млека ($1,033 \text{ g/cm}^3$) и павлаке-масти ($0,93 \text{ g/cm}^3$) као лакше фазе у каналима између дискова [2, 25, 27].

Обрано млеко и одвојена млечна маст одводе се кроз два различита одвода који се налазе на врху. Приликом сепарације маст мора бити у течном стању, тако да је неопходно температуру млека пре и током процеса држати у одговарајућем у опсегу. На ефикасност издвајања павлаке утичу температура млека, брзина окретања бубња, простор између дискова, квалитет млека и величина масних глобула, као и многе друге карактеристике [33].

У зависности од потреба и финалних производа маст из млека се може издвајати потпуно или делимично. Па је основна разлика између сепаратора за потпуно издвајање млечне масти и сепаратора за стандардизацију у додатним уређајима [29].

Стандардизација млека најчешће се обавља аутоматски у линији, након процеса обирања. Уређај је опремљен аутоматизованом контролном јединицом и великим бројем индикатора (*мерачима протока, температурним индикаторима, пнеуматским вентилима*) [25, 29].

Захваљујући уређају за стандардизацију млечне масти омогућава се мешање павлаке и обраног млека у одређеној размери, чиме се постиже жељена вредност масноће млека [25]. На слици 22. дат је приказ уређаја за стандардизацију млека.



Слика 22. Уређај за стандардизацију млека (1-контролна аутоматизована јединица, 2-улаз обраног млека, 3-улаз павлаке, 4-излаз стандардизованог млека, 5-одвод вишка павлаке, 6-пнеуматски вентил, 7-мерач протока)

3.3.2 Хомогенизација млека

Хомогенизација млека је стандардни процес у производним линијама млекара, који се примењује за повећање стабилности емулзије млечне масти (слика 23). Прецизније дефинисано, хомогенизација спречава издвајање млечне масти на површину млека током његовог мировања, тј. спречава формирање кајмака [25].



Слика 23. Хомогенизатор (1-глава хомогенизатора, 2-улаз нехомогенизованог млека, 3-излаз хомогенизованог млека)

Примарни ефекат процеса представља поремећај великих глобула масти на много мање, чиме се спречава њихово спајање и формирање масног слоја [25]. Поред поменутог ефекта, хомогенизација пружа и низ других позитивних погодности који утичу на квалитет

хомогенизованог млека (*већа вискозност, интензивнија бела боја, боље хемијске особине итд.*) [34].

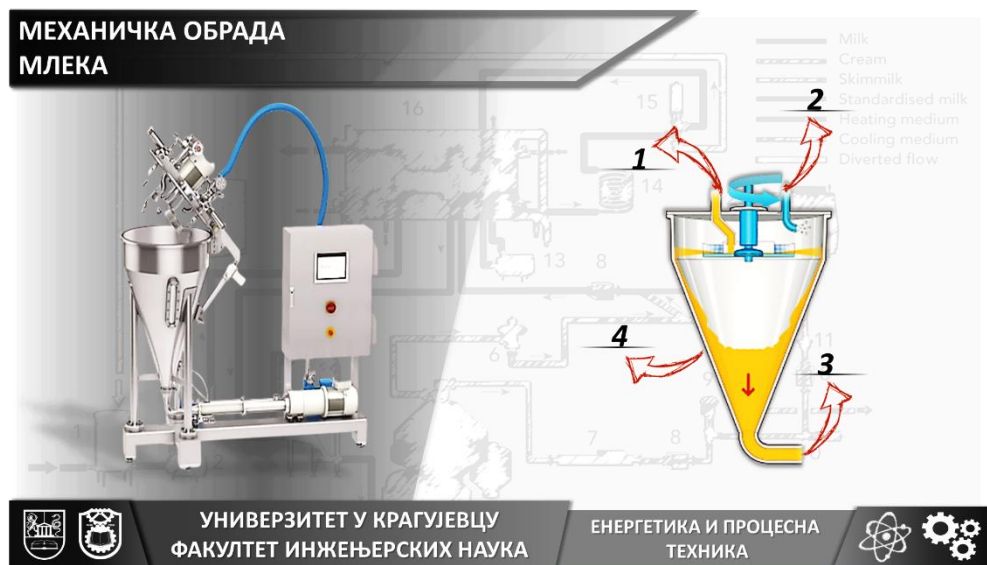
Концентрација масне фазе, представља једну од главних особина млека, која значајно доприноси ефикасности самог процеса. Процес је најефикаснији када је масна фаза у течном стању, односно хомогенизација хладног млека је практично неефикасна. Процес хомогенизације увек се спроводи након топлотног третмана млека [25, 26].

3.3.3 Дегазација млека

Млеко садржи веће или мање количине ваздуха, а самим тим и гасова (*кисеоник, азот, угљен-диоксид*) [25, 29]. Укупна запремина ваздуха у млеку може варирати и зависи од много фактора [25].

Приликом топлотне обраде, ваздух који садржи гасове може изазвати низ негативних појава који утичу неповољно на процесну опрему и даљу обраду млека. Из тог разлога, користе се различите методе за одстрањивање, како би се избегло угрожавање производње и квалитета производа [25].

Елиминација гасова може се спровести на више различитих начина, (*при сакупљању млека на фармама у камионским цистернама, при пријему млека у млекарима*) а као најпоузданија коришћена метода користи се вакумска дегазација (*или деаерација*) млека. Процес дегазације обавља се континуално у линији за производњу млека (слика 24) [25].



Слика 24. Вакуумски дегазатор (деаератор) (1-улаз млека, 2-одвод издвојених гасова, 3-одвод млека без гасова, 4-комора за дегазацију)

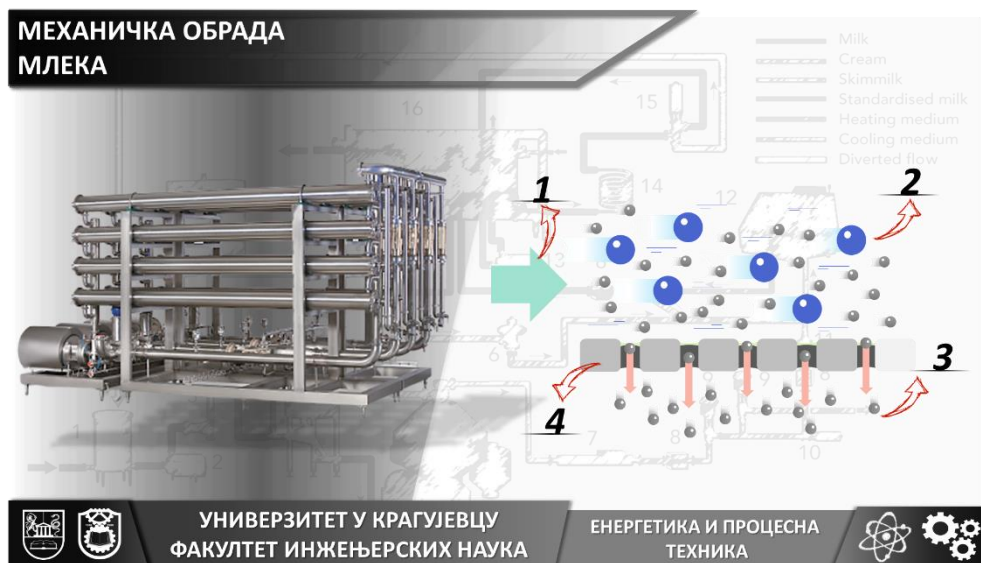
Загрејано млеко се доводи у вакуум комору дегазатора под притиском. Сливањем ка млека под утицајем силе теже, образује се танки филм на унутрашњој страни коморе и том приликом долази до испаравања непожељних гасова. Вакуум у посуди је подешен на ниво који је еквивалентан тачки кључања за одређену температуру и врсту течности која се третира (*пример: ако млеко уђе у комору на температури од 68 °C подешеним вакуумом, температура ће одмах пасти на 60 °C*) Пад притиска изазива испаравање ваздуха и пад температуре млека [25, 35].

3.3.4 Мембранска филтрација млека

Мембранска филтрација је добро утврђена и доказана технологија одвајања, која се користи на јонском, молекуларном, ћелијском нивоу, као и за одвајање микрочестица. Током последњих неколико деценија ова техника је у потпуности прилагођена млекарској индустрији [25].

Имплементација мембранске филтрације у сектору прехранбене индустрије може бити вођена низом циљева (*нпр. побољшањем квалитета самих производа, како физичких тако и хемијских, повећањем флексибилности примарних производа користећи их за производњу различитих готових производа, итд.*). За неке производе, укључујући и погоне млекара мембранска филтрација представља једноставно и једино одрживо решење за обраду [36].

За разлику од традиционалне филтрације која се користи за одвајање суспендованих честица пречника већих од $10\ \mu\text{m}$, мембранска филтрација раздваја супстанце пречника мањих од $10^{-4}\ \mu\text{m}$. Основни принцип рада савременог концепта мембранске филтрације („Cross-flow“, или *унакрсни ток*) подразумева филтрацију уз помоћ притиска и хоризонталног тока. Одвајање молекула течности, врши се кроз мембрану под притиском у две фракције. Прву фракцију чини концентрат (*ретенат*), који садржи материје већег пречника од пора мембране, док другу фракцију чини филтрат (*пермеат*), односно течност у којој се налазе материје мањег пречника од пора мембране (слика 25) [37].

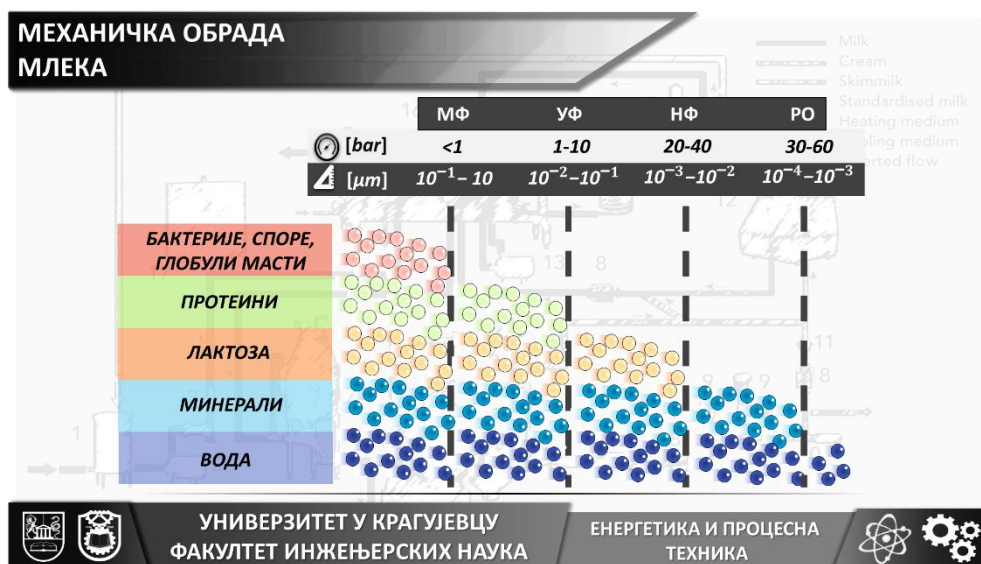


Слика 25. „Cross-flow“-унакрсни ток, савремени принцип мембранске филтрације (1-ток струјања течности, 2-ретенат, 3-пермеат, 4-мембрана)

У млекарској индустрији користе се четири различита процеса мембранске филтрације, и то, реверзна осмоза (*РО-уклањање бактерија, соли, шећера, протеина, итд.*), нанофилтрација (*НФ-осим воде пропушта и мале јоне натријума и хлорида*), ултрафилтрација (*УФ-вода, минералне материје/соли, лактозу, органске киселине*) и микрофилтрација (*МФ-бактерије, споре, масне глобуле*) [25].

За правилан одабир процеса мембранске филтрације, притисак и материје које си подвргавају процесу раздвајања имају пресудан значај. У зависности од примењеног типа

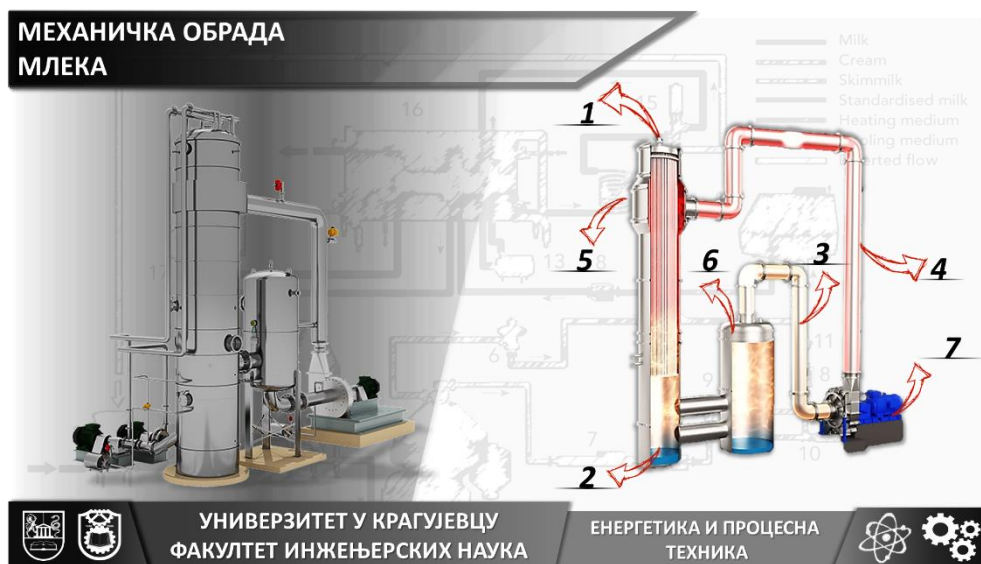
мембранске филтрације, конфигурација и дизајн мембрана се може разликовати (*спирално намотане мембране, цевасте на бази керамике, цевасте на бази полимера, дизајн плоча и оквир итд.*) [25, 36]. На слици 26. дат је приказ основних типова мембранске филтрације које се користе у млекарској индустрији.



Слика 26. Различити типови мембранске филтрације

3.3.5 Евапорација млека

Евапорација (*упаравање или испаравање*) је процес који се користи за уклањање воде из млека до одређеног процента (слика 27). Најчешће се примењује за добијање кондензованог (*евапорисаног*) млека, али се такође често користи и за третман млека пре његовог коришћења за добијање ферментисаних производа [25].



Слика 27. Евапоратор („MVR“ евапоратор-механичка рекомпресија паре)(1-улаз млека, 2-евапорисано млеко, 3-пара ниског притиска, 4-пара високог притиска, 5-евапоратор, 6-сепаратор, 7-вентилатор (турбо))

Иако постоји неколико врста испаривача, најчешће примењивани тип је цевни вертикални испаривач (*упаривач*) [25, 35]. Код овог уређаја млеко се доводи у горњи део испаривача, одакле пада гравитационо низ унутрашње површине цеви, сливајући се ка дну.

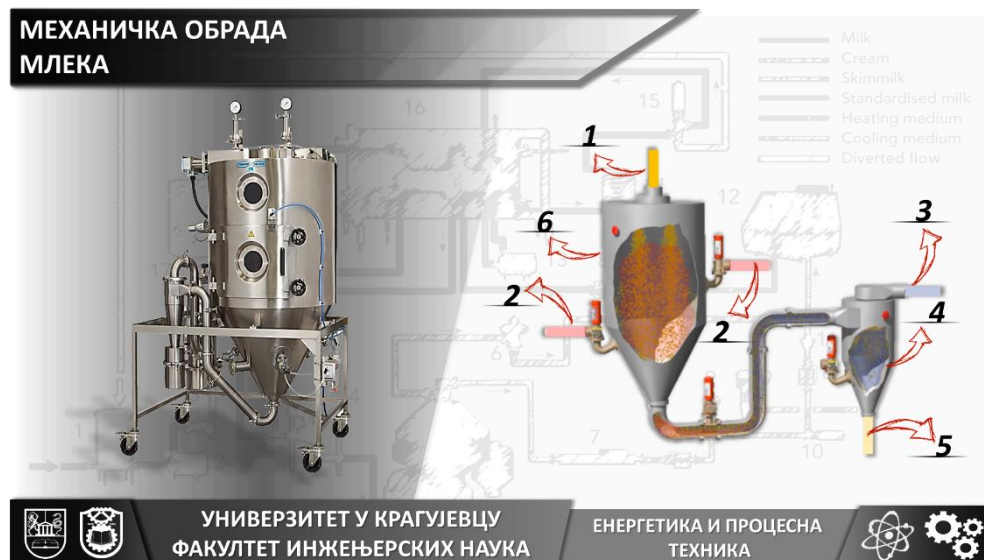
Као грејни флуид користи се пара, која се уводи у испаривач. Прелазећи преко цеви кроз које струји млеко, врши се процес испаравања вишка воде из третираног млека, док се на дну испаривача образује одвојени концентрат (*нпр. кондензовано млеко*). Испарена вода у виду паре се одводи из коморе вакуумом [25].

Цевни испаривачи имају низ предности у односу на остале уређаје из ове групе. Одликују их већа ефикасност, ниже радне температуре, једноставно одржавање, као и бројне могућности за побољшање енергетске ефикасности (*нпр. прикључивање система за рекомпресију паре*) [25].

3.3.6 Сушење млека

Пошто се испаравањем може уклонити само одређена количина воде, неопходно је приступити процесу сушења како би се добили производи попут млека у праху и осушене сурутке. Две методе које се примењују су сушење на ваљцима на атмосферском притиску или вакууму, или сушење распршивањем у комори са топлим ваздухом [38].

Данас, апсолутно доминантан начин сушења млека у индустрији јесте сушење у коморама са топлим ваздухом (слика 28). Евапорисано млеко се атомира унутар коморе за сушење, где струји проточни врућ ваздух који уклања влагу. Осушени производ пада на дно коморе, одакле се непрекидно односи струјом хладног ваздуха. За одвајање осушеног млека и ваздуха најчешће се користе циклони [38].



Слика 28. Сушење распршивањем, у комори са топлим ваздухом (1-улаз млека, 2-довод врућег ваздуха, 3-одвод охлађеног ваздуха, 4-циклон, 5-млеко у праху, 6-комора за сушење)

3.4 Поступци топлотне обраде млека

Упркос савременим техникама хлађења и складиштења, дужи интервали између испоруке и обраде млека, дају различитим бактеријама (*микроорганизмима*) више времена

да се размножавају и развијају ензимске системе. Сирово термички необрађено млеко представља прави извор инфекција [25].

Топлотна обрада има позитивне ефекте, када је у питању уништавање патогених бактерија и инаktivација присутних ензимских система, а поред тога, представља и савршену технику очувања. Будући да је ова врста обраде најважнији део током прераде млека, временом су се развијале бројне методе. Данас постоје различите категорије ових третмана, а њихова основна подела приказана је у табели 2. [25].

Табела 2. Врсте топлотних третмана у млекарској индустрији (*ЛТЛТ-ниска температура дуго време, ХТСТ-висока температура кратко време, ЕСЛ-продужени рок трајања, УХТ-улта висока температура*)

ВРСТЕ ТОПЛОТНОГ ТРЕТМАНА		ТЕМПЕРАТУРА	ВРЕМЕ
ТЕРМИЗАЦИЈА МЛЕКА		63-65 °C	15 секунди
ПАСТЕРИЗАЦИЈА МЛЕКА	ЛТЛТ	63 °C	30 минута
	ХТСТ (млека)	72-75 °C	15-20 секунди
	ХТСТ (навлаке)	>80 °C	1-5 секунди
	ЕСЛ	125-138 °C	2-4 секунди
СТЕРИЛИЗАЦИЈА МЛЕКА	УХТ (у протоку)	135-140 °C	пар секунди
	У амбалажи	115-120 °C	20-30 минута

3.4.1 Термизација млека

У многим великим млекарама, није могуће прерадити сво сирово млеко одмах након пријема. Део млека се мора чувати сатима или данима у резервоарима. У оваквим условима, чак ни дубоко хлађење није довољно да би се спречило озбиљно погоршавање квалитета [25].

Из тог разлога бројне млекаре загревају млеко на температуру испод температуре пастеризације како би привремено инхибирали (*зауставили*) раст бактерија. Овај процес се назива термизација, а најчешће се спроводи у плочастим размењивачима топлоте. Под овим процесом подразумева се загревање млека на температуру од 63-65 °C током 15 секунди [25].

Након процеса термизације млеко се брзо хлади на 4 °C, након чега се не сме мешати са нетретираним млеком [25]. Дупла пастеризација у многим земљама је законом забрањена, па је из тог разлога термизација (*не може бити замена за пастеризацију*) представља идеалан процес за очување млека (1-3 дана) [25,27].

3.4.2 Пастеризација млека

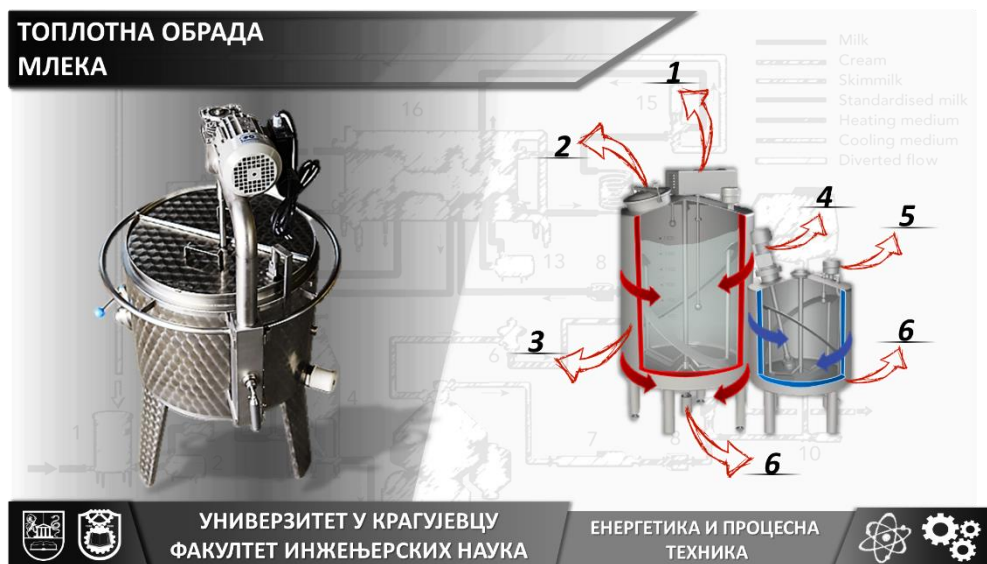
Пастеризација млека је један од најважнијих процеса у млекарској индустрији. Под овим процесом подразумева се загревање млека до одређене температуре, кроз неко време, приликом чега долази до уништавања свих патогених микроорганизама [25].

Ова врста топлотног третмана, изазива минималне промене, које утичу на хемијске и физичке особине млека (*хранљиве вредности остају очуване*) [25, 29]. У млекарству постоји неколико различитих врста пастеризације, а генерално све се могу поделити у две основне групе: [26].

- *Дуготрајна пастеризација млека;*
- *Краткотрајна пастеризација млека.*

Првобитна врста топлотне обраде била је ниска-дуготрајна пастеризација (*ЛТЛТ*), где се млеко загрева током 30 минута на температури од 63 °C [25]. Овај поступак може се изводити на два начина, односно у дупликаторима са мешалицом (*дисконтинуално*) или у затвореним боцама (*континуално*) [29].

Дупликатори су уређаји у виду овалних посуда са дуплим зидовима, у којима се врши процес загревања и/или хлађења млека (слика 29). Сам уређај, састоји се од мешалице коју покреће мањи електромотор, чиме се успоставља вртложно кретање, што доводи до бржег и равномернијег загревања. Облик мешалице и брзина окретања зависе од намене дупликатора. Између две посуде, односно судова, кружи грејни и/или расхладни медијум (*најчешће вода*) при чему се врши размена топлоте између медијума и производа. [39, 40].



Слика 29. Дупликатор са мешалицом (1-контролна јединица, 2-отвор за сипање млека, 3-комора за пастеризацију млека, 4-мешалица са ЕМ, 5-пнеуматски индикатор, 6-процес хлађења након процеса пастеризације, 7-вентил за одвод млека)

Други начин (*континуална пастеризација*) је знатно ефикаснији од првог, јер не постоји могућност ре-контаминације инфекција. Затворене боце са млеком, транспортерима се проводе кроз уређаје са топлотом водом или паром где се обавља пастеризација (*амбалажа пролази кроз секције предгревања, пастеризације и хлађења*). Такође, поред овог начина, у

јако малим и слабо развијеним млекарама, често се боце са млеком потапају у базене са врућом водом [26, 41].

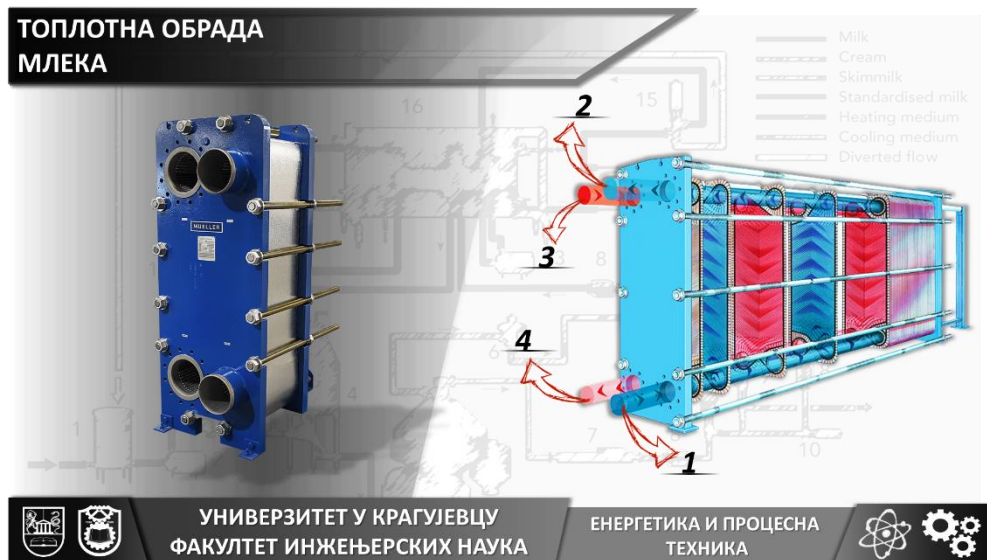
Данас оба поменута поступка, односно ЛТЛТ пастеризације млека, веома се ретко примењују у великим погонима млекара. Пре свега, ова врста пастеризације има низ недостатака (*дужина трајања процеса, погонски трошкови и смањени учинак процеса-релативно мала ефикасност*) [26]. На слици 30. дат је приказ тунелског пастеризатора који се користи при ЛТЛТ пастеризацији млека.



Слика 30. Тунелски пастеризатор (1-улаз млека (стаклена, пластична амбалажа), 2-секција предгревања, 3-секција пастеризације, 4-секција потхлађивања 1, 5-секција потхлађивања 2, 6-секција хлађења, 7-излаз пастеризованог млека)

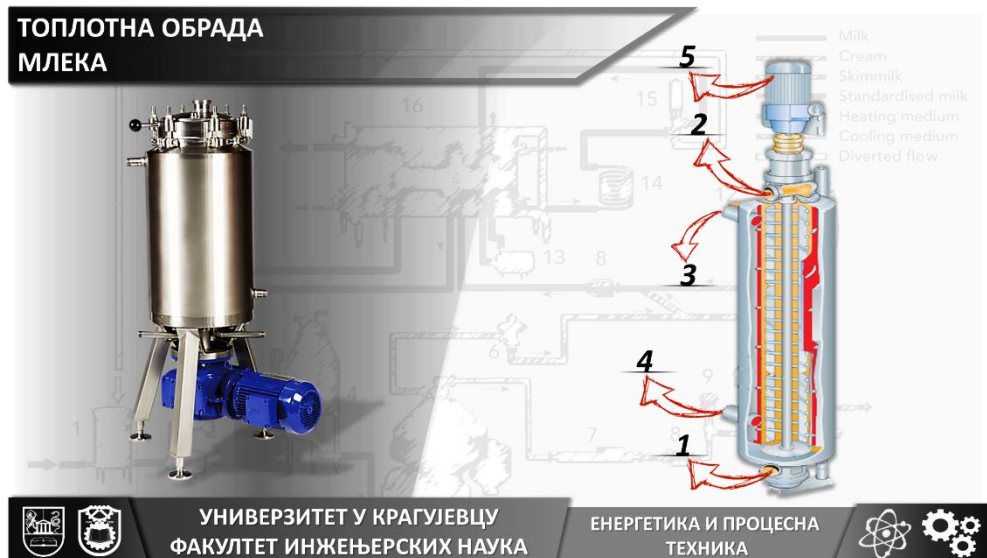
Код ХТСТ процеса млеко се пастеризује у размењивачима топлоте (*најчешће у плочастим размењивачима топлоте*) при температури од 72-75 °C, а време трајање је од 15-20 секунди (слика 31) [25]. Након процеса пастеризације поново се приступа процесу хлађења млека (4 °C) [26].

Уколико млеко није добро пастеризовано (*није достигло температуру од 72 °C или 75 °C*) враћа се у балансни танк, након чега поново пролази процес пастеризације [26]. Такође још један од начина који служи за проверу јесте тест на ензим фосфатазе, где резултат теста мора бити негативан. Комбинација температуре и времена може варирати у зависности од квалитета сировог млека, врсти готових производа као и потребама чувања [25].



Слика 31. Плочасти размењивач топлоте (1-улаз топлотно нетретираног млека, 2-излаз топлотно третираног млека, 3-улаз грејног флуида, 4-излаз грејног флуида)

Процес пастеризације млека павлаке захтева интензивнију термичку обраду. Приликом овог процеса примењује се ХТСТ пастеризација павлаке, јер због своје густине маст-павлака је лош проводник топлоте. Производ се излаже температури од $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ током 5 секунди у размењивачима топлоте за вискозније флуиде, у којима се приликом размене топлоте између грејног и грејаног флуида, размена топлоте потпомаже мешалицом (слика 32). Оваква комбинација времена и температуре је довољна за инактивацију пероксидазе. За проверу овог типа пастеризације не могу се користити тестови фосфатазе (важи за производе са садржајем масти до 8%), већ тестови на ензим пероксидазе [25].



Слика 32. Размењивач топлоте за вискозније флуиде (1-улаз топлотно нетретиране павлаке, 2-излаз пастеризоване павлаке, 3-улаз грејног флуида, 4-излаз грејног флуида, 5-мешалица са ЕМ)

Ултра пастеризација или ЕСЛ пастеризација је један од начина који се може користити када је потребан одређени рок трајања млека. Неким произвођачима, довољна су

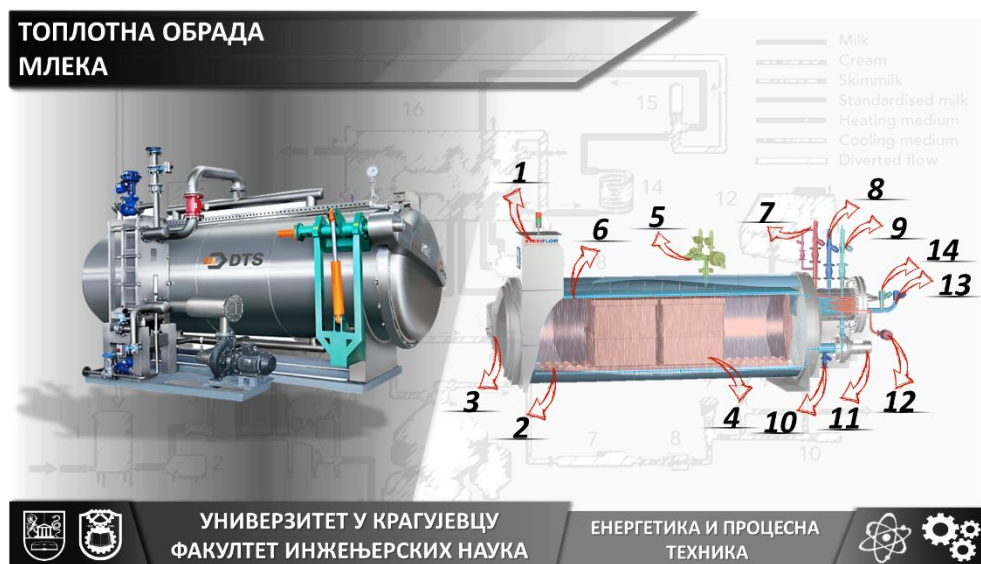
додатна два дана за чување производа, док неки произвођачи захтевају дужи временски период, од 30-40 дана. [25]. Основни принцип је као и код осталих термичких третмана, односно смањење главних узрочника инфекције финалних производа током производње и паковања. Да би се испунили ови услови неопходно је обезбедити високе нивое хигијене производње млека, као и температуру дистрибуције готових млечних производа (*не вишу од 7 °C*) [42].

Код ЕСЛ пастеризације млеко се загрева у размењивачима топлоте, или директним принципом размене топлоте, који подразумева инфузију млека у пару/ињекцију паре у млеко, од 125-138 °C у трајању од 2 до 4 секунде, а затим брзо хлади на температуру која је нижа од 7 °C (*што је температура нижа, дужи је рок тајања*) [25, 29]. Након завршеног процеса производи се морају чувати у расхладним уређајима [42].

3.4.3 Стерилизација млека

Због релативно мале одрживости пастеризованог млека уведен је процес стерилизације. Стерилизацијом се постиже већа одрживост млека и то на собној температури. Процес подразумева загревање млека на температуру преко 110 °C. У зависности од времена и температуре разликују се две врсте стерилизације, стерилизација у амбалажи и стерилизација у протоку, тзв. УХТ стерилизација [25].

Стерилизација у амбалажи може се одвијати дисконтинуално и континуално. Дисконтинуални процес се изводи у ротирајућим или стационарним аутоклавима (слика 33) [25, 26].



Слика 33. Индустрijски стационарни аутоклав за стерилизацију млека (1-контролна јединица, 2-покретна трака, 3-врата за улаз контејнера, 4-контејнери са амбалажом, 5-довод компримованог ваздуха, 6-каскадни развод, 7-довод паре, 8-довод хладне воде 1, 9-довод хладне воде 2, 10-одвајач суплемента из процесне воде, 11-пумпа, 12-одвод кондензата, 13-одвод хладне воде 1, 14-одвод хладне воде 2)

Стационарни аутоклави углавном се користе за мање вискозне производе, док употреба ротирајућих је карактеристична у условима вискознијих намирница. Амбалаже се

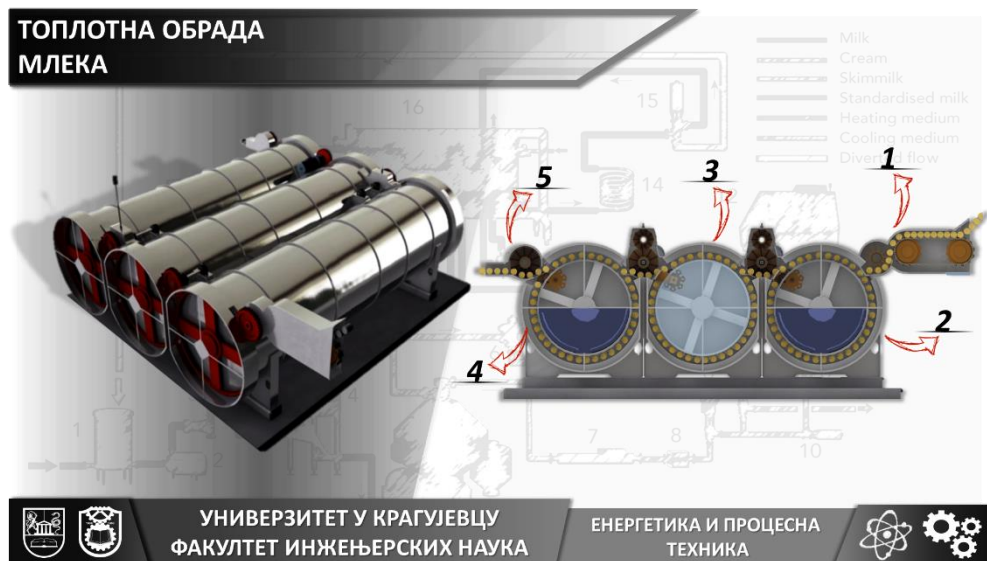
заједно са производима допремају покретним колицима до тунела аутоклава. Након смештања контејнера, врши се процес стерилизације [43].

Загрејана процесна вода шаље се у комору за стерилизацију, где се каскадном технологијом прелива преко контејнера са амбалажом (*у виду капљица чиме се постиже једнолика дистрибуција на све производе*). Након процеса, вода се одводи у размењивач топлоте, догрева се и поново циркулише у затвореном систему аутоклава. На тржишту се могу наћи и аутоклави, који уместо воде користе пару за процес стерилизације [43].

Због великих разлика у температури хлађење се обавља у неколико секција, водом различитих температура. Производи се хладе стерилисаном водом. Притисак током процеса прецизно се контролише убацивањем пречишћеног компримованог ваздуха. Сви савремени аутоклави опремљени су аутоматским јединицама, чиме се омогућава контрола и снимање процеса [43].

Континуални процес стерилизације подразумева провођење боца са производима (*млеком*) кроз специјално конструисане хидростатичке тунеле транспортерима. Производ заједно са амбалажом пролази кроз канале, тј. секције за стерилизацију и хлађење. У зависности од конструкције и начина функционисања разликују се вертикални и хоризонтални хидростатички стерилизатори (*тунели*) [29].

Хоризонтални хидростатички стерилизатор је уређај ниске конструкције (слика 34). Главни део представљају цилиндрични бојлери. У главном централном делу, тзв. секцији за стерилизацију, налази се пара високе температуре, док је у осталим секцијама смештена вода, где се врши предгревање, потхлађивање и хлађење производа у амбалажи. Контејнери напуњени амбалажом, спирално пролазе секцију предгревања, а затим се пребацују у зону стерилизације. Након стерилизације, производи се преносе у последњу зону, односно секцију за хлађење, после чега напуштају стерилизатор [44, 45, 49].



Слика 34. Хидростатички хоризонтални тунел за стерилизацију млека у амбалажи (1-улаз амбалаже и млека, 2-секција предгревања, 3-секција стерилизације, 4-секција хлађења, 5-излаз стерилизованог млека)

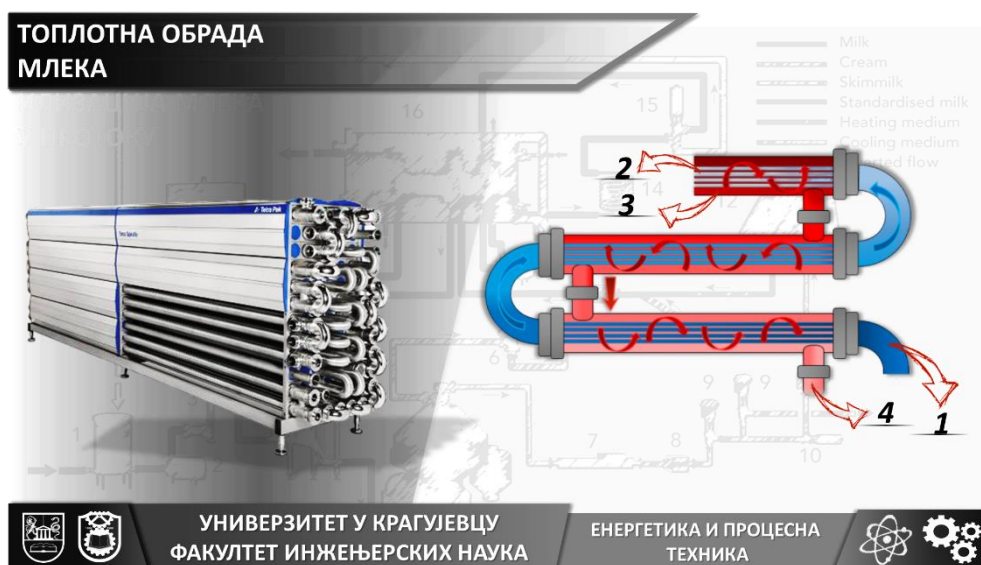
Сам процес потпомогнут је вентилатором, чиме се успоставља равномерно струјање паре, што резултира већом ефикасношћу уређаја. Ове врсте стерилизатора погодне су за све врсте производа, а најчешће се користи стаклена и пластична амбалажа [44, 45, 49].

У зависности од типа и величине млекарског погона зависиће и начин стерилизације млека. Код оба начина температура се обично креће у распону од 115 до 120°C током 20-30 минута [25, 26].

УХТ стерилизација у протоку, односно ултра високо загревање је техника очувања, где се млеко излаже кратком интензивном загревању. Температурни распон код ове врсте термичке обраде креће се од 135 до 140°C , док је време задржавања свега неколико секунди [25]. УХТ третман је континуалан процес који се одвија у затвореном систему, чиме се спречава контаминација производа-загађење микроорганизмима и бактеријама из ваздуха. Прецизније, млеко пролази веома брзо кроз фазе грејања и хлађења. Код УХТ третмана разликују се два типа стерилизације, и то [26]:

- *Индиректна стерилизација млека;*
- *Директна стерилизација млека.*

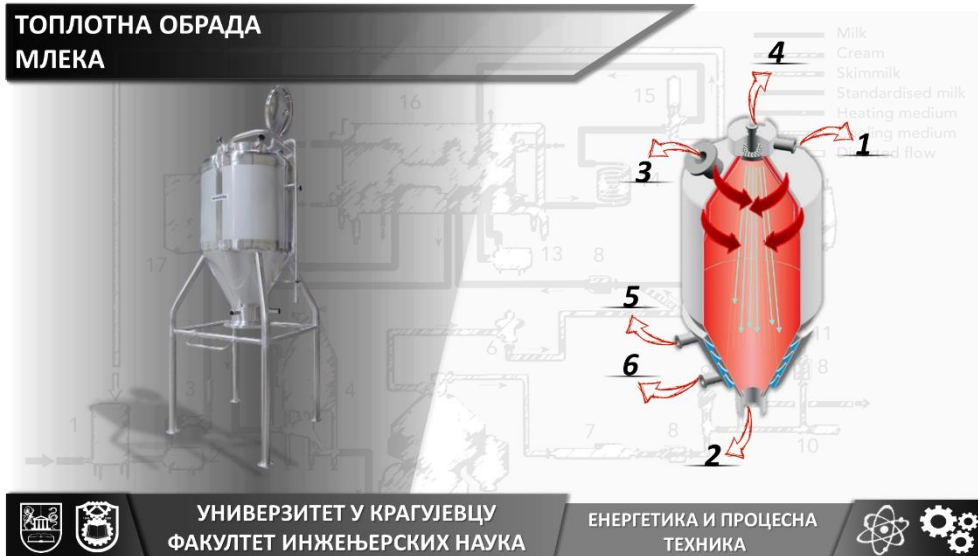
Код индиректне УХТ стерилизације млека загревање и хлађење се одвијају у размењивачима топлоте (најчешће у цевастим размењивачима топлоте, сноп цеви у омотачу). На слици 35. дат је пример индиректне УХТ стерилизације млека.



Слика 35. УХТ стерилизација млека у цевастим размењивачима топлоте (размењивач топлоте сноп цеви у омотачу) (1-улаз топлотно нетретираног млека, 2-излаз стерилизованог млека, 3-улаз грејног флуида, 4-излаз грејног флуида)

Код директног УХТ процеса, стерилизација се обавља убризгавањем паре у млеко или инфузијом млека у пару [25]. Приликом оба поменута процеса стерилизације, долази до комешања, турбуленције у маси и процес загревања траје јако кратко.

Инфузија млека у пару представља загревање производа пропуштањем истог кроз атмосферу паре у комори (слика 36) [44]. Сва постројења која у свом саставу имају овај уређај, састоје се од секција за предгревање производа, затим секције за топлотни третман (инфузију паре), испаривач, као и секцију коначног хлађења.



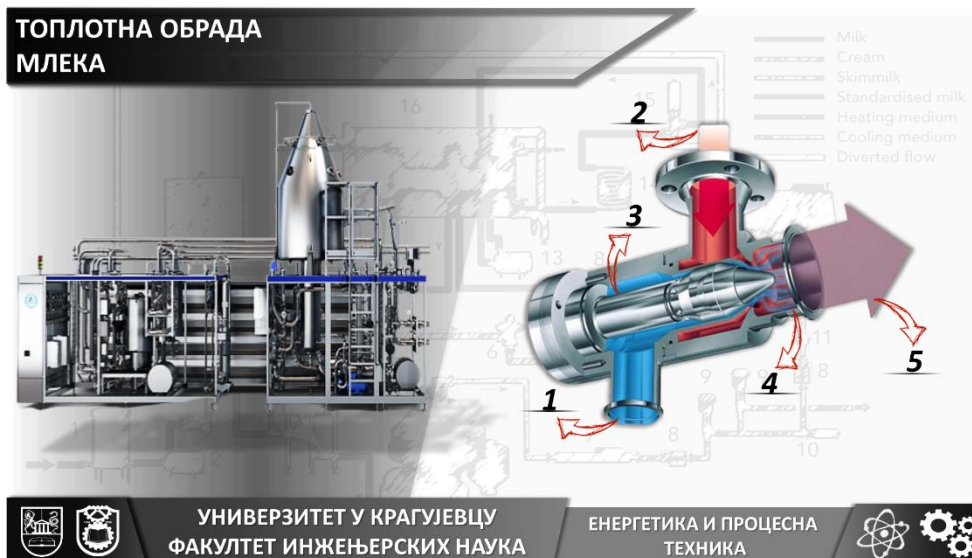
Слика 36. Инфузија млека у пару (1-улаз паре, 2-излаз топлотно-третираног млека, 3-улаз паре, 4-излаз ваздуха, 5-улаз воде у део коморе за хлађење, 6-излаз воде из коморе за хлађење)

Функција коморе за мешање, је брзо загревање са избегавањем задржавања производа. На врху коморе налази се перфорирана решетка, преко које тече производ. Основна улога решетке је да распореди производ и оствари равномерни ток. Слободним падом производ пролази кроз пару, загрева се и тече ка дну коморе у виду појединачних снопова. На тај начин ствара се велика површина за пренос топлоте. Пара се уводи у мешачку комору кроз бочне отворе зидова. Мешањем паре и производа спречава се контакт између зидова коморе и самог производа, чиме се осигурава максималан пренос топлоте [46].

Парни инјектори представљају уређаје код којих се врши директно убризгавање процесног флуида (*паре*) под притиском у производ. Предност ових уређаја огледа се у ефикасним и високим брзинама преноса топлоте [47].

Инјектор је уређај кружног (*прстенастог*) попречног пресека, где се пара са једне стране убризгава коаксијално кроз канал, у проток производа, док са друге стране уређаја, течни производ се доводи у млазничку комору, меша са паром, загрева и напушта инјектор на захтеваној температури [47]. Пара се доводи у довољној количини да подигне температуру смеше до жељене тачке топлотног третмана [48].

Без обзира да ли се ради о убризгавању паре у млеко или инфузији млека у пару, за издвајање кондензата паре обично се користе вакуум коморе (слика 37). Услед испаравања долази до наглог пада притиска, а самим тим и температуре па долази до хлађења млека [26]. Оба система за директну УХТ стерилизацију су енергетски јако захтевни, јер је за њихово функционисање потребно више паре, воде за хлађење, што самим тим резултира већим оперативним трошковима. Поред тога, неопходан је и посебан третман паре, како би се осигурала хигијенска исправност третираних производа [44, 46].



Слика 37. Комплетна УХТ линија за стерилизацију млека (1-улаз млека, 2-улаз паре под притиском, 3-конусни цилиндар, 4-мешачка комора, 5-излаз топлотно третираног млека)

3.5 Хладно складиштење и паковање финалних производа

Након процеса обраде млека и производње млечних производа, приступа се хладном складиштењу (слика 38). Ова врста третмана има веома важну улогу када је у питању очување готових производа. Пре свега користи се за спречавање нежељених физичких и хемијских промена намирница, као што су сушење, оксидација, топљење/деформација меких производа итд. Складиштење се врши у одговарајућим просторијама, чије уређење зависи од врсте претходно третираног производа (пастеризовано незапаковано млеко чува се у танковима, пастеризовано запаковано млеко и лако покварљиви производи чувају се на полицама хладних просторија, сиреви у просторијама за сиреве, замрзнуто складиштење се користи за сладолед и друге смрзнуте производе итд.) [50].



Слика 38. а) Хладно складиштење, б) асептично паковање готових млечних производа

На крају производних линија, на местима где се добијају готови конзумни производи приступа се паковању. Без обзира на врсту добијених производа амбалажни материјал има основну улогу да обезбеди ефикасну дистрибуцију готових производа до крајњих потрошача, сачува и заштити хранљиве материје производа, продужи рок трајања и задржи све неопходне информације о производима [50].

У зависности од доступности сировина (за израду амбалажног материјала), процесне опреме којом се располаже и навике потрошака, млеко и млечни производи пакују се у веома различите врсте амбалажа. Данас, у млекарској индустрији најчешће се примењују картонске амбалаже, ПЕ (*полиетиленска амбалажа*) кесе, пластичне боце и стаклене боце [50].

4. СИСТЕМ ЕНЕРГО-ЕКО МЕНАЏМЕНТА

Као што је већ и напоменуто, константан пораст броја становника, посебно у земљама које су у развоју, побољшање животног стандарда модерних људи, демографски, стални економски и маркетиншки притисци покрећу целокупну прехранбену индустрију да константо расте и да пласира нове и другачије производе на тржиште (*предвиђа се раст стопе прехранбених производа за 1,1% на годишњем нивоу до 2050. године*) [3]. Непрестаном производњом различитих производа из прехранбеног дела индустрије, укључујући и сектор за производњу млека и млечних производа значајно се увећава и потрошња енергије, воде и осталих сировина.

Константна потрошња и високе цене енергената условљавају бројна предузећа да енергију користе на ефикасан начин. Рационално коришћење енергије подразумева увођење различитих пракси, пре све свега, праксу управљања енергијом, односно праксу газдовања енергијом. Спровођењем оваквог система смањује се употреба енергије (*систем подједнако води рачуна о трошковима енергената, ефикасности трансформисања, генерисања и дистрибуције енергије*), воде и осталих употребљених сировина током процеса производње [51].

Са друге стране, производне активности и употреба различитих сировина у прехранбеној индустрији доводе до стварања негативних утицаја по човекову средину. Да би се овакав утицај смањило и на крају временом потпуно елиминисао, неопходно је минимизирати негативан утицај производње на животну средину, смањити емисије у атмосферу, као и количине чврстог отпада и отпадних вода [51].

Скуп пракси које обухватају правилно управљање енергијом и заштиту животне средине, могу се спровести као јединствена пракса енерго-еко менаџмента. Имплементацијом једног оваквог система, остварују се непрекидна побољшања, како енергетских, тако и еко перформанси читавог предузећа, у коме је један овакав систем спроведен [51].

4.1 Употреба енергије и воде у индустрији млека и млечних производа

У производним погонима млекара производе се различите врсте конзумних производа. Да би се одредила укупна потрошња енергије (*електричне и топлотне*), неопходно је приступити детаљним и дуготрајним праћењима током процеса производње. Како би анализе праћења биле што релевантније потребно је мерења спроводити по операцијама у свим линијама, за све производе засебно.

Бројна истраживања која су спроведена широм света, указују да потрошња енергије знатно варира од млекаре до млекаре и да постоје значајне разлике у специфичној потрошњи енергије (*потрошена енергија по јединици готовог производа, или ређе према количини улазне сировине*). У табели 3. дат је приказ специфичне потрошње енергије по јединици готовог производа за различите финалне производе (*подаци обухватају више различитих аутора и извора*) [52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59].

Табела 3. Приказ специфичне потрошње енергије по јединици готовог млечног производа

РАЗЛИЧИТЕ ВРСТЕ ПРОИЗВОДА	ПОТРОШЊА ЕНЕРГИЈЕ [kWh/l готовог производа]
ТЕЧНО МЛЕКО	0,0032-2
ЈОГУРТ И ОСТАЛИ ФЕРМЕНТИСАНИ ПРОИЗВОДИ	0,3-0,61
СИР	0,5-2,13
МАСЛАЦ	0,27-1,17
МЛЕКО У ПРАХУ	0,27-2,7
КОДНЕЗОВАНО МЛЕКО	0,29-0,5
МЛЕКО У ПРАХУ, ОСУШЕНА СУРУТКА („Whey“)	0,005-4,5

Ниво утрошене енергије зависи од неколико фактора. Пре свега, фактори који директно утичу на потрошњу јесу врста и старост опреме, затим примењене технологије које се користе током производње намирница, степен аутоматизације опреме, правилан дизајн линија, обим производње и врста готових производа, као и многе друге карактеристике. У табели 4. дат је пример потрошње енергије по литри сировог прерађеног млека (*производња течног млека*), у функцији од карактеристике постројења [55].

Табела 4. Потрошња енергије по литри сировог прерађеног млека у функцији од карактеристике постројења

КАРАКТЕРИСТИКА ПОСТРОЈЕЊА	ПОТРОШЊА ЕНЕРГИЈЕ [kWh/l готовог производа]
МОДЕРНО ПОСТРОЈЕЊЕ СА ВИСОКОЕФИКАСНИМ ПАСТЕРИЗАТОРОМ И КОТЛОМ	0,09
МОДЕРНО ПОСТРОЈЕЊЕ КОЈЕ КОРИСТИ ТОПЛУ ВОДУ ТОКОМ ПРОЦЕСА	0,13
СТАРО ПОСТРОЈЕЊЕ КОЈЕ КОРИСТИ ПАНУ	0,27

У највећем броју млекара широм света, трошковно доминантан енергент је топлотна енергија, добијена сагоревањем различитих врста горива (*угаљ, лож уље, природни гас итд.*). Око 70% енергије утрошено током производње у млекарским погонима добија се

управо из топлотне енергије, док се преосталих 30% добија из електричне енергије [52, 55, 56, 58].

Проценат утрошене електричне и топлотне енергије зависи од врсте финалног производа. Па тако, приликом производње кондензованих (*евапорисано млеко*) и осушених (*млеко у праху*) производа користи се велика количина топлотне енергије (*напе*), па је самим тим и проценат топлотне енергије, као и укупне утрошене енергије, знатно виши од погона за производњу течног млека. На слици 39. дат је приказ средње вредности типичне потрошње енергије у зависности од врсте готових производа [54].



Слика 39. Типична потрошња енергије (средња вредност) за течно млеко, сир, маслац и млеко у праху (млекарски сектор Холандије)

Највећа количина утрошене топлотне енергије (*преко 95%*) представља процесну топлоту, која се троши током директног и индиректног грејања (*за потребе различитих процеса: пастеризације, стерилизације, термизације, сушења, кувања, евапорације и сл.*). Преостала количина, троши се на система грејања и вентилације и у остале сврхе [56, 58].

Када је реч о електричној енергији, највећи проценат (*70%*) користи се на процесе хлађења, замрзавања и хладног складиштења, од тога *40%* електричне енергије употребљава се за погон електромотора, пумпи, вентилатора, компресора, као и за погон различитих процесних машина, као што су хомогенизатори, кларификатори, сепаратори, сепаратори за стандардизацију млечне масти итд. Остатак електричне енергије (*30%*) троши се на потребе климатизације и грејања просторија (*„HVAC” системи*), за потребе осветљења, током паковања производа, прања (*„CIP” системи*) и у остале сврхе [56, 58]. На слици 40. дат је приказ типичне потрошње енергије у млекарској индустрији [56].



Слика 40. Потрошња енергије (топлотна и електрична)

Као и код других постројења и погона, у прехранбеном и пољопривредном сектору, млекарска индустрија свакодневно конзумира велике количине воде. Вода се користи током процеса производње и прераде производа (за потребе хлађења, грејања и производњу паре), затим за потребе чишћења и одржавања (хигијенски и санитарни услови), као и у помоћне сврхе (заливање травњака, прање возила итд.). Највећа количина утрошене воде (од 25% до 40%) користи се за потребе чишћења и одржавања (слика 41) [58].



Слика 41. Типична потрошња воде у млекарском сектору

У зависности од врсте инсталација, примењених система и начина употребе, укупна количина утрошене воде у индустрији млека, може достићи и до неколико пута већу количину од прерађеног млека. Многи прерађивачи прате укупну потрошњу воде надгледајући унос воде у сирово млеко током процеса производње. Потрошња воде у земљама Европе креће се од 0,2-11 l/l сировог млека, док у Аустралији за производњу било које комбинације течног млека, сира, млека у праху и јогурта потрошња воде креће се у

опсегу од 0,07-2,9 l/l сировог млека, са просеком око 1,5 l/l сировог млека (табела 5) [53, 55, 58].

Табела 5. Потрошња воде у зависности од врсте финалног производа

ЗЕМЉА	МЛЕКО И МЛЕЧНИ НАПИЦИ	СИР И ПРОИЗВОДИ ОД СУРУТКЕ	МЛЕКО У ПРАХУ, СИР И/ИЛИ ТЕЧНИ МЛЕЧНИ ПРОИЗВОДИ
	ПОТРОШЊА ВОДЕ [l воде/l сировог млека]		
ШВЕДСКА	0,98-2,8	2-2,5	1,7-4
ДАНСКА	0,5-0,97	1,2-1,17	0,69-1,9
ФИНСКА	1,2-2,9	2-3,1	1,4-4,6
НОРВЕШКА	4,1	2,5-3,5	4,6-6,3
ПОЉСКА	0,5-2,21	2,22	1,8-5,3
АУСТРАЛИЈА	1,05-1,44	0,64-1,64	0,07-1,52

У индустрији за производњу млека и млечних производа, постоји велики број различитих метода и могућности које се могу спровести са основним циљем уштеде енергије и воде, не нарушавајући тако производне капацитете погона. Енергетски најефикасније методе за побољшање ефикасности постројења, подразумевају примену енергетских техника на различитим нивоима производње. У даљем наставку рада биће описане неке од најтипичнијих мера енергетске ефикасности, за смањење потрошње топлотне, електричне енергије и воде у индустрији производње млека и млечних производа.

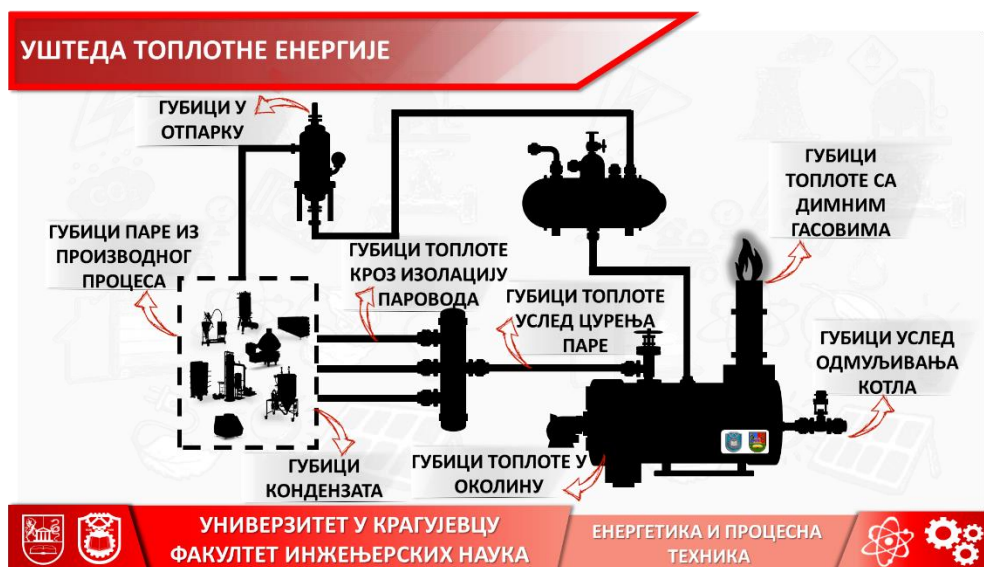
4.1.1 Мере енергетске ефикасности за уштеду топлотне енергије

Различитост производних линија, опреме, њене старости, велики губици у дистрибуцији и коришћењу радних флуида (*топла вода, пара*), велика количина отпадне топлоте, упућују на потребу преиспитивања и начина коришћења енергије. Свако смањење топлотних губитака, оптимизација потрошње енергије као и свака рекулерација отпадне топлоте утичу драстично на смањење укупних трошкова енергије у целокупном предузећу.

4.1.1.1 Котловска постројења

Котловска постројења представљају компактне целине и без обзира на њихову намену и поделу (*индустријска, енергетска, утилизаторска, грејна и комбинована*) основни делови су котловски агрегат и помоћни уређаји [60]. Принцип рада заснива се претварању хемијске енергије горива у топлотну енергију процесом сагоревања [61]. Настала топлота предаје се радним флуидима (*углавном вода или пара, може бити и ваздух*), који служе као преносиоци топлоте до места њихових коришћења [62].

Током рада котловских конструкција и система за дистрибуцију топлотне енергије долази до неизбежних губитака (слика 42). Будући да је енергија скупа „роба“ потребно је губитке свести на минимум, тј. постићи исте енергетске ефекте уз што мању потрошњу.



Слика 42. Типична места губитака енергије у индустријском систему за дистрибуцију паре

4.1.1.1.1 Редукција вишка ваздуха

Анализирањем продуката сагоревања, тј. анализом димних гасова могуће је одредити ефикасност котловског агрегата [63]. Контрола и регулација процеса сагоревања представља један од најважнијих фактора који утичу на ефикасан рад котла, његову економичност и смањење енергетских губитака (слика 43) [64].



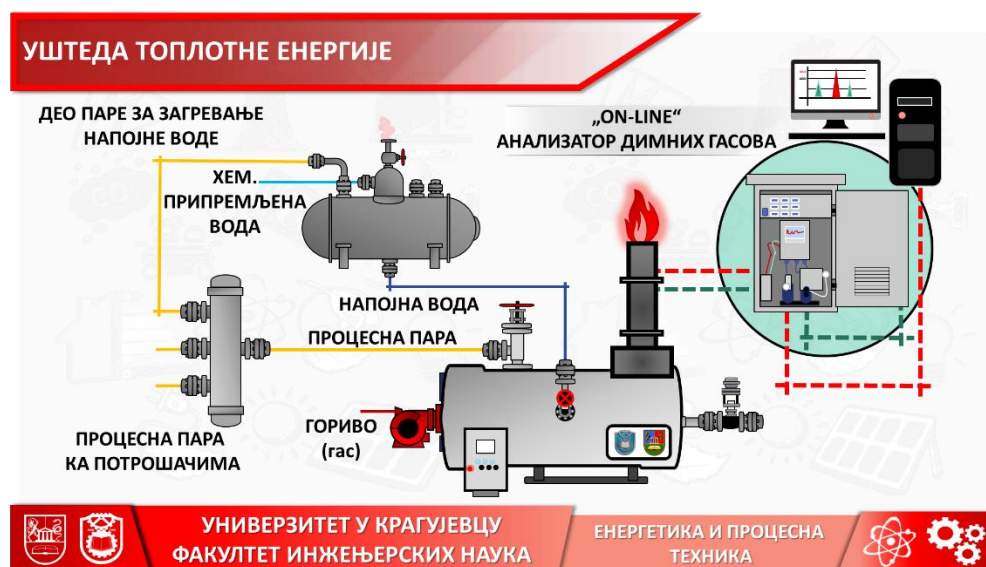
Слика 43. Енергетски губици као функција вишка ваздуха

Количину ваздуха неопходног за процес сагоревања горива, потребно је држати у дозвољеним границама [61]. Недовољна количина ваздуха доводи до непотпуног

сагоревања, чиме се јављају губици услед несагорелог горива (*у саставу димних гасова има трагова: CO , SO_2 , C , C_mH_n*), док вишак ваздуха у ложишту котла, директно утиче на састав и температуру продуката сагоревања, тј. долази до губитака топлоте у димним гасовима. Јако је важно водити рачуна о обезбеђивању довољне количине ваздуха, како би се остварило правилно, односно потпуно сагоревање (*у саставу димних гасова има трагова: CO_2 , SO_2 , O_2 , NO_x , H_2O , N_2*) и како не би долазило до кондензације материја у издувним гасовима, тј. у димњаку [63].

Главни параметар који дефинише квалитет процеса сагоревања јесте коефицијент вишка ваздуха λ [61]. Вишак ваздуха треба да буде што је могуће мањи, како би у продуктима сагоревања садржај одговарајућих гасова био у дозвољеним границама [63]. Мањи коефицијент вишка ваздуха (*у границама оптималног сагоревања*), повећава ефикасност и искоришћење енергије котла, смањујући тако губитак топлоте у димним гасовима (*за свако смањење вишка ваздуха од 1% добија се приближно 0,06% повећане ефикасности*) [73].

Правилан однос котловског ваздуха и горива може се подесити постављањем система за контролу кисеоника (*или других гасова у зависности од врсте уређаја*) у димним гасовима (*тзв. анализатор гасова*), чиме би се добила оптимална комбинација продуката сагоревања (слика 44) [58]. Праћењем, анализирањем и подешавањем референтних вредности, остварује се већи степен искоришћења котла као и минимално загађење животне околине [56].



Слика 44. Анализа продуката сагоревања у димним гасовима употребом „On-line“ анализатора

Применом оваквих уређаја, потрошња енергије се смањује за 1,5-2% (*смањењем количине вишка ваздуха са 35% на 10%, повећава се укупна ефикасност котла за 2%*), са периодом отплате од неколико месеци до две године [58]. Данас се може наћи велики број котлова (*посебно мањих*) без анализатора гасова, чак и тамо где су инсталирани, најчешће се не користе [63]. Неколико студија случаја показује да је просечан рок повраћаја уложених средстава око 1,7 год., док је могуће повећати енергетску ефикасност котловског постројења од 1-5% [56]. У табели 6. дат је приказ уштеде горива у зависности од снаге котловског агрегата [58].

Табела 6. Уштеда горива и смањени утицај на животну средину у зависности од снаге котловских агрегата

СНАГА КОТЛОВСКОГ АГРЕГАТА (MW)	УШТЕДА ГОРИВА (GJ/год.)	СМАЊЕЊЕ ЕМИСИЈЕ CO ₂	ПЕРИОД ОТПЛАТЕ (год.)
0,4	318	19	2
4	2.540	150	0,2
10	6.350	374	0,1

4.1.1.1.2 Правилан однос мешавине

Поред ваздуха, квалитет мешавине гориво/ваздух има важну улогу у правилном раду котла. Да би се остварило ефикасно сагоревање, неопходно је довођење реагенса у најпогоднијем стању чиме би се остварила правилна хемијска реакција, и оптимална брзина сагоревања. Све ово доводи до читавог низа веома сложених нестабилних једињења, који утичу на струјне процесе горива и кисеоника [61].

Уколико се сагоревање обавља у комори парних котлова (мешањем гаса и ваздуха у горионику пре уласка у ложиште-атмосферски горионици), исправан горионик, тј. млазнице горионика представљају предуслов за ефикасно остваривање смеше. Због тога је јако важно штеловање самог горионика и периодична контрола истог, вршењем повремених прегледа, сервисирања и замене постојећих уколико је то потребно (слика 45) [56].



Слика 45. Провера исправности горионика [97]

4.1.1.1.3 Температура димних гасова

Рационално коришћење енергије горива, налаже да температура димних гасова на месту одвођења у димњак буде што нижа. Међутим, прениске температуре димних гасова

(зависно од садржаја сумпора у гориву током сагоревања чврстог горива) могу проузроковати стварање кондензата (кондензовање водене паре на зидовима димњака), који делује корозивно на површине [65].

Виша температура димних гасова доводи до смањења површине за размену топлоте. Највећи утицај на топлотне губитке димних гасова имају превелика температура рада котла услед присуства вишка ваздуха током сагоревања горива [66].

Одговарајућа референтна вредност температуре димних гасова може се утврдити мерењем истих одмах након сервисирања и чишћења котловског агрегата. Након тога, температура се може редовно пратити на дневном нивоу и упоређивати са оптимално измереним вредностима (слика 46) [56].

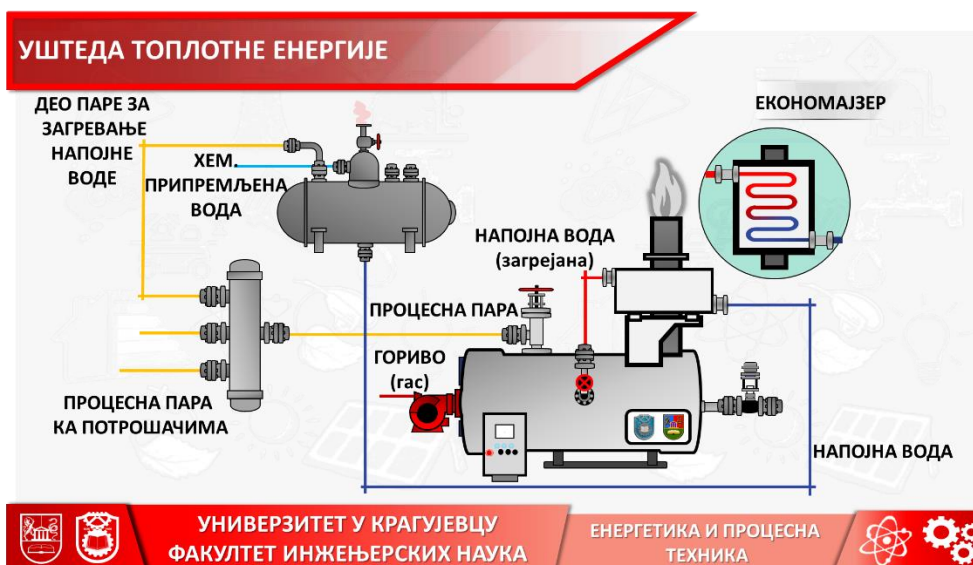


Слика 46. Температура димних гасова [98]

Процењује се да постоји губитак од 1% у ефикасности, са променом температуре издувних гасова од 4,5-5°C [56, 58]. Велика варијација у температури гасова указује да је дошло до значајног пада ефикасности услед неправилне мешавине гориво-ваздух, услед запрљања котловских цеви, конструкције и старости котлова, оптерећења котла итд. [56, 66].

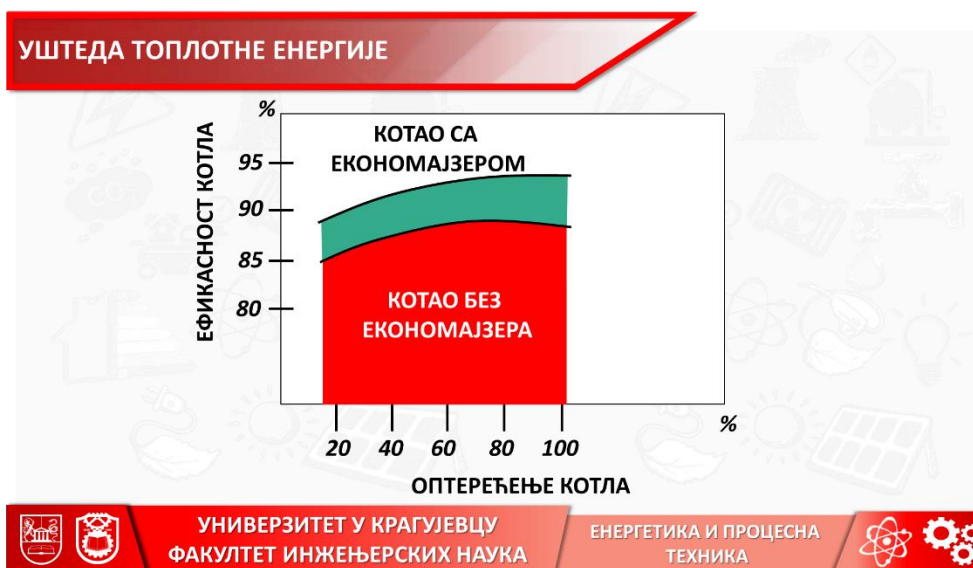
4.1.1.1.4 Рекулпација топлоте из димних гасова (економајзер)

Уколико је температура димних гасова већа од 200°C, отвара се могућност за коришћење топлоте димних гасова, односно за рекулпацију топлоте. Коришћење отпадне топлоте је могуће употребом економајзера, који представља рекулпративни размењивач топлоте (најчешће течност-ваздух), у коме се врелим димним гасовима одузима енергија (топлота) (слика 47) [60].



Слика 47. Употреба економајзера (течност-ваздух) за загревање напојне воде

Рекуперативна топлота користи за догревање у различитим деловима процеса, а најчешћа употреба економајзера јесте за догревање напојне воде. Повећањем температуре напојне воде за 6°C , долази до уштеде горива за сагоревање од 1%. Рекуперативна топлота може се користити и за загревање процесне и санитарне воде. Употребом економајзера повећава се економичност котловског постројења, односно корисност самих процеса, смањујући тако трошкове постројења (слика 48) [74, 75].



Слика 48. Повећање ефикасности котла са економајзером

Ограничавајући фактор за рекулерацију топлоте димних гасова је тај што се мора осигурати да температура зида економајзера не падне испод тачке росе водене паре и киселине садржане у димним гасовима, како не би долазило до корозивности (услед сумпорне киселине садржане у фосилним горивима) кондензата. У пракси, овај недостатак се спречава одржавањем знатно више температуре димних гасова од тачке рошења киселине. У ствари температура зида економајзера много више зависи од температуре воде

(која протиче кроз економајзер) него од температуре димних гасова. Из тог разлога врши се предгревање доводне воде (близу до температуре тачке росе киселине) пре него што уђе у економајзер [74].

Употребом конвенционалних економајзера (рад на температурама димних гасова изнад тачке рошења киселина) топлотна корисност котла се повећава за 1% за пад температуре сувих димних гасова за сваких 22-25°C [56, 74, 75]. Снижавањем температуре димних гасова са 260°C на 120°C смањују се губици топлоте за 6% [77]. Уколико се употребљавају кондензациони економајзери може се повећати рекулерација топлотне енергије и степен корисности парних система (топлотна корисност котла) до 10% за пад температуре од 22-25°C, тако што се снижава температура димних гасова испод тачке рошења (може да достигне температуру испод 45°C). Конструкције ових уређаја су отпорне на корозије, а сакупљену кондензовану воду потребно је неутралисати пре поновне употребе (уколико се употребљава као процесна вода) или испуштања у канализациони систем. У зависности од одабраног типа економајзера период отплате може варирати од 9 месеци до 3 године, а трошкови енергената се могу смањити за 5-10% [56, 74, 75, 76].

4.1.1.1.5 Инфилтрација ваздуха

Добро дизајнирани котлови направљени су тако да се избегну непотребна цурења (инфилтрација) ваздуха у ложиште котла, као и цурење димних гасова из котловског агрегата у околни амбијент. Међутим, временом већина котлова развија пукотине око отвора (врата), спојева и заптивача. Ови отвори обично изгледају јако мало у поређењу са укупним димензијама котловске конструкције. Управо цурењем (инфилтрацијом) ваздуха кроз пукотине долази до повећања ваздуха у ложишту, трошећи се том приликом непотребно више горива (слика 49) [96].



Слика 49. Пукотина на котловској конструкцији [99]

Вишак ваздуха инфилтрацијом (осим оног који се обезбеђује кроз усисни отвор за сагоревање) из било којег разлога у котлу потребно је елиминисати. Рецимо, вишак ваздуха који се уводи кроз отвор за чишћење котла смањује степен искоришћења самог уређаја,

нарушавајући му температуру димних гасова [56]. Други најчешћи узрок инфилтрације ваздуха је неправилан рад арматуре котлова (*водених и парних*).

Услед неисправности регулатора сагоревања долази до повећања интензитета промаје, повећавајући се директно количина ваздуха у ложишту и интензитет сагоревања. Код водених котлова термостатска цев прати температуру воде и са променама утиче на отварање/затварање врата ложишта. Парни котлови имају нешто другачију регулацију, односно регулација се врши мембраном у посуди која је повезана са парним простором котла. Повећањем притиска паре долази до реакције регулатора сагоревања чиме се смањује количина ваздуха у простору за сагоревање (*случај код горионика са ваздушном дуваљком, мешање гаса и ваздуха у самом ложишту*). Код оба поменута случаја услед неисправности доћи ће до инфилтрације или смањене количине ваздуха у ложишту [62].

Ово цурење директно утиче на уређаје и тестове који се користе за процену ефикасности сагоревања, а самим тим и на правилно подешавање смеше. Потребно је проверити сва приступна места (*нпр. вратанца за чишћење котла*) како би се идентификовало непотребно цурење ваздуха [56].

Пропуштања се лако поправљају (*сем услед оштећења зида котла*) и може се остварити уштеда енергије од 2-5% (*повећање потрошње горива и до 10%*) [56,96]. Мера се разликује од мерења и анализе димних гасова по томе, што се састоји од периодичног визуелног прегледа котловске конструкције [56].

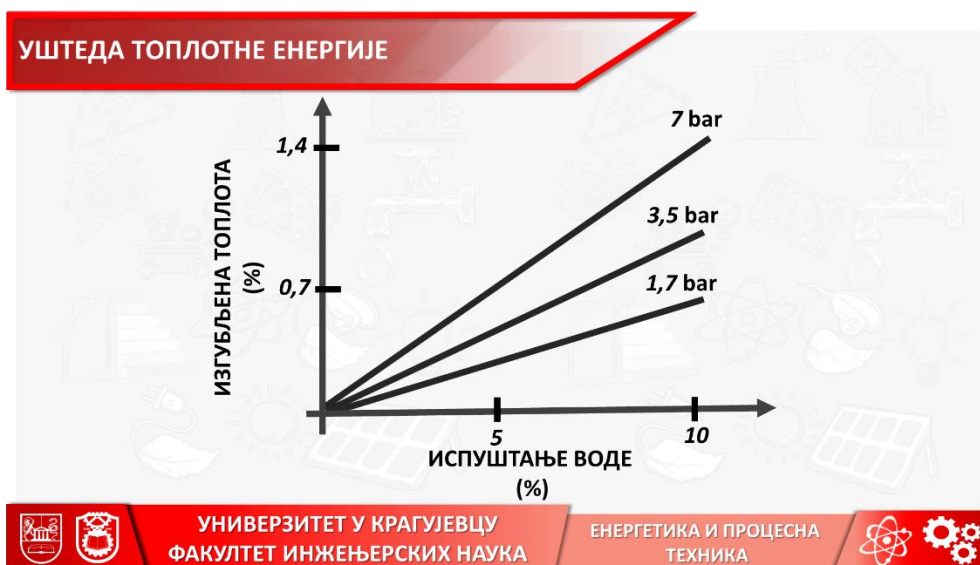
4.1.1.1.6 Одмуљивање котлова

Одмуљивање котлова представља веома важан фактор који утиче на правилно функционисање котлова и може се сматрати саставним процесом хемијске припреме воде савремених котловских постројења [69]. Основни циљ овог процеса је спречавање образовања наслага на грејним површинама у котлу [66].

Током испаравања воде, концентрација нечистоћа у котловској води се повећава (*растворени гасови, суспендоване чврсте материје, растворене органске супстанце, живи организми и растворене соли*). Самим повећавањем нечистоћа долази до њиховог таложења на дну котла. Из тог разлога неопходно је извесну количину воде (*са великом концентрацијом нечистоћа*) издвојити из котла и заменити са количином свеже, чисте воде (*хемијски припремљеном водом*) [69].

Процес одмуљивања са аспекта енергетске ефикасности представља „штетан процес“, јер се троши и додатна енергија (слика 50). Пошто се одмуљивање изводи на температури кључања воде, вода која се надокнађује је свежија (*хладна*), па се мора утрошити додатна количина енергије [69]. Тачна утрошена енергија зависи од температуре и притиска воде у котлу, а оријентационо за одмуљивање у износу од 10% воде, потребно је утрошити око 3% горива. Поред овог трошка треба додати и трошкове свеже воде и неизбежне трошкове хемијске припреме воде. У индустријској пракси пражњење воде износи од 0-15% од воде у систему [66].

Да би се топлотни губици смањили, приступа се мерама за смањење трошкова енергије [62]. Топлоту одведене воде могуће је користити у размењивачима топлоте (*код ниско-притисних котлова*), међутим овакво решење у пракси задаје доста тешкоћа [56].



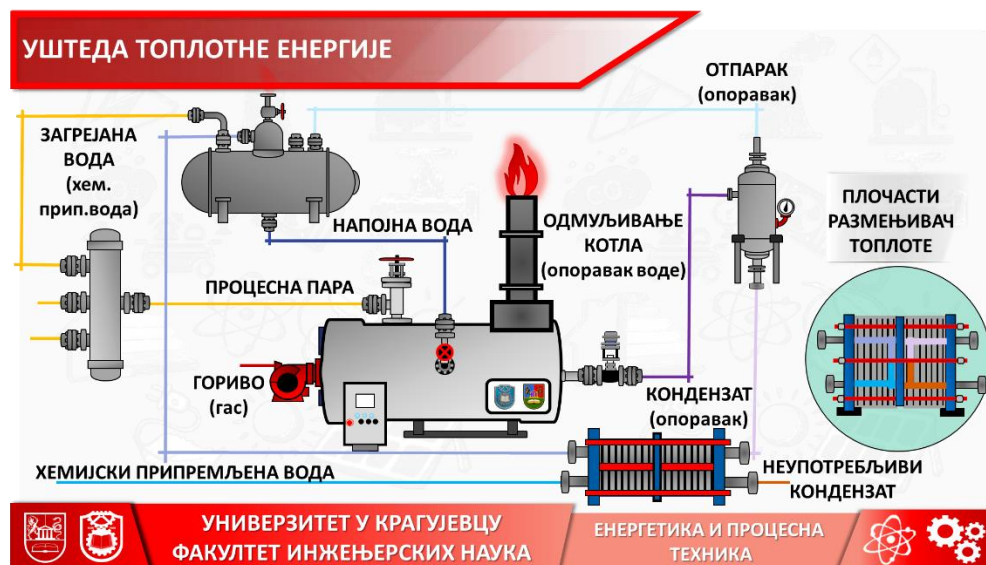
Слика 50. Губитак топлоте и испуштање воде [100]

Пре свега, вода на високој температури и притиску кључања приликом одвођења додатно испарава, стварајући двофазну мешавину кондензата и паре [69]. Оваква пара може да створи проблеме у размењивачима топлоте, па је знатно боље решење да се вода (одмуљна) одводи у суд (суд за отпарак) где ће накнадно испаравати (слика 51).



Слика 51. Одмуљивање котла и рекулација отпадне топлоте котловске воде (коришћење отпарка за загревање напојне воде)

У квалитетно пројектованим уређајима створена пара (тзв. отпарак) је доброг квалитета и уобичајено се уводи у напојни резервоар (дегазатор) где се користи за загревање напојне воде (слика 52). Ова инвестиција је релативно јефтина и може се искористити и до 60% топлоте садржане у води за одмуљивање котла [69].



Слика 52. Одмуљивање котла и рекулација отпадне топлоте котловске воде (коришћење топлоте кондензата из „Flesh“ посуде)

Вода која се испушта из посуде као кондензат, садржи још више топлоте од паре, али проблеми су већи инвестициони трошкови, као и повремено зачепљење размењивача топлоте, уколико се овакав кондензат користи за загревање напојне воде [66, 69]. Рекулацијом отпадне топлоте и аутоматизованим системима за одмуљивање могу се остварити уштеде енергије до 5%, са периодом отплате од 1-3 године [53, 56, 65, 78].

4.1.1.1.7 Одржавање котлова

Једноставан програм одржавања који осигурава да све компоненте котловског постројења раде на врхунцу перформанси могу резултирати значајним уштедама. Једна од таквих односи се на редовно одржавање котловских цеви [73].

На ватреној страни котловских цеви услед лошег квалитета напојне воде и неправилног сагоревања, долази до стварања наслага-талога (*каменца, чађи и корозије*). Овакав проблем успешно се решава редовним проверавањем и чишћењем чађи и каменца с котловских цеви, као и правилним хемијским третманом напојне воде [73].

У зависности од конструкције и типа котловског агрегата, процес елиминисања нечистоћа се разликује. Па тако, код котлова са пламеним цевима, елиминисање чађи и каменца остварује се вакумским чишћењем, док код котлова са водогрејним цевима каменац и наноси тврде воде елиминишу се испирањем водом [73].

Бројно спроведени тестови показују да услед стварања каменца од 0,8 mm смањује се пренос топлоте на воду за 9,5%, док за слој од 4,5 mm пренос топлоте се смањи за 69%. Такође, наслага дебљине од 1mm резултираће потрошњом енергије горива од 3-5%. Редовним чишћењем, могуће је остварити уштеду енергије је од 5-10%, са периодом отплате мањим од 1 године (слика 53) [53, 56, 58].

УШТЕДА ТОПЛОТНЕ ЕНЕРГИЈЕ

а)



б)



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

ЕНЕРГЕТИКА И ПРОЦЕСНА
ТЕХНИКА



Слика 53. Одржавање котловских цеви а) котловска цев пре и после чишћења, б) вакуумско чишћење котловских цеви

4.1.1.1.8 Изолација котлова

Ради смањивања губитака топлотне енергије у околину, обезбеђивања херметичности конструкције, услова рада и прописаних мера заштите, котловски агрегат се термички изољује (слика 54) [60]. Врло је тешко прецизно одредити губитак услед неизолованости котлова [66]. Вредности губитака се обично приказују у релевантним дијаграмима и табелама у зависности од капацитета котлова. Код старијих конструкција и лоше изолације могући су топлотни губици и до 10% [66].

УШТЕДА ТОПЛОТНЕ ЕНЕРГИЈЕ

а)



б)



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

ЕНЕРГЕТИКА И ПРОЦЕСНА
ТЕХНИКА



Слика 54. Изолација парног котла а) котловски агрегат без изолације, б) котловски агрегат са изолацијом

Правилном изолацијом спољашња температура котла треба да буде мања од 30 °C. Поправком, повећањем дебљине изолације и коришћењем одговарајућих

термоизолационих материјала (рецимо коришћење изолације направљене од керамичких влакана), могуће је остварити уштеде од 6-26% [56].

Поред поменутих мера постоји и читав низ других. Рецимо, правилно димензионисање котлова (услед предимензионисања котлова долази до значајних губитака), замена старих котлова новим веће ефикасности (котлове на угаљ, лож уље и мазут, заменити котловима на гас, биомасу итд., чиме се остварује степен искоришћења преко 0,9), употреба вентилатора за ваздух приликом процеса сагоревања са променљивим брзинама итд. [56].

4.1.1.2 Системи за дистрибуцију паре

Водена пара је савршен носилац топлоте која се најчешће користи као радни флуид. У поређењу са течностима, као радним флуидима пара има бројне предности. Омогућава пренос велике количине топлоте кроз цеви релативно малог пречника, за њено струјање није потребан напор пумпи, грејање паром је чистије и сигурније, поред коришћења у системима грејања користи се и у процесној индустрији за различите процесе, као што су кување, стерилизација, пастеризација итд.

Системи за дистрибуцију паре често могу бити прилично обимни потрошачи енергије у постројењима за прераду млека. Побољшање енергетске ефикасности система за дистрибуцију паре подразумева смањење губитака топлоте током дистрибуције паре, као и рекуперацију топлоте из система кад год постоје шансе за њихову имплементацију.

4.1.1.2.1 Поврат кондензата

Након коришћења у различитим деловима постројења, водена пара прелази у кондензат, након чега се у највећем броју случајева избацује у атмосферу. Настао кондензат представља у суштини високо квалитетну топлу воду [56, 66, 68].

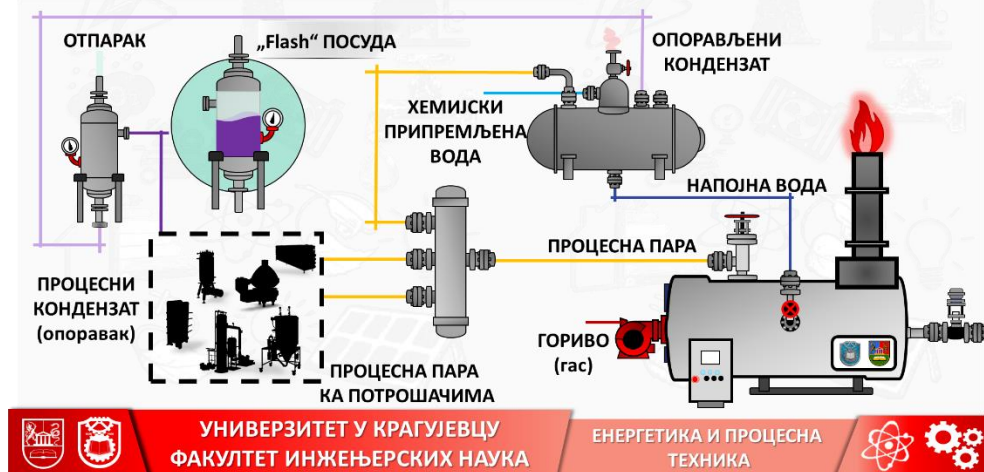
Уколико не дође до запрљања самог кондензата, постоји могућност да се исти искористи за загревање напојне воде котла, затим при загревању ваздуха или при различитим процесима. Поврат кондензата, односно опоравак представља велики потенцијал за уштеду енергије [56].

Кондензат је у ствари акумулисана топлота и његовом поновном употребом могуће је смањити потрошњу енергије, самим тим смањити и потрошњу горива до 30%. Са повећањем температуре напојне воде за 5-6°C могуће је уштедети 1% горива који се користи за производњу паре. Поред уштеде енергије, тј. горива штеди се и на хемикалијама које се користе за припрему и обраду напојне воде, као и сирове воде [56, 67].

Први корак у реализацији система за сакупљање и опоравак кондензата, јесте обезбедити сигуран и поуздан поврат, а након тога искористити га на што ефикаснији начин. Топлотни губици у кондензатним системима никада нису мањи од 10%, а често премашују 30% од укупних губитака топлоте [67].

Системи за поврат кондензата често су дизајнирани са експандерима кондензата како би се омогућило поновно испаравање кондензата у пару (секундарна пара - отпарак) (слика 55). Пара настала у овим посудама може се користити у деловима процеса као нискоквалитетни извор топлоте, или се једноставно испуштати у атмосферу. Рок отплате имплементираних мера креће се у распону од 1-4 године [53, 56, 67].

УШТЕДА ТОПЛОТНЕ ЕНЕРГИЈЕ



Слика 55. Приказ котловског постројења са системом за рекуперацију топлоте кондензата (опоравак процесног кондензата)

4.1.1.2.2 Одвајачи кондензата

Ефикасно снабдевање воденом паром подразумева да пара мора бити на располагању потрошачима на захтеваном притиску, потребној количини и одговарајућим карактеристикама [70]. Сам рад котловских агрегата на нижим притисцима може довести до појаве влажне паре у системима за дистрибуцију.

Сувозасићена пара напушта водену површину у виду мехурића. Уколико је количина ослобођене паре, односно произведене, значајно већа по јединици запремине од водене површине котловске воде, онда ће и честице неиспарене воде бити повучене са површине воде у струји паре. Многе савремене конструкције парних котлова имају недовољну количину површине за потпуно одвајање паре (сепарацију). Повлачењем воде (капљица) добија се влажна пара на излазу из котла [70].

Пратећа појава у системима у којима се дистрибуира влажна пара јесте и појава кондензата, ваздуха и некондензујућих гасова. Додир водене паре са хладним површинама доводи до појаве кондензата. Кондензат у комбинацији са ваздухом образује оштећења у унутрашњим деловима паровода [70]. Поред тога, вишак кондензата може изазвати хидраулични удар са опасним последицама по систем [66].

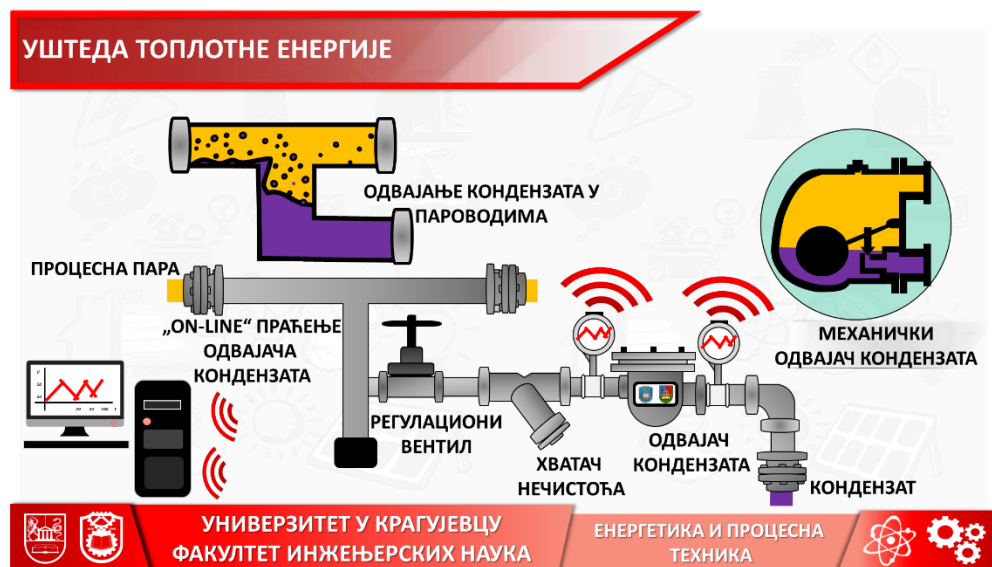
Основна улога одвајача кондензата јесте континуално одвајање паре од кондензата, елиминација ваздуха из парне инсталације, као и заустављање пролаза и губитака паре из парног простора инсталације, при истовременом савлађивању разлике притисака. Одвајачи кондензата представљају аутоматске вентиле који се користе у сваком систему за дистрибуцију паре. На тржишту постоји велики број различитих одвајача, а основна подела је на механичке (отварање на основу густине водене паре и кондензата), термодинамичке (на основу кинетичке енергије и притиска водене паре и кондензата) и термостатичке (на основу разлике температура водене паре и кондензата), а тип који ће се применити зависи од врсте и уређаја инсталираних у парној линији. Сваки од поменутих има своје предности и мане [56, 70, 71, 80].

У присуству паре они се аутоматски затварају, док са појавом кондензата они се отварају и уклањају настали кондензат. Исправан рад ових уређаја је од кључног значаја за добро и ефикасно управљање паром и кондензатом, па их је из тог разлога неопходно редовно пратити и одржавати (табела 7) [56, 70, 71].

Табела 7. Препоручени интервал тестирања одвајача кондензата у зависности од врсте система за дистрибуцију паре

ВРСТА СИСТЕМА	ИНТЕРВАЛ ТЕСТИРАЊА
ВИСОКО ПРИТИСНИ (надпритисак преко 10 bar)	<i>Недељно/Месечно</i>
СРЕДЊЕ ПРИТИСНИ (надпритисак од 2-10 bar)	<i>Месечно/Квартално</i>
НИСКО ПРИТИСНИ (надпритисак испод 2 bar)	<i>Годишње</i>

Одвајачи кондензата који губе пару, годишње могу да направе значајно велике губитке, далеко више од трошкова замене или поправке. Редовна контрола је важан део у правилном одржавању парних инсталација (слика 56).

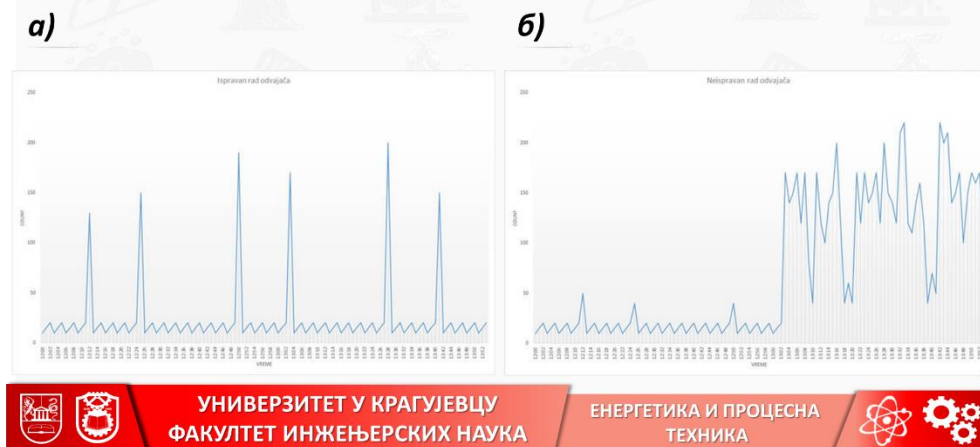


Слика 56. Контрола рада одвајача кондензата „On-line“ праћење

Бројне спроведене праксе показују да се у парним линијама број неисправних одвајача кондензата у просеку креће од 15-20%. Правилним одржавањем и правилним радом ових уређаја могу се остварити уштеде и до 10% енергије, а период отплате је свега неколико месеци [56, 70, 71, 80].

Додатна уштеда енергије може се постићи и аутоматским праћењем одвајача кондензата. Опрема која се користи прати различите параметре уз помоћ сонди (температура, вибрације итд.) (слика 57).

УШТЕДА ТОПЛОТНЕ ЕНЕРГИЈЕ



Слика 57. Приказ добијених резултата одвајача кондензата у софтверском програму фирме Emerson Electric/Automated Solution а) исправан рад одвајача кондензата, б) неисправан рад одвајача кондензата [101]

Уређај детектује и најмање неправилности у раду, и добијене информације се аутоматски шаљу контролном рачунару. Цео систем је интегрисан са рачунарима, а најновије врсте ових уређаја поседују и бежичну конекцију чиме се штеди на инвестицији и времену уградње. Овим праћењем може се уштедети и додатних 5% енергије, док је период отплате мањи од годину дана [56, 58, 81].

4.1.1.2.3 Изолација система за дистрибуцију паре

Изолација система за дистрибуцију паре (*изолација спољашње цеви и арматуре*) је један од најекономичнијих начина за повећање енергетске ефикасности. Коришћењем различитих изолационих материјала могуће је уштедети значајну енергију у парним системима.

Неизоловани делови паровода, као и цеви за поврат кондензата представљају константан извор изгубљене енергије [56]. Процењује се да је губитак од 35% топлотне енергије у системима за производњу и дистрибуцију паре. Изолацијом се могу смањити губици енергије за чак 90% [58]. Свака површина чија је температура изнад 48 °C потребно је да буде топлотно изолована, укључујући парне и повратне цевоводе-пароводе, вентиле, прирубнице, спојеве итд. (слика 58) [82].

Кључни фактори за одабир изолационог материјала укључују ниску топлотну проводљивост, стабилност услед промена температуре, отпорност на апсорпцију воде, отпорност на високе температуре, толеранцију на вибрације итд. Приликом уградње изолације потребно је водити рачуна о оптималној (*економској*) дебљини изолације која зависи од неколико фактора (*трошкова горива, броја радних сати у години, пречника цевовода и температуре цевовода, околне температуре, трошкова инсталације изолације, као и о период повраћаја уложених средстава*).

УШТЕДА ТОПЛОТНЕ ЕНЕРГИЈЕ

а)



б)



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

ЕНЕРГЕТИКА И ПРОЦЕСНА
ТЕХНИКА



Слика 58. Пароводи а) пример не-изолованог паровода, б) пример правилно изолованог паровода

Као најчешћи облик изолације користи се минерална вуна у алуминијумској облози (ламирана вуна, тврдо каширана-пресована и сл.). [56, 58, 82]. У табели 8. дат је приказ губитака топлоте на неизолованом делу паровода [82].

Табела 8. Губици енергије на неизолованом пароводу у зависности од радног притиска паре

ПРЕЧНИК ДИСТРИБУЦИОНИХ ВОДОВА	ГУБИТАК ТОПЛОТЕ НА ДУЖИНИ ДЕОНИЦЕ ОД 30 m [kWh/год.]			
	ПРИТИСАК ПАРЕ [bar]			
	1	10	20	41
25	41.0.29	83.525	109.901	145.070
102	121.624	249.110	328.239	439.606
305	309.189	644.756	852.836	1.148.838

Изолација се често оштећује или уклања, након чега се не врши поновна репарација исте. Оштећену или мокру изолацију потребно је одмах поправити или заменити. Такође, сталним визуелним посматрањем и праћењем (коришћење „ИС“ камера, редовно мерење температуре паровода, површина и арматуре) могу се значајно уштедети непотребни губици [59]. Период отплате санације или изолације парних система је мањи од годину дана [58].

4.1.1.2.4 Цурење система за дистрибуцију

Цурење система за дистрибуцију паре и поврат кондензата представљају неприхватљиву чињеницу у раду једног постројења. Ипак, ове појаве су свакодневне у великом делу индустрије, доводећи директно до губитака енергије (више напојне воде, више

горива за загревање, више хемикалија за третман воде), као повећањем емисија у атмосферу [58].

Санација пропуштања паре и кондензата је једна од првих могућности за смањење потрошње енергије. Пукотине, прирубнице, састави, вентили само су неки од места за цурење паре (слика 59). Губици настали њиховим цурењем чине 9%, од укупне потрошње енергије. Као пример може послужити једна студија случаја где је при пукотини од 1 mm, притиску 7 bar на цевоводу за дистрибуцију паре, губитак био 3.000 l лож уља, или 4.300 m³ природног гаса годишње [58]. Самом корекцијом нуди се веома брз поврат почетних улагања, а остварена уштеда енергије креће се у распону од 5-10% [58, 83].



Слика 59. Цурење паре а) услед лошег контакта на саставима, б) услед лошег затварања вентила [102]

4.1.2 Мере енергетске ефикасности за уштеду електричне енергије

Највећи део електричне енергије у млекарским погонима троши се на расхладне системе. Када се разматрају мере за побољшање енергетске ефикасности система за потрошњу електричне енергије неопходно је детектовати и анализирати сва места потрошње. Могућности за уштеду електричне енергије у овом делу индустрије су бројне.

4.1.2.1 Опште мере

Први најједноставнији начин са којим се могу остварити уштеде у потрошњи електричне енергије, подразумева искључивање опреме која се не користи. Веома често у индустријским предузећима бројни уређаји раде и ван радног времена (када престaje потреба за њиховим коришћењем). Искључивањем расвете, вентилатора, компресора и осталих машина ван потребе за њиховим коришћењем, као и коришћењем програмабилних временских прекидача (према задатом временском алгоритму укључују-искључују опрему), могу се остварити значајне уштеде у потрошњи електричне енергије (слика 60) [51].



Слика 60. Програмабилни временски прекидач [103]

4.1.2.1.1 Корекција фактора снаге (компензација реактивне енергије)

Потрошачи електричне енергије могу се поделити у две основне групе, термогене и реактивне. Термогени (*резистивни*) потрошачи целокупну електричну енергију претварају у топлоту, док се код реактивних потрошача јавља електромагнетно поље (*електростатичко поље*), односно поред отпорника имају завојнице (*намотаје, калемове*) и кондензаторе [51].

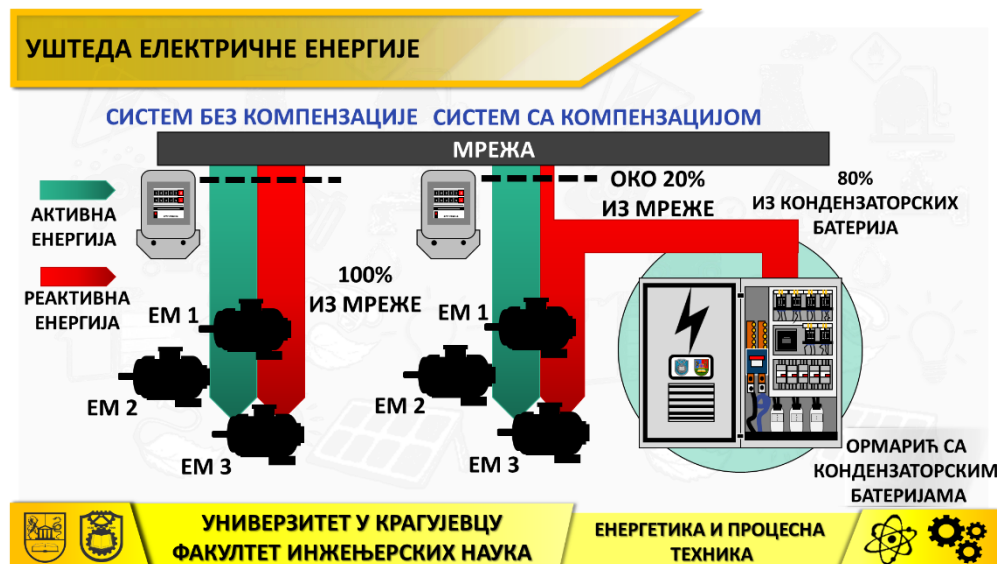
Протицањем струје кроз отпорне елементе обезбеђује се активна (*корисна*) снага. Активна енергија троши се за рад електричних уређаја код корисника (*обртање вратила електромотора, добијање светлости, стварање топлоте*), док индуктивни потрошачи (*једнофазни и трофазни асинхрони мотори, трансформатори, пригушнице, флуо-расвета, итд.*) у току свог рада поред активне енергије повлаче и реактивну енергију [51].

Реактивна енергија представља део укупне утрошене енергије која се користи за стварање магнетног поља у електричним машинама. За разлику од активне енергије коју потрошач трајно троши, ова енергија „осцилује“ између потрошача и извора, стварајући тако негативне последице по читав систем, оптерећујући преносне водове [51]. Трошкови реактивне енергије типично су одговорни за око 15% укупног рачуна за електричну енергију [83].

Величина која описује проценат утрошене реактивне енергије и систему јесте фактор снаге, који се дефинише као однос активне и привидне снаге неког потрошача [51]. Мања вредност фактора снаге представља већу количину преузете реактивне енергије.

Сама корекција фактора снаге је могућа употребом система за компензацију реактивне енергије, тј. употребом екстерних кондензатора (слика 61). Уз помоћ ове опреме (*употребом кондензаторских батерија*), просечан индустријски потрошач може повећати фактор снаге и на тај начин смањити рачуне за реактивну енергију, а самим тим и директно утицати на смањење месечних рачуна за струју. Такође, употребом ових система повећава

се расположива снага, смањују губици у преносним водовима, смањују падови напона и повећава се век трајања опреме [51, 83].



Слика 61. Компензација реактивне енергије употребом кондензаторских батерија

На тржишту се могу наћи различити типови компензације, односно постоје четири начина извођења компензације (*појединачна, групна, централна и мешовита*). Данас, најчешће примењивани тип јесте централна компензација. Овакав систем састоји се од неколико кондензатора и регулатора реактивне енергије. Уређај мери тренутни захтев потрошача са реактивном енергијом и према потреби се прилагођава и укључује одређени тип кондензатора [51]. На тај начин врши се компензација реактивне енергије читавог система. Поменути систем се примењује код великих погона са великим бројем електромотора.

Након компензације реактивне енергије, фактор снаге ће се у већини случајева кретати у распону од 0,95-0,99. Корекцијом фактора снаге могуће је остварити уштеде електричне енергије и до 80% [51, 84]. Компензација реактивне енергије представља једну од најатрактивнијих мера енергетске ефикасности са релативно кратким периодом отплате, а сама инвестиција се исплати у року од 6 месеци до 2 године [84].

4.1.2.2 Стратешки одабир електро мотора (ЕМ)

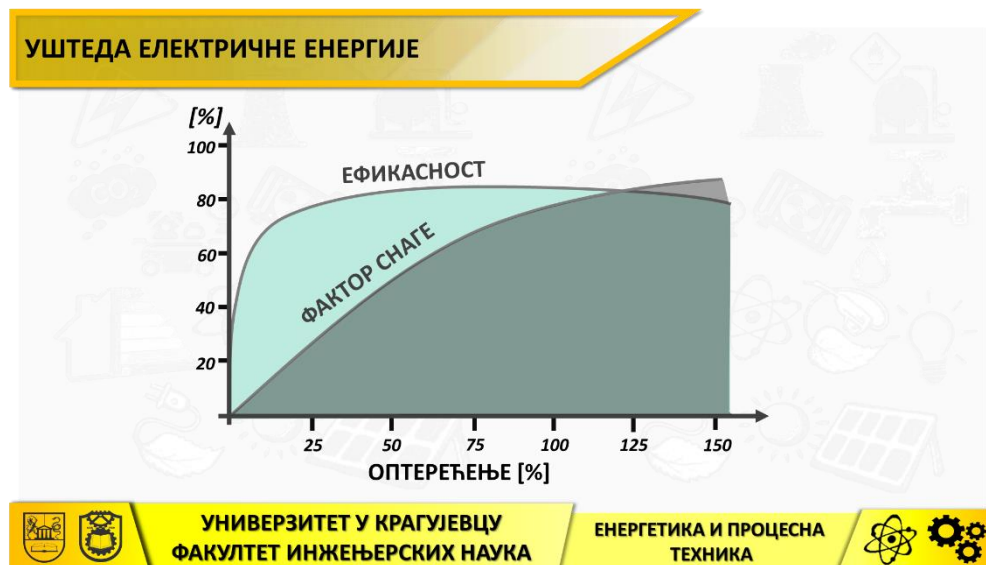
Електромотори представљају машине које претварају електричну енергију у механички рад. Процесни електромотори који се користе за обављање различитих операција у индустрији млека и млечних производа (*погон пумпи, компресора, сепаратора, и сл.*), генерално троше највећу количину енергије (*преко 40%*). Током животног века електромотора 95% преписује се трошковима енергије, док 5% припада трошковима куповине и одржавања електромотора [56, 85].

4.1.2.2.1 Предимензионисање ЕМ

Мере за повећање енергетске ефикасности електромотора често се занемарују, услед опште прихваћеног става да су веома ефикасни. Међутим степен корисности електромотора

зависи од његовог режима рада, односно од оптерећења које електромотор треба да савлада на вратилу (слика 62) [51].

Током рада електромотора јављају се неизбежни губици. Постоје две врсте губитака, односно фиксни који су независни од оптерећења и променљиви који зависе од оптерећења. Са насталим губицима долази до промене степена корисног дејства електромотора, док са променом оптерећења директно долази до промене фактора снаге (*мање оптерећење-мањи фактор снаге-мања ефикасност*) (слика 62) [51].



Слика 62. Зависност степена корисног дејства електромотора и фактора снаге од оптерећења

Највећи број електромотора у индустрији је предимензионисан. Чак 80% електромотора функционише са оптерећењима испод 70% (*40-50% електромотора ради са оптерећењима у интервалу од 30-60% од оптималног оптерећења*). Максимална енергетска ефикасност (*највећи степен корисности*) мотора постиже се при оптерећењима од 60-100% називног оптерећења (*просек око 75%*) [51, 56, 85].

Рад предимензионисаних мотора, са оптерећењима од 30-50% доводи до мање промене активне снаге, али значајнијег повећања реактивне енергије (*од 50-70%*). Предимензионисани мотори су скупљи од 50-100%, а повећани трошкови реактивне енергије премашују цену мотора [86]. Из тог разлога је потребно електромоторе димензионисати што ближе постављеним захтевима, како би се умањили непотребни губици.

Заменом предимензионисаних електромотора, моторима исправне величине може се смањити потрошња електричне енергије за 1,2%, док је за моторе мањих снага тај проценат и виши. Просечан период отплате је до 3 године, са просеком око 1,5 год. [51, 56, 58]. У табели 9. дат је пример уштеде енергије која би се остварила правилним одабиром електромотора. [58].

Табела 9. Уштеда електричне енергије правилно одабраним типом мотора

ПОТРОШЊА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ	ЕМ 1 БРОЈ РАДНИХ САТИ ЕМ 2.500 h/год.		ЕМ 2 БРОЈ РАДНИХ САТИ ЕМ 6.000 h/год.	
	7.5 kW (опт. 40% од номиналног)	3.7 kW (опт. 40% од номиналног)	110 kW (опт. 68% од номиналног)	75 kW (правилно димензионисан)
ГОДИШЊА ПОТРОШЊА [kWh]	17.813	17.813	627.000	427.500
УШТЕДА ЕНЕРГИЈЕ НА ГОДИШЊЕМ НИВОУ [kWh]	9.025		199.500	
УШТЕДА ЕНЕРГИЈЕ [%]	51%		32%	

4.1.2.2.2 Одржавање ЕМ

Основна сврха одржавања електромотора јесте остварити што дужи животни век самог мотора и предвидети евентуалне кварове (слика 63). Исправно одржавани електромотори имају неупоредиво мање губитака од мотора који се не одржавају [56].



Слика 63. Редовно одржавање ЕМ [104]

Одржавање је крајње једноставно, а мере одржавања могу се категорисати у две групе, као превентивне и предиктивне. Превентивне мере имају за циљ спречавање неочекиваних застоја мотора (*подмазивање лежачеја, електрична разматрања-комплетност електричне изолације, механичко подешавање, детаљно чишћење, неравнотежу напона*), док сврха предиктивног одржавања представља посматрање текућег стања (*праћење температуре мотора, вибрације и друге радне податке*). Уштеде које се могу остварити са програмом одржавања мотора су веома значајне и могу се кретати од 2-30% [56].

4.1.2.2.3 Премотавање ЕМ

Без обзира на степен одржавања електромотора, сваки од њих има свој животни век. Једна од уобичајених пракси при отказу ових машина јесте и „премотавање“, односно „викловање“ намотаја електромотора (слика 64). У неким случајевима премотавање може бити исплативије уместо куповине новог (*у појединим индустријама премотани електромотори чине и преко 50% од укупног броја ем.*). [56].



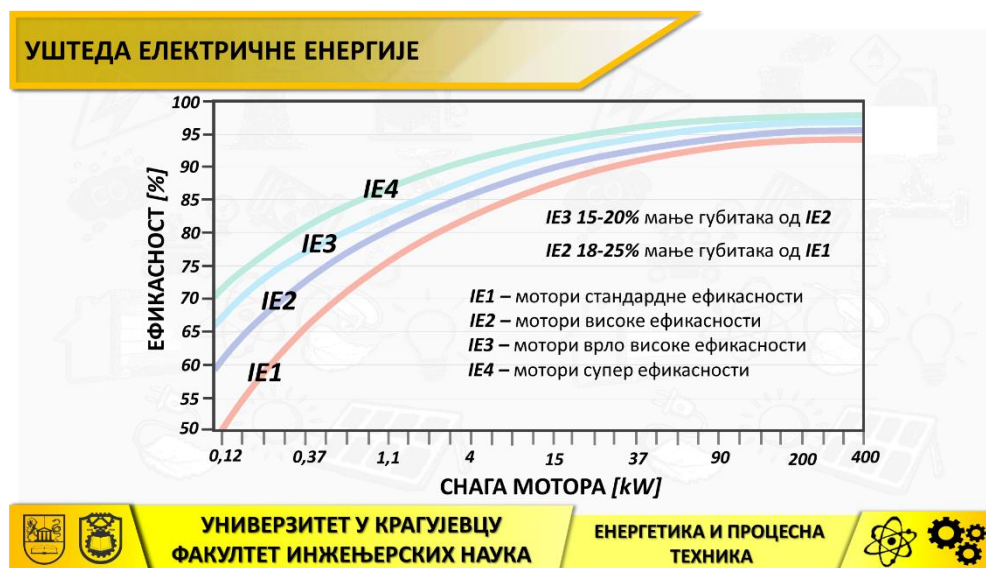
Слика 64. Премотавање „викловање“ ЕМ [105]

По правилу, када трошкови премотавања прелазе 60-65% од трошкова новог мотора, куповина новог представља бољи избор. При премотавању важно је одабрати сервисе који ће следити најбоље стандарде, јер уколико се премотавање не изведе на одговарајући начин, ефикасност самог мотора и фактор снаге ће опасти [56, 58]. Бројна истраживања која су спроведена показују да премотани мотори могу бити и до 5% мање ефикасни у односу на нове стандардне моторе [51].

4.1.2.2.4 ЕМ веће ефикасности

Током животног века једног електромотора, инвестициони трошкови постају занемарљиви у односу на трошкове утрошене енергије [51]. Електромотори у распону од једне године потроше електричну енергију чији су трошкови од 4-10 пута већи од трошкова куповине новог мотора [58]. Из тог разлога замена дотрајалих мотора новим, често је економски исплативија од уобичајене праксе поновног намотавања мотора.

Енергетски ефикасни мотори (данас постоје четири енергетске класе мотора „IE1“, „IE2“, „IE3“, „IE4“) имају бројне предности, пре свега, значајно смањују губитке енергије (кроз побољшану конструкцију, боље материјале, итд.), раде на нижим температурама, лакше се одржавају, дужи радни век лежајева и изолације, и смањене су вибрације (слика 65) [51]. Употребом енергетски ефикасних мотора могу се остварити уштеде од 5-6% енергије [85]. Цена имплементације високо ефикасних мотора је до 40% виша од стандардних мотора, међутим, уштеда енергије брзо враћа уложена средства, обично у року до 2 године [58].



Слика 65. Степен искоришћења четворополног асинхронног мотора

4.1.2.2.5 Употреба фреквентних регулатора („VFD“)

Поред великог броја метода за уштеду електричне енергије у једном индустријском погону, највећа уштеда се може остварити усклађивањем функционалних карактеристика електромотора са захтевима машине коју погони [51]. У индустрији млека и млечних производа те машине су пумпе (*највећи број*), затим вентилатори и компресори.

Системи за дистрибуцију радних флуида веома ретко захтевају максималне протоке. Режији рада машина варирају и веома често раде са променљивим количинама протока. Практично, пумпе, компресори и вентилатори често раде без контроле брзине, односно системи раде током највећег дела времена стварајући губитке, трошећи непотребно енергију [51, 86].

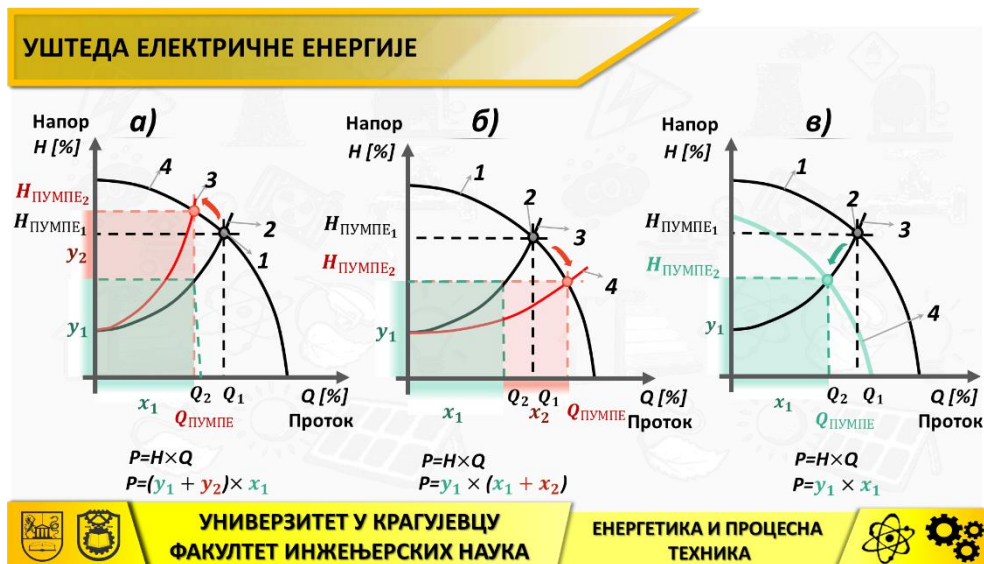
Да би се промена протока коју машина дистрибуира у систем остварила, приступа се различитим методама (*управљање пригушивањем, промена угла лопатица, промена ширине радног кола, управљање „by-pass“ оптичним водом итд.*) (слика 66) [51]. У зависности од врсте и карактеристика машине, зависиће и начин регулације.

Најефикаснији метод варирања протока јесте промена, односно регулација угаоне брзине вратила радног кола машине. За регулацију угаоне брзине у највећем броју случајева користе се електронски уређаји, а најпопуларнији представници су тзв. фреквентни регулатори „VFD“ (слика 66) [51].



Слика 66. Неки од типова регулације код пумпи а) управљање пригушивањем, б) управљање „bypass“ оптичним водом, в) управљање „VFD“ регулатором

Фреквентни регулатори омогућавају промену брзине електромотора, претварајући фиксиране вредности (улазни напон и фреквенцију) у променљиве величине. Употреба ових уређаја нуди бројне предности (уштеда енергије, оптимизација процеса-упрошћавање цевног система избацивањем пригушних и бајпас вентила, „мекан“ рад машине-могућност меканог старта и заустављања, мањи трошкови одржавања, повећање поузданости) (слика 67) [51, 58, 86].



Слика 67. Приказ дијаграма у зависности од типа регулације код пумпи а) управљање пригушивањем (1-радна тачка, 2-карактеристика цевовода (пре промене протока), 3-карактеристика цевовода (након промене протока), 4-карактеристика пумпе), б) управљање „bypass“ оптичним водом (1- карактеристика пумпе, 2- радна тачка, 3- карактеристика цевовода (пре промене протока), 4- карактеристика цевовода (након промене протока)), в) управљање „VFD“ регулатором (1- карактеристика пумпе, 2- радна тачка, 3- карактеристика цевовода, 4- карактеристика цевовода (након промене протока))

Употребом фреквентних регулатора, могу се остварити уштеде енергије и до 70%, са периодом отплате до 2 године [58, 86]. Међутим, ефикасност фреквентних регулатора, као и степен корисности машине зависе од неколико фактора, пре свега карактеристике транспортних система (*цевовода*), величине електромотора (*карактеристика машине*), годишњег броја радних сати у сваком могућем радном режиму (*уштеда је највећа уколико машина ради са делимичним капацитетом у веће броју радних сати*), ефикасности фреквентног регулатора (*варира и зависи од оптерећења електромотора*), номиналне снаге машине (*предимензинисање*) [51].

4.1.2.3 Уштеда енергије код расвете

У зависности од врсте индустрије, потрошња електричне енергије која се користи за вештачко осветљење значајно варира [51]. У индустрији млека и млечних производа потрошња електричне енергије која се користи за осветљење креће се до 10%. Бројна побољшања и иновације у области осветљења довели су до различитих могућности за уштеду енергије. Основне мере које се примењују су [51, 56, 58]:

- *Замена сијалица и баласта;*
- *Уградња светиљки са високом светлосном ефикасношћу;*
- *Искључивање сијалица када нису потребне/регулација осветљења;*
- *Одржавање система.*

4.1.2.3.1 Замена сијалица и баласта

Електрични светлосни извори су вештачки светлосни извори који претварају електричну енергију у светлосну. Према начину претварања енергије, светлосни извори се могу поделити у четири основне групе (слика 68) [51].



Слика 68. Различити типови сијалица

У многим индустријским објектима, у погонима, халама и радним просторима уобичајено је да се користе флуоресцентне сијалице T-12 (*пречник цеви 38 mm*) [51]. Ове врсте сијалица троше значајне количине електричне енергије, трошкови одржавања су високи, имају изузетно лошу ефикасност, век трајања и индекс приказивања боја.

Флуоресцентне сијалице *T-8* (пречник цеви 26 mm) имају приближно двоструку ефикасност у односу на *T-12* и могу трајати и до 60% дуже, што директно доводи до уштеде у потрошњи енергије и трошковима одржавања [56]. Из тог разлога флуоресцентне сијалице *T-8* замењују *T-12*. Типична уштеда енергије креће се око 30%. Још бољи резултати постижу се још ефикаснијом флуоресцентном сијалицом *T-5* [51, 56].

На местима где се користе инкадесцентне сијалице, пожељно је исте заменити ефикаснијим, компакт флуоресцентним или лед сијалицама. Компакт флуоресцентне сијалице у поређењу са инкадесцентним имају 4 пута већу светлосну ефикасност (*ефикасност претварања електричне енергије у светлост*), док су потрошња електричне енергије (*мања до 80%*) и радни век (*8 пута дужи*) знатно ефикаснији. Код ових сијалица смањени су трошкови одржавања, иако су трошкови набавке и до 10 пута већи од инкадесцентних сијалица [51].

Коришћење лед сијалица и односу на инкадесцентне сијалице може уштедети потрошњу електричне енергије од 80-90%. Предности лед сијалица у односу на инкадесцентне су бројне, пре свега, светлосна ефикасност лед сијалица је 6 пута већа, век трајања је знатно дужи (лед сијалице просечно трају око 10 година), док су трошкови набавке просечно око 5 пута већи од инкадесцентних сијалица [51, 56].

На локацијама где приказ боја није критичан, користе се гасне сијалице (*сијалице са металним парама*). У групу сијалица са металним парама, убрајају се живине високог притиска, (*ХПМ*), натријумске високог притиска (*ХПС*), натријумске ниског притиска (*ЛПС*) и металхалогене (*МХ*) [51].

Када је у питању коришћење поменутих сијалица, потребно је избегавати коришћење живиних као енергетски неефикасних. Боље је дати предност натријумским високог притиска и металхалогеним. Употребом ХПС сијалица могу се остварити уштеде енергије и до 60%, имају дужи век трајања, цена им је нижа, али зато имају и нижи индекс репродукција боја. Употребом МХ сијалица у односу на ХПМ обезбеђује се бољи квалитет светлости, а уштеда енергије је до 50%. [51].

Светлосне флуо цеви и сијалице са пражњењем високог интензитета садрже контролни механизам, односно starter и пригушницу (*баласт*) (слика 69). Основна улога ових уређаја је да регулишу количину електричне енергије потребне за покретање сијалице и одржавања сталног светлосног излаза. Построје три врсте пригушница, и то магнетне, хибридне (*електромагнетне*) и електронске [51].

Стандардне електромагнетне пригушнице троше од 10-20% електричне енергије у системима за осветљење. Електронске пригушнице штеде електричну енергију у односу на магнетне од 12-30%. Поред тога, електронским пригушницама елиминишу се треперења светлости, неприкладно зујање, остварује се брже време паљења, затим могућност мекшег паљења (*чиме се остварује дужи животни век до 50%, смањујући трошкове одржавања*), као и могућност рада на нижим температурама, што је посебно важно у хладњачама. Такође, нове врсте пригушница имају могућност аутоматског искључивања неисправних или истрошених сијалица. Заменом мање ефикасних сијалица, енергетски ефикасним, као и употребом ефикаснијих пригушница остварују се значајне уштеде. Период повраћаја уложених инвестиција је испод 2 године [51].



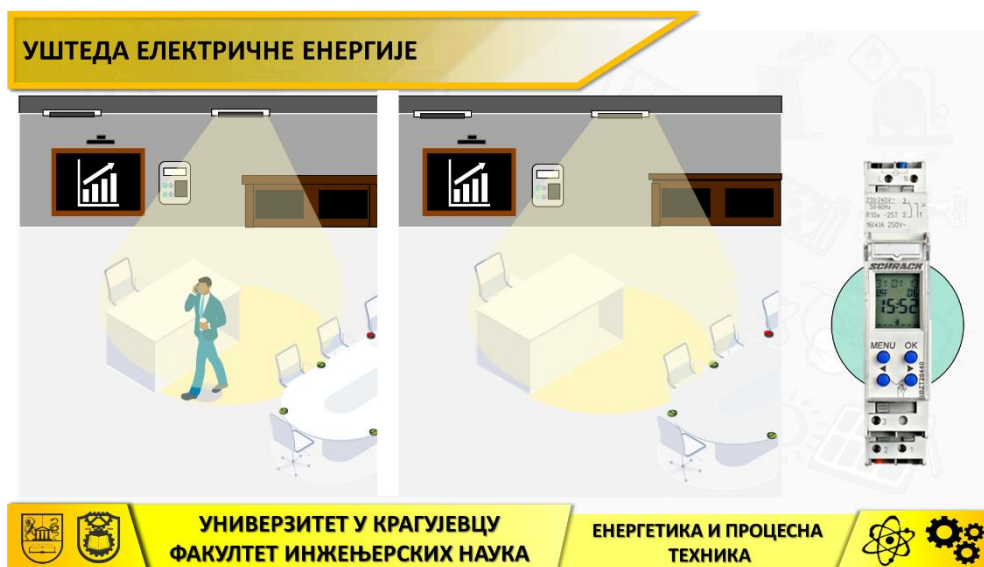
Слика 69. Светлосна флуо цев са баластом

4.1.2.3.2 Аутоматска регулација осветљења

Лака, ефикасна и најједноставнија мера за уштеду електричне енергије за расвету јесте искључивање сијалица када нису потребне. Само осветљење се може искључити током непотребног периода (*током нерадних сати, не присутности особља и сл.*) [51, 56].

Мера која може допринети значајним уштедама јесте регулација, односно „паметна“ контрола осветљења, захваљујући којој се могу остварити уштеде од 20-50% (*у канцеларијама и индустријским погонима*). Контрола може бити изведена ручном манипулацијом или аутоматским управљањем. Ручна контрола (*регулација*) осветљења подразумева мануелно укључивање/искључивање расвете у просторијама где постоји потреба за различитим нивоом осветљења (*у просторијама нема присутних или су делови просторија осветљени адекватним дневним извором светлости*). Код аутоматске регулације осветљења подразумева се употреба временско управљачких система, система присутности, као регулационе системе контролисане нивоом дневне светлости [51, 56].

Временско управљачки системи укључују/искључују светло у складу са задатим планом (слика 70). Такође, код ових система постоји и могућност да људи који бораве у просторијама заобиђу управљачки систем и врше регулацију по потреби [51].



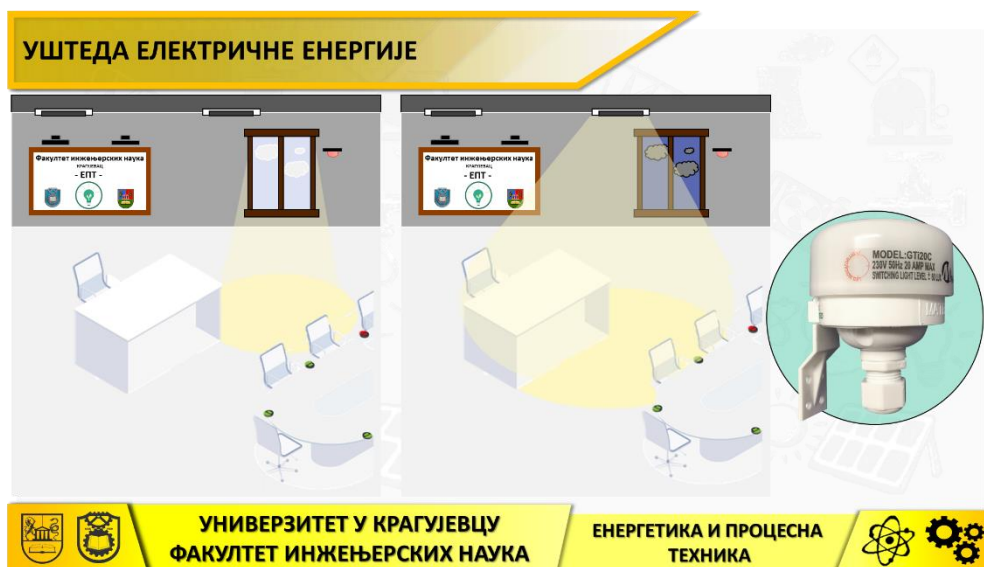
Слика 70. Временско управљачки систем осветљења

Системи присутности укључују осветљење у тренуцима када је детектовано присуство људи, док исто искључују када је простор напуштен (слика 71). Основни принципи рада заснива се на сензорима који користе инфрацрвене, звучне, ултразвучне или микроталасне сигнале откривајући буку или покрете у просторијама (*уштеда 10-20%*) [56].



Слика 71. Сензори присутности

Регулациони системи контролисани нивоом дневне светлости, тј. фото-сензори, уз помоћ фотоелектричних ћелија мере количину дневне светлости (слика 72). На основу измерених вредности подешавају количину вештачког светла [51].



Слика 72. Фото сензори (контрола нивоом дневне светлости)

Инсталација аутоматских регулатора пригушења светлости, представља најновију врсту технологија. Основни принцип рада ових уређаја заснива се на мерењу осветљености испод светлећег тела. Пригушивање сијалица, односно осветљености врши се према количини расположиве дневне светлости, електрична енергија коју троши сијалица директно је пропорционална светлосном флуксу извора [51]. Захваљујући овим уређајима могу се остварити уштеде електричне енергије од 20-30% [58].

Коришћење дневног светла представља још једну у низу ефикасну методу за уштеду енергије. Имплементацијом ове мере користи се природно светло са основним циљем минимизације вештачког осветљења. Повећањем нивоа дневне светлости може се смањити електрично осветљење до 70%. За разлику од осталих типова и мера енергетске ефикасности, мера коришћења дневног светла примењује се код нових грађевинских објеката, у фази пројектовања. Систем коришћења дневног светла укључује прозоре са аутоматски контролисаним ролетнама, прозоре на спратовима, светларнике и сл. [51, 56].

4.1.2.3.3 Одржавање система

Правилан избор светлосног извора, пригушница (*баласта*) и електричних светиљки директно утиче на ефикасност система осветљења. Међутим, још један параметар који утиче на ефикасност јесте и начин одржавања и чишћења система осветљења.

Светлосни уређаји и инсталације сакупљају временом прашину и инсекте, што доводи до смањења осветљења (*око 40%*) и повећава производњу топлоте. Повременом провером и чишћењем самих светлосних извора и инсталација утиче се на очување и правилну расподелу нивоа осветљења (слика 73) [51].



Слика 73. Ефекат одржавања и чишћења сијалица на ниво светлосног излаза

4.1.2.4 Расхладни системи

Главна примена ових система у индустрији прераде млека и производње млечних производа јесте одржавање квалитета, тј. успоравање непожељних промена хемијских, биохемијских и структурних карактеристика разних производа (*хладно складиштење*), током процеса хлађења за време производних процеса, за процесе замрзавања производа као и за стварање и одржавање одговарајућих услова (*климатизација просторија у којима се ради и обављају производне активности*) [56, 58].

У типичном систему који се употребљава за потребе хлађења готових производа, односно током хладног складиштења користе се расхладни системи са механичком компресијом паре (слика 74). Ови системи су најзаступљенији у овом делу индустрије.



Слика 74. Хладно складиштење готових производа

Поменути системи састоје се од четири главне компоненте, и то, од компресора, кондензатора, експанзионог вентила и испаривача (слика 75). У првој фази расхладног циклуса, расхладно средство као гас ниског притиска улази у компресор.



Слика 75. Принципијелна шема рада расхладног система (са механичком компресијом паре)

Компресор под притиском претвара расхладно средство у гас високог притиска, након чега врући гас циркулише до кондензатора. У кондензатору се врући гас хлади преко размењивача топлоте средством за хлађење (*најчешће ваздухом*), због чега се кондензује у врућу течност. Врућа течност, (*расхладно средство*) пролази кроз експанзиони вентил, који смањује притисак течности, узрокујући снижавање температуре. Тако охлађено средство пролази кроз испаривач, где прихвата (*апсорбује*) топлоту из своје околине, због чега испарава у гасовито стање, ниског притиска. Из испаривача гас ниског притиска враћа се назад у компресор, завршавајући циклус расхладног система [56].

Велика већина расхладних система користи амонијак као расхладно средство. Одликују га висока енергетска ефикасност, одличне термодинамичке особине (*висока латентна топлота испаравања*), ниска цена, лака детекција због јаког и оштрог мириса (*рано откривање цурења*) [56, 87].

Табела 10. Трошкови током рада расхладних система (расхладни индустријски системи)

ПРОМЕНА РАДНИХ УСЛОВА	ПОВЕЋАЊЕ ТРОШКОВА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ
ПОВЕЋАЊЕ T_{cond} за 1 °C	2-4%
СМАЊЕЊЕ T_{evap} за 1 °C	2-4%
НЕАДЕКВАТНО УПРАВЉАЊЕ	до 20%
ЛОШЕ УПРАВЉАЊЕ ПРАТЕЋЕ ОПРЕМЕ СИСТЕМА	до 20%

Расхладни системи представљају значајног потрошача електричне енергије у млекарској индустрији (*трошкови енергије расхладних система чине и до 70% у прехрамбеној индустрији*). Променом радних карактеристика компоненти расхладних система, долази до повећања трошкова електричне енергије и до 20% (табела 10) [56, 88].

У овом поглављу биће поменуте неке од најзначајнијих мера енергетске ефикасности расхладних система. Генерални концепт енергетске ефикасности расхладних система базира се на следећим мерама [51]:

- *Избор одговарајућег решења расхладне инсталације;*
- *Коришћење енергетски ефикасне опреме;*
- *Редовно одржавање система у циљу одржавања пројектоване ефикасности.*

4.1.2.4.1 Инфилтрација топлоте у просторије за хлађење

Већа потрошња електричне енергије (10-20%) у расхладним постројењима може бити проузрокована инфилтрацијом топлог спољног ваздуха кроз врата у просторије за хлађење. Инфилтрацијом топлоте долази до већег оптерећења расхладног система, а такође долази и до формирања леда на подовима и зидовима хладног складиштења (*лед указује да је пуно свежег ваздуха ушло у простор за складиштење, преносећи влагу која одаје топлоту и том приликом се смрзава*) [56]

Многа постројења се ослањају на добру праксу самих оператера, да држе врата затвореним, али то није увек ефикасно. Постављањем рол-врата, аутоматских врата или постављањем гумених трака (*завеса*) на улазним вратима оваквих просторија, услед честог и дугог отварања, може се смањити пораст температуре на минимум (слика 76). Имплементацијом оваквих мера могу се остварити уштеде са периодом отплате од 6 месеци до 3 године [56, 78].



Слика 76. Аутоматска рол-врата за просторије хладног складиштења [106]

4.1.2.4.2 Минимизација других извора топлоте током хладног складиштења

Изворе топлоте унутар просторија за хладно складиштење (*осветљење, вентилатори, чак и особље*) потребно је смањити на минимум, јер расхладни системи морају одстранити додатну топлоту која је настала. Бројним анализама утврђено је да топлота вентилатора испаривача утиче на оптерећење расхладног система, повећавајући га за 15%, као и да топлота осветљења оптерећује расхладни систем за додатних 10% [56].

Минимизацијом појединих извора топлоте (*осветљења, вентилатора*) могуће је смањити топлотно оптерећење климатизованог објекта. Употребом сензора, тајмера (*коришћење светла само када је то потребно*) и енергетски ефикасних сијалица могу се остварити значајне уштеде електричне енергије. Аутоматизовани системи и фреквентни регулатори могу искључити и смањити брзину вентилатора током времена смањеног оптерећења. Неколико студија случаја показало је да је период отплате краћи од 6 месеци у млекарама које су примениле мере за смањење извора топлоте у хладним складиштима [56, 78].

4.1.2.4.3 Праћење перформанси система

Правилним надгледањем и праћењем перформанси расхладних система могу се на време открити евентуални проблеми и кварови. На тај начин избегавају се велики трошкови поправке и замене, а са друге стране обезбеђује се оптималан рад читавог система [56].

Надгледање укључује прегледе (*визуелне, мераче, или напредне сензоре и управљачке системе за надгледање засноване на рачунару*) на кључним тачкама расхладних система (слика 77). Основи систем функционише тако што се непрекидно прати и евидентира рад самих уређаја, проверавајући задате притиске и температуре [56].



Слика 77. Континуално праћење притиска на улазу и излазу из компресора

Као пример може послужити непрекидно праћење притиска на улазу и излазу из компресора. Пад притиска на уласу обично показује на цурење расхладног средства, док пораст притиска пражњења на излазу може указивати на блокиран кондензатор. У идеалном случају, системи за надгледање треба да имају могућност пружања информација о нивоу

система и компонената радном особљу. Имплементацијом система за праћење могу се остварити уштеде електричне енергије око 3% [56].

4.1.2.4.4 Правилно пуњење расхладног система и провера исправности

Ниско пуњење расхладних система средствима за расхлађивање утиче на погоршавање перформанси система и енергетске ефикасности. Са друге стране, превелика количина средстава (*тј. прекомерно пуњење*), такође може утицати на негативно на енергетску ефикасност. Оба поменута случаја могу повећати потрошњу енергије система за 20%. Редовно надгледање и одржавање нивоа расхладне течности је јако важно за правилно обезбеђивање оптималних перформанси система (слика 78) [56].



Слика 78. Процес пуњења расхладних система [107]

Расхладна средства потребно је периодино прегледати, да ли у њима има загађења попут уља, воде и других непожељних примеса, што може додатно отежати рад система. Уклањањем непотребних загађења, могу се остварити уштеде енергије око 2% [56].

4.1.2.4.5 Изолација цеви расхладног система

Изолацијом неизолованих и слабо изолованих цеви са расхладним флуидом могу се елиминисати негативни ефекти (*неостваривање захтеваних радних параметара*) настали инфилтрацијом топлоте (*цеви апсорбују топлоту из околине*) (слика 79). Такође, редовним праћењем, визуелним проверавањем и санацијом цевовода могуће је спречити пропадање изолације, откривањем евентуалних пукотина и пропадањем исте, спречавајући се на тај начин улазак влаге, која доводи до стварања леда на цевоводу [56, 88]. Процењује се да је типична уштеда енергије преписана побољшаној изолацији око 3%, са периодом отплате краћим од 2 године [56].



Слика 79. Правилно изоловане цеви расхладног система [108]

4.1.2.4.6 Смањење притиска и температуре кондензације

Да би се смањила енергија потребна за компримовање расхладног средства, притисак и температуру кондензације потребно је поставити што је могуће мањом. Рачунарски аутоматизовани контролори могу се инсталирати на кондензацијским системима и на тај начин смањити притисак и температуру, корекција истих према амбијенталним температурама. На овај начин врши се оптимизација употребе вентилатора и саме воде кондензатора (*зависно од примењеног типа кондензатора*). Снижавањем температуре кондензације може се смањити потрошња енергије компресора за око 2-3% за сваки 1°C [56].

4.1.2.4.7 Одржавање кондензатора

Уклањањем препрека (*блокада*) протока ваздуха (*код ваздухом хлађених кондензатора*), кроз и око расхладних уређаја растеређује се читав систем хлађења. Нагомилавањем прљавштине која се временом формирала, смештањем производа и других непожељних ствари попут кутија, полица итд. на местима око кондензатора директно се утиче на смањену ефикасност расхладних система и инсталација, повећавајући на тај начин температуру кондензације (слика 80). Такође, код водом хлађених кондензатора тврда вода или вода у којој су се накупиле бактерије временом, проузрокују зачепљење самих размењивача топлоте што додатно утиче на повишење температуре кондензације. Уопштено, повећањем температуре кондензације повећавају се оперативни трошкови за 2-4% [56, 88].

УШТЕДА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

ЕНЕРГЕТИКА И ПРОЦЕСНА
ТЕХНИКА



Слика 80. Чишћење кондензатора (пре и после)

4.1.2.4.8 Употреба аксијалних вентилатора код кондензатора

Кондензатори хлађени ваздухом углавном не захтевају рад (*ваздух*) на високим притисцима. Аксијални вентилатори су добро прилагођени овој апликацији. Њиховом употребом могуће је смањити потрошњу енергије вентилатора и компресора и до 50%, у односу на центрифугалне вентилаторе (слика 81) [56].

УШТЕДА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

а)



б)



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

ЕНЕРГЕТИКА И ПРОЦЕСНА
ТЕХНИКА



Слика 81. Кондензатор а) са центрифугалним вентилаторима, б) са аксијалним вентилаторима [109]

Такође, понекад вентилатори кондензатора раде континуално, чак и када компресор расхладног система не ради. Оваквом праксом беспотребно се троши енергија. Рад вентилатора, где год постоји могућност, потребно је повезати са радом компресора како би се осигурао рад вентилатора само по потреби.

4.1.2.4.9 Одржавање испаривача

Правилним одржавањем испаривача значајно ће се повећати његов капацитет за хлађење. Учесталост отапања зависи од врсте самих испаривача, па тако од 1-2 пута на сат код оребрених испаривача с малим кораком оребрења, до 1 месечно код испаривача са глатким цевима и природним струјањем ваздуха. Постоји неколико типова отапања (*природно отапање-интензивно струјање ваздуха у коморама за хлађење, водом из водовода-ефикасније од првог поменутог, електрично отапање, отапање топлотом паром са потиса компресора-врло ефикасан начин који се примењује код већих расхладних постројења*), а примењени начин зависи од величине расхладног постројења. Смањење температуре испаривача на нижу температуру од потребне доводи до повећања потрошње енергије у расхладним системима од 1-4% за сваки 1°C додатног хлађења (слика 82) [56, 88].



Слика 82. Формирање леда на испаривачу [110]

4.1.2.4.10 Подесива брзина вентилатора (кондензатори и испаривачи)

За расхладни систем са великим разликама између инсталираних и радних капацитета кондензатора, употребом фреквентних регулатора на вентилаторима кондензатора могу се остварити значајне уштеде енергије у поређењу са вентилаторима са фиксним брзинама. Ова мера је могућа само код система код којих компресори раде на сталним пројектованим притисцима. Употребом регулатора може се смањити потрошња енергије до 40%, у односу на вентилаторе са фиксним брзинама [56].

Као и код кондензаторских вентилатора, за расхладни систем са превеликим капацитетом испаривача, уградња фреквентних регулатора може довести до уштеде енергије у поређењу са вентилаторима са фиксним брзинама (слика 83). Исплативост уградње регулатора зависи од броја радних сати вентилатора у условима делимичног оптерећења. Приликом анализе спроведене за седам испаривача, на температури од -20°C, употребом фреквентних регулатора на вентилаторима и смањењем оптерећења за 50%, установљено је да је потрошња енергије 20% нижа од вентилатора са фиксном брзином у истим радним условима [56].



Слика 83. Употреба фреквентних регулатора (кондензатори и испаривачи)

4.1.2.4.11 Компресори

Код расхладних система најчешће се примењују запремински компресори, тј. клипни, завојни и спирални, док центрифугални компресори најчешће налазе примену у процесима климатизације (слика 84). Приликом правилног одабира компресора, најбитније је одабрати врсту компресора која највише одговара режимима рада пројектованог система (коефицијент перформанси система „COP“ потребно је да буде што виши) [58, 88].



Слика 84. Најчешће примењивани тип компресора у расхладним системима а) клипни, б) завојни, в) спирални

Капацитет компресора мора бити усклађен са оптерећењем. Уколико је компресор предимензионисан, ако ради при делимичном оптерећењу, његова енергетска ефикасност се може значајно умањити [51]. Потрошња енергије компресора у оваквим системима креће се обично од 80-100%, стога је јако важно да систем ради под оптималним условима. На

количину утрошене енергије коју користи компресор утичу тип компресора, оптерећење и температурна разлика система [58]. Више речи о мерама за уштеду енергије код компресора биће споменуте у наредном одељку.

4.1.2.5 Системи компримованог ваздуха

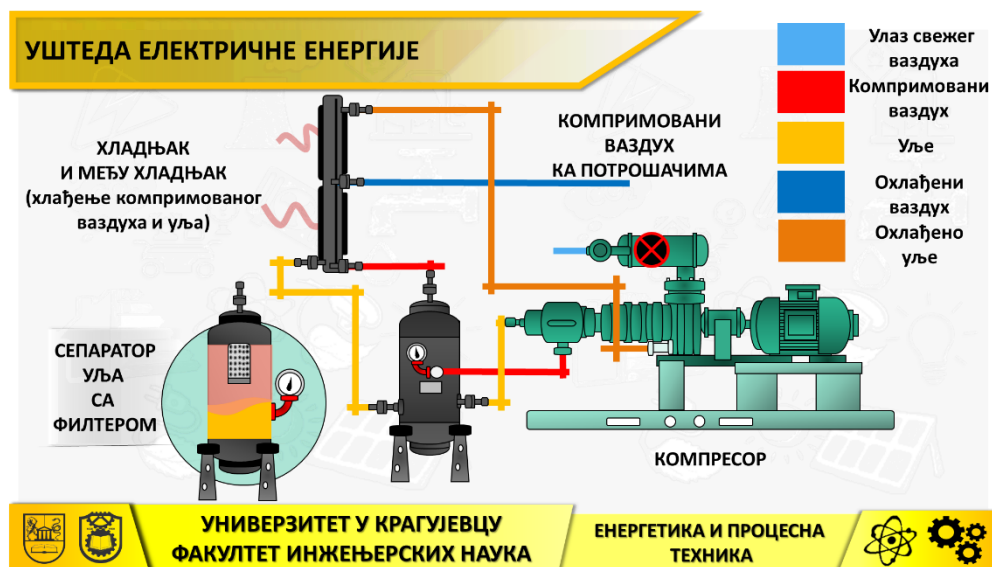
Систем компримованог ваздуха представља један од најнеефикаснијих система у индустрији [56]. Без обзира на бројне предности које пружа један овакав систем (*може се користити у свим окружењима, ваздух је широко доступан, цурење ваздуха не угрожава здравље, а сам ваздух није загађивач радних просторија, обезбеђује лако транспортно и обртно кретање итд.*) током његовог рада троши се значајна количина електричне енергије. Од укупне количине употребљене енергије само 10-30% искористи крајњи потрошач (*око 80% електричне енергије се изгуби као отпадна топлота*) (слика 85) [51, 58]. Из тог разлога, неефикасност ових система потребно свести на најмању могућу меру [89].



Слика 85. Расподела утрошене електричне енергије код система за компримовани ваздух

Многе могућности за смањење потрошње енергије у системима компримованог ваздуха нису претерано скупе, а рокови повраћаја уложених средстава могу бити изузетно кратки [56]. Правилним коришћењем, унапређивањем компонената, као и читавог система компримованог ваздуха могу се остварити уштеде од 5-50% енергије. Такође, имплементацијом појединих мера, могу се редуковати остали трошкови система, смањити време застоја током рада и повећати сама продуктивност читавог погона [51, 90].

Основни елементи система компримованог ваздуха су компресорска станица коју чине компресор, управљачки систем, међухладњак за ваздух, хладњак за уље, сепаратор уља и воде, као и остала пратећа опрема (*манометри, термометри, вентили, оклопа око кућишта компресора, филтери ваздуха, сушачи за ваздух, резервоар за ваздух итд.*). У зависности од потреба и примене компримованог ваздуха разликоваће се опрема целокупног система (слика 86).



Слика 86. Принципијелна шема (вијчани компресор)

Компресори се могу поделити на више различитих начина, а основна подела се врши према принципу рада. Па тако, постоје запремински компресори и турбокомпресори. Код запреминских компресора (*клипни, спирални, мембрански обртно-крилни и завојни*) претварање механичког рада у струјну енергију радног флуида (*ваздух, гас*) остварује се периодичном променом радне запремине, док код турбокомпресора (*центрифугални и аксијални турбокомпресори*) врши се пораст притиска при опструјавању радног флуида око лопатица радног кола турбомашине [88]. При правилном избору компресора мора се узети у обзир неколико фактора [51]:

- *Погонска група*
- *Локација на којој се поставља компресор*
- *Начин управљања*
- *Систем за дистрибуцију*
- *Резервоари*
- *Накнадни хладњаци и сепаратори*
- *Сушачи*

4.1.2.5.1 Управљање радом компресора

Основни задатак управљања компресорским системима јесте усклађивање производње компресора са захтевима потрошње (*делимично или потпуно ограничити запремину ваздуха која се убацује у систем у складу са жељеним-задатим притиском*). Да би се остварио ефикасан рад и врхунске перформансе, неопходно је правилно управљање читавим системом компримованог ваздуха [51].

Произвођачи компресорских станица нуде велики број опција различитих управљачких система, а тип и начин управљања зависиће у великој мери од типа примењеног компресора и профила потрошње ваздуха у постројењу (*индустријски ваздух, процесни ваздух, ваздух за дисање итд.*). У системима у којима постоји само један компресор и уколико је потрошња ваздуха равномерна довољан ће бити само једноставан управљачки систем, док код система у којима се користи велики број компресора и постоји

променљива потрошња (*велики број различитих потрошача*), потребно је користити комплекснију стратегију управљања [51].

Без обзира да ли у систему постоји само један компресор или више њих, веома је важно да сваки компресор ради под оптималним условима (*максимална количина ваздуха у јединици времена са најмањим утрошком енергије*). Делимично оптерећени системи су веома критични и неефикасни, као пример може послужити неоптерећени ротациони завојни компресор, који троши од 15-35% снаге од пуног оптерећења при делимичном оптерећењу. Перформансе компресора и читавих система за дистрибуцију ваздуха зависе од стратегије управљања. Основне врсте управљања радом компресора могу се поделити у две групе [51].:

- *Дискретно управљање протоком (капацитетом) компресора,*
- *Континуално управљање протоком (капацитетом) компресора*

Дискретно управљање протоком је најчешће коришћени систем, који подразумева дискретно управљање и варијацију притиска између две задате вредности. Дискретно управљање се изводи као „on/off“ (*искључивање/укључивање*) метода или као управљање празним ходом (*метода растерећења компресора*) [51].

Основни принципи деловања „on/off“ методе управљања заснива се на искључивању погонског мотора компресора када је притисак у систему достигао задату вредност. Временом када притисак опадне (*услед настављања потрошње*), до одређене минималне задате вредности погонски мотор се поново укључује и притисак у систему поново почиње да расте. Овај принцип управљања је најједноставнији и енергетски ефикасан, али захтева велики број прекида рада погонског мотора и поновног укључивања, што за последицу има прегревање електромотора и повећане трошкове одржавања осталих компонената, па га не би требало користити у системима који захтева велики број прекида рада. Како би се смањио број искључивања/укључивања обично се непосредно после компресора уграђује резервоар под притиском (слика 87). Поменута метода се примењује код малих агрегата погонске снаге до 10 kW [51, 91].



Слика 87. Резервоар под притиском (складиштење компримованог ваздуха) [111]

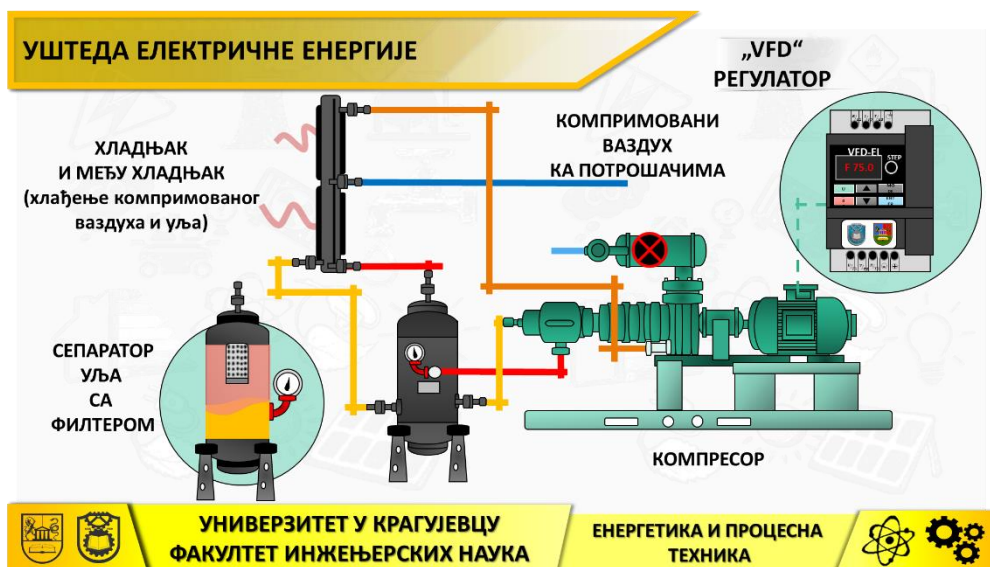
Код управљања празним ходом, систем дозвољава електромотору компресора да ради континуално, док се растерећење постиже када притисак достигне одређену вредност. Такође, да би се повећала ефикасност система управљања, чест је случај да се после одређеног времена рада у празном ходу, електромотор компресора искључи. Растерећење компресора се може остварити на три начина, и то [51, 91]:

- **Управљање испуштањем ваздуха у атмосферу** – када притисак у резервоару или у систему достигне одређену вредност, отвара се вентил који вишак ваздуха испушта из мреже. Овакав начин управљања енергетски посматрано је јако неефикасан, јер компресор све време ради и троши енергију, а са друге стране избацује се ваздух под притиском у атмосферу. Ово управљање се примењује само код веома малих компресора.
- **Управљање затварањем усисног вода** – остварује се уз помоћ вентила у усисном воду, тако што се блокира довод ваздуха из атмосфере до компресора. Код оваквог начина управљања потребно је избегавати претерано заустављање дотока ваздуха, јер може доћи до повлачења уља у систем (*услед превеликог пада притиска компресор повлачи уље које служи за подмазивање радног кола и хлађење*). Метода затварања усисног вода се примењује код компресора са праволинијским кретањем клипа и код ротационих компресора.
- **Управљање отварањем усисног вода** – користи се посебан механизам (*тзв. хватач*) када, у тренутку достизања жељеног притиска задржи усисни вентил у отвореном положају, приликом чега компресор не може да оствари притисак у радном простору довољан да отвори издувни вентил. Компресор све време ради, али се не убацује ваздух у излазну грану. Мана ове регулације је повећан ниво буке у раду компресора. Ова метода се користи код великих клипних компресора.

Континуално управљање протоком компресора, представља непрекидан рад, тј. подразумева непрекидну варијацију протока у складу са варијацијом притиска. Систем непрекидног управљања остварује се пригушивањем усисног вода (*регулација пригушивања усисног вода – тзв. модулација*) и регулацијом бројем обртаја (*промена угаоне брзине погонског електромотора*) [51].

Регулација пригушивањем усисног вода остварује се пригушивањем вентила (*пригушницом*) у усисном воду компресора, чиме се регулише капацитет у одређеном распону (*могућа је модулација од 40-100% номиналне снаге компресора*). Овај начин регулације се користи код завојних компресора са убризгавањем течности. Са аспекта енергетске ефикасности овај тип регулације је неефикасан, услед повећања разлике (*пораст*) притисака коју ствара компресор [51].

Регулација бројем обртаја, односно променом угаоне брзине вратила погонског електромотора реализује се тако што се непрекидно прилагођава угаона брзина електромотора, како би се на излазу из компресора његов проток прилагодио променљивој потражњи, захтеваној из система. Најефикаснији начин регулације јесте употреба фреквентних регулатора на електромоторима, чијом применом се може добити широк распон капацитета (*од 15-100% номиналне снаге компресора*). У поређењу са осталим типовима регулације, променом угаоне брзине погонског вратила могу се остварити значајне уштеде, до 38% (слика 88) [91].



Слика 88. Употреба фреквентних регулатора (промена угаоне брзине вратила)

Уштеда енергије код система, код кога је регулација извршена променом угаоне брзине погонског вратила, у односу на регулацију празним ходом креће се у распону од 10-15%, када компресор функционише са 40-75% номиналног капацитета (*поређење регулације променом броја обртаја и регулације празним ходом*). На слици 89. дат је приказ поређења потрошње енергије једностепених ротационих завојних компресора са убризгавањем течности за подмазивање, за различите управљачке системе.



Слика 89. Поређење потрошње енергије једностепених ротационих завојних компресора са убризгавањем течности за подмазивање, за различите управљачке системе

Применом софистицираних управљачких система могуће је остварити значајне уштеде енергије у системима за производњу и дистрибуцију ваздуха. Како цена управљачких технологија падају, а њихов број у индустрији непрестано расте, употреба управљачких система се константно шири. Побољшањем управљачких система компресора могу се остварити уштеде до 10% (*просек*), са периодом отплате до 3 године [88].

4.1.2.5.2 Оптимизација притиска ваздуха у систему

Лоше пројектован, неквалитетно изведен и лоше одржаван систем за развод компримованог ваздуха често проузрокује велике проблеме, застоје и енергетске губитке у раду целокупног система [51]. Правилним димензионисањем и извођењем дистрибутивне мреже могу се оптимизовати губици, настали прекомерним падом притиска у систему [56, 91]

Губици притиска у мрежама зависе од више фактора (*мреже система, пречника цевовода, радијуса кривина, коришћених материјала*) [91] На пример, губици настали услед поддимензионисања цевовода за последицу имају превелико струјање ваздуха у систему а самим тим и изазивање повећаног пада притиска, што директно утиче на повећану потрошњу енергије [51] Повећањем пречника цеви могуће је минимизовати губитке и смањити потрошњу енергије у систему за ваздух за 3% [56].

Са захтевима крајњих потрошача ваздуха диктирају се избор и димензионисање свих компоненти система. Смањењем захтева директно се утиче на смањење потрошње енергије при производњи, припреми и дистрибуцији ваздуха [51]

Пнеуматска опрема и уређаји који користе компримовани ваздух као погонску силу, неће или ће радити слабијим капацитетом уколико је радни притисак испод или изнад очекиваних вредности [92]. Рад опреме на високом притиску доводи до беспотребног трошења енергије, а поред тога и негативно утиче на компоненте опреме (*долази до хабања појединих делова*) (слика 90) [51].



Слика 90. Оштећење настало услед превеликог притиска компримованог ваздуха, на цреву (крајњи корисник) [112]

Притисак у системима компримованог ваздуха који се користи за крајњу употребу потребно је да буде у дозвољеним границама (*пројектованом опсегу*). Повећањем притиска од 0,5 bar повећава се потрошња енергије за 4% [58]. Бројним анализама утврђено је да је рок за поврат уложених средстава краћи од пола године [56].

4.1.2.5.3 Одржавање система компримованог ваздуха

Неадекватним одржавањем система може се смањити ефикасност компресије, повећати цурење ваздуха, повећати радна температура и сл. [56]. Правилним одржавањем система могу се остварити уштеде енергије до 10% [90]. Одржавање укључује велики број различитих мера, а неке од њих су [56]:

- **Преглед и одржавање филтера** – Блокирани филтери у систему повећавају пад притиска. Редовним прегледима, чишћењем и заменом филтера смањује се потрошња енергије система за око 2%.
- **Редовно и правилно подмазивање** – Употребом одговарајућих средстава за подмазивање компресора може се значајно утицати на ефикасан рад компресора. Применом синтетичких уља може се смањити ниво трења до 8%, утичући тако директно на читав систем компресорске станице [51]. Уље компресора потребно је редовно мењати (*од 2 до 18 месеци у зависности од типа компресора*) и проверавати ниво истог [56].
- **Проверавање одвајача кондензата** – Надгледањем одвајача кондензата, одржавањем и правилним радом утиче се на ефикасност целокупне дистрибутивне мреже. Уколико се у системима користе аутоматски системи за надгледање одвајача кондензата, период отплате је мањи од 2 године.

4.1.2.5.4 Смањење температуре улазног ваздуха

Смањивањем температуре улазног ваздуха смањује се и потрошња енергије коју користи компресор. Правилним постављањем, тј. уградњом компресора може се значајно утицати на њихов рад. Компресоре је потребно уградити на местима која омогућавају усисавање чистог, сувог и хладног ваздуха. У многим постројењима је могуће смањити температуру улазног ваздуха уколико се ваздух усисава из спољашње средине (*сем у случајевима екстремно ниских температура*). Свако смањење температуре за 3°C смањиће потрошњу електричне енергије за рад компресора за 1% [58]. Период отплате за поменућу меру је од 1,5-5 година, али трошкови знатно варирају у зависности од постројења [56].

4.1.2.5.5 Смањење цурења ваздуха

Пропуштање ваздуха из система компримованог ваздуха кроз пукотине може бити значајан извор изгубљене енергије. У типичном индустријском објекту који није добро одржаван, од укупне количине произведеног ваздуха изгуби се од 20-30% цурењем. Редовним праћењем система, преузимањем превентивних мера, детекцијом и поправком места на којима је дошло до цурења, ова врста губитака се може свести на минимум. Процењује се да је могуће смањити годишњу потрошњу енергије за 20% [56].

Губитак енергије повезан са пропуштањем ваздуха у систему, зависи од величине отвора (*рупе*) у цевима или на опреми. Па тако, компресор који ради 2.500 h годишње, при притиску од 6 bar, уколико постоји пукотина у систему у пречнику од 1 mm, може да изгуби и до 1.100 kWh годишње (слика 100). На основу неколико индустријских случаја и спроведених мера (детекција и санација цурења), период поврата уложених средстава углавном је био краћи од 6 месеци [56].

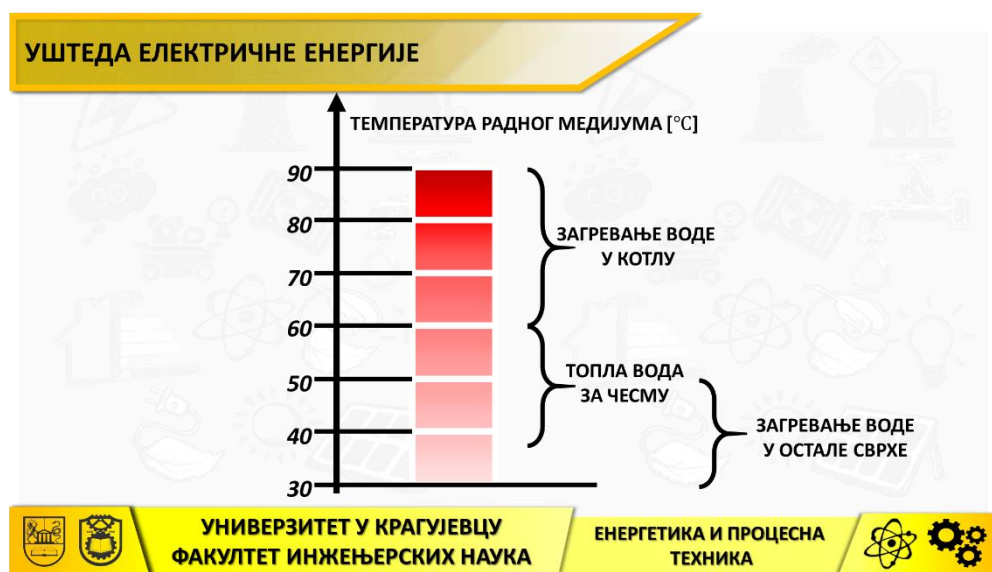
Поред повећања потрошње енергије, пропуштање чини опрему мање ефикасном, скраћује радни век и доводи до додатних трошкова за одржавање исте (табела 11). Најчешћа подручја цурења су спојнице, цеви, црева, прикључци, регулатори притиска, заптивачи, отворени одвајачи кондензата итд. Најбоља метода за откривање цурења јесте употреба ултразвучних детектора цурења, који може детектовати високофреквентне звукове (*шитање ваздуха*), а још једна поуздана и традиционална метода јесте употреба сапуна и воде на местима (цевоводи за развод ваздуха) која су видљива [51, 56].

Табела 11. Губитак електричне енергије услед цурења ваздуха у систему

ОТВОР (пречник) [mm]	ГУБИТАК ЕНЕРГИЈЕ [kWh/год.]
0,5	250
1	1.100
2	4.500
4	11.250

4.1.2.5.6 Рекуперација топлоте компресора

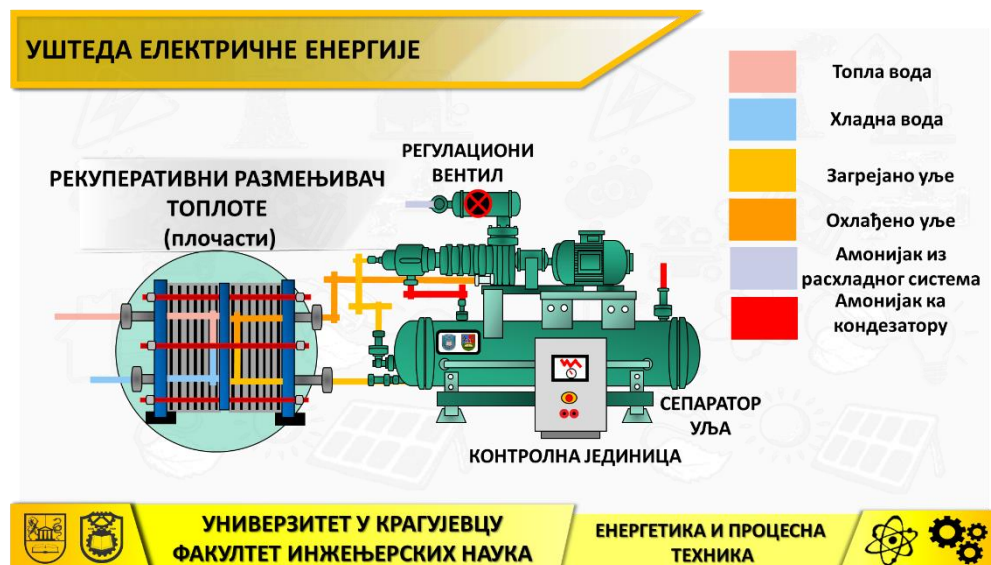
Као што је већ напоменуто, 80% енергије која се користи за рад компресора губи се као топлота. Рекуперацијом отпадне топлоте код система компримованог ваздуха може се уштедети од 50-70% расположиве топлотне енергије без негативних утицаја на рад компресора са периодом отплате мањим од 3 године [56, 58]. Добијена топлота може се употребити за грејање простора, процесно грејање воде, загревање санитарне воде итд. (слика 91) [51].



Слика 91. Отпадна топлота компресора (загревање воде у зависности од температуре отпадне топлоте)

За рекуперацију топлоте користе се ваздушни или водени системи (*ваздухом или водом хлађени компресори*). Употребом јединица које користе воду као расхлади флуид могу се остварити значајније уштеде енергије [51]. Такође, употребом плочастих размењивача топлоте системи компримованог ваздуха остварују још већу енергетску ефикасност.

Систем за рекуперацију састоји се од плочастог размењивача топлоте (*најчешће*) који преузима топлоту уља које се користи за подмазивање компресора и преноси на воду. На овај начин може се загревати вода до 90°C и опоравити до 70% топлоте (слика 92). Као пример може послужити компресор (*једноstepени завојни компресор са убризгавањем уља*) снаге 37 kW, који има капацитет за производњу 36 l топле воде/мин., температуре од 73°C [58].



Слика 92. Рекуперација отпадне топлоте код вијчаног компресора

4.1.3 Мере енергетске ефикасности за уштеду воде

4.1.3.1 Мерење потрошње воде (контрола)

Да би се правилно и ефикасно управљало водом, неопходно је знати колико воде улази и излази из читавог постројења, као и где се све користи. На тај начин отварају се погодности за остваривање могућих уштеда. Постоји неколико начина помоћу којих се може проценити употреба воде у једном постројењу [58]:

- *Инсталација мерача у стратешким областима са основним циљем мерења потрошње воде;*
- *Коришћењем података произвођача процесне опреме и упоређивање са стварном потрошњом;*
- *Коришћење познатих података за процену потрошње воде.*

Инсталацијом мерача протока на процесној опреми, као и на дистрибутивним мрежама (*на местима уласка и изласка воде*) омогућава се редовно снимање и праћење употребе воде. Праћењем контроле потрошње омогућава се евентуално откривање цурења, отворених славина, и сл. (слика 93). Мерачи протока такође омогућавају праћење потрошње

током мировања (*периоди када опрема не ради*) ради откривања било каквих цурења. Инсталацијом мерача протока и редовним праћењем могу се остварити уштеде преко 5% са периодом отплате од неколико месеци [55, 58].



Слика 93. Мерење потрошње воде (инсталација „паметног“ мерача протока) [113]

4.1.3.2 Оптимизација брзине протока воде и ефикасна контрола процеса

Понекад процесна опрема ради на притисцима и протоцима који су променљиви, односно раде на вишим притисцима од дозвољених. Оптимизацијом брзине струјања воде, успоставља се оптимални проток. Упоређивањем стварног протока и протока који су неопходни за правилан рад опреме (*свака опрема добија спецификацију од стране произвођача са оптималним радним карактеристикама*) потрошња воде би могла бити смањена. Један од начина јесте и уградња регулатора протока, са периодом отплате од свега неколико месеци (слика 94) [58].



Слика 94. Праћење потрошње воде („паметна“ контрола протока) [114]

4.1.3.3 Цурење система за воду

Опрема (*пумпе, вентили, прирубнице*) и дистрибутивни водови који пропуштају воду могу бити велики потрошачи воде (слика 95). Њиховом детекцијом, санацијом и заменом уколико је потребно могу се остварити уштеде у потрошњи воде.



Слика 95. Цурење воде на спојници испред вентила [115]

Цурење током дужег временског периода може се изгубити велика количина воде [58]. У табели 12. дато је неколико примера који показују потрошњу воде услед цурења опреме и система.

Табела 12. Губици воде услед цурења

ОПРЕМА	ГУБИТАК ВОДЕ [l/час]
ВЕЗА-ПРИРУБНИЦА (једна кап)	0,5
ВЕНТИЛ (0,1 l/мин.)	6
ЗАПТИВАЧИ-ПУМПЕ (0-4 l/мин.)	0-240
КУГЛА ВЕНТИЛ (7-14 l/мин.)	420-840
ПУКОТИНА-25 mm (30-66 l/мин.)	1.800-4.000

4.1.3.4 Смањење потражње за водом током процеса чишћења

Велики део воде коју конзумирају млечни прерађивачи (50–90%) користи се за чишћење опреме и околних простора постројења. Постоје бројне могућности за смањење употребе воде која се користи за процесе чишћења и одржавања [55, 58].

Основи критеријуми за правилан избор опреме треба да укључују факторе попут лаког и ефикасног чишћења (*спречавање контаминације и кварења производа*), смањење употребе воде, хемикалија и времена потребног за чишћење [55].

Понекад током процеса чишћења чврстих површина у погонима постројења, употребљавају се црева за испирање чврстих остатака (*отпада*). Оваква пракса доводи до потрошње велике количине воде. Уклањање чврстог отпада без употребе воде, употребом машина за прање, као и различитих врста хемикалија и детерџената, могуће је смањити употребу воде за 25% у току чишћења, као и потребно време за чишћење. Смањивањем времена за 25% може се повећати време производње за 1,5 времена дневно [55].

Поред тога, често се оваква опрема оставља без надзора што проузрокује непотребно истицање воде. На пример, црево остављено без надзора може изгубити између 470.000-940.000 литара воде годишње [58]. Куповином аутоматских пиштоља са подесивом млазницом, овај губитак се може у потпуности елиминисати. Употребом високо притисних млазница могуће је смањити потрошњу воде чак за 60% (слика 96). Међутим, потребно је овакве системе избегавати у процесним погонима услед стварања аеросола током чишћења [55, 58].



Слика 96. Чишћење подне подлоге у погону прехрамбене индустрије употребом високопритисних млазница [116]

4.1.3.5 Чисто на месту „CIP“ системи

Традиционалне методе чишћења (*прање топлем водом, чишћење системима високог притиска*) опреме, цевовода и комплетних система у млекарским погонима захтевају демонтажу и ручно чишћење (*прање*). Овај принцип одржавања захтева високу цену рада, дуготрајне периоде заустављања постројења, а поред тога одликује га ниска ефикасност [55].

Заменом традиционалних техника, употребом „CIP“ система (*чисто на месту*) остварује се високо ефикасно чишћење (слика 97). Основни принцип рада једног оваквог система састоји се у протоку воде са различитим хемијским растворима кроз процесну опрему у састављеном стању, тј. без захтева за демонтажом и растављањем [93]. Поменути

системи користе се приликом чишћења резервоара, цевовода, пастеризатора, хомогенизатора и друге опреме која представља саставни део једног млекарског погона [58].



Слика 97. Систем чисто на месту [117]

Турбуленцијом раствора и хемијским дејством супстанци уклањају се наслаге талога и микроорганизама са унутрашњих површина опреме. Ефикасност „CIP“ система зависи од температуре, времена, концентрације и физичког дејства у току прања. Да би ефекат чишћења био што ефикаснији неопходно је да раствор дође до сваког дела постројења који је био у контакту са производима [55, 93].

Потребно време чишћења, број фаза циклуса као и подешавање осталих параметара (температуре, врста средстава за прање и концентрација) зависе од врсте постројења које се третира. Најчешће фазе које се примењују током „CIP“ чишћења су [93]:

- **Предиспирање водом ради уклањања највећег дела талога;**
- **Прање детерџентом ради уклањања отпорних и слепљених нечистоћа;**
- **Међуиспирање водом у циљу испирања детерџената из система;**
- **Циркулација средстава за стерилизацију у циљу уништавања отпорних микроорганизама;**
- **Завршно испирање водом ради уклањања свих трагова средстава за прање.**

Основни елементи система су судови, чији се број утврђује зависно од потреба и жеље корисника, цевоводи, вентили, филтери за спречавање запушавања, центрифугалне пумпе, различите врсте сензора, којима се одређује ниво течности у опреми, температура, притисак, киселост („*ph*“ вредност раствора), грејачи, дозери (за дозирање концентрације хемикалија) и многобројна остала опрема која одликује аутоматизоване системе „CIP“ постројења. За загревање, као грејни флуид најчешће се користи водена пара у размењивачима топлоте који се могу налазити испред резервоара за смештање воде и хемикалија или у линији цевовода [93].

Употребом система чисто на месту у односу на традиционалне системе чишћења могу се остварити уштеде у потрошњи воде до 70%, и уштеда у потрошњи енергије најмање

20% (процењује се да један „CIP“ систем у млекарском погону који производи само течном млеко користи око 13% енергије, док у постројењу за производњу млека у праху, сира и сурутке користи 9%) [95]. Међутим, добро дизајнирани системи, нове технологије, опрема и оптимизација процеса могу утицати на додатне уштеде.

Једна од предности савремених система за чишћење је поновна употреба воде и хемикалија, где се вода за испирање и хемикалије опорављају и складиште за поновну употребу. У неким системима за процес обнављања користе се процеси мембранске филтрације [55, 58]

Уштеде које се могу остварити са поменутих техникама крећу се од 20-80%, за употребу сировина (хемикалија и раствора), затим од 30-50% уштеде енергије и од 10% па до преко 80% воде. Са оптимизованим „CIP“ системима може се смањити време чишћења и до 20% [94].

Употреба „CIP“ система у погонима који имају велику производњу доводи до брже отплате трошкова инсталације. Период поврата уложених средстава савремених оптимизованих „CIP“ система креће се од 1-3 године [94].

4.2 Прерада хране и настајање отпада

У свим фазама током процеса производње млека и млечних производа (од сировине (млека) које се експлоатише и прерађује у разноврсне готове производе, до коришћења финалних производа од стране потрошача) настају различите врсте отпадних материја, које имају негативан утицај на животну средину (слика 98). Настале отпадне материје могу се јавити у сва три агрегатна стања, тј. у виду течног отпада (отпадних вода), чврстог отпада и у виду загађеног ваздуха. Отпадне воде садрже биолошке и растворене материје (органског и неорганског порекла), чврсти отпад садржи делове намирница и амбалажних материјала, док у траговима загађеног ваздуха (емисија у ваздуху) има суспендованих честица („PM10“, „PM2.5“, „PM0.1“), продуката сагоревања и испарљивих органских материја (лако испарљивих и мирисних компонента) [55, 118].



Слика 98. Настајање отпада током производње млека и млечних производа

Испуштање отпада у околину, без обзира на врсту представља веома опасан чин, који може имати катастрофалне утицаје по човека и његову околину. Млекарска индустрија, поред кондиторске индустрије (*какао и производи од шећера*), индустрије за прераду меса и дела индустрије у којима постоје процеси врења/дестилације, представља једног од највећих загађивача у прехранбеном сектору. Међутим, и поред ове чињенице читава прехранбена индустрија спада у благе загађиваче, у поређењу са хемијском и другим гранама индустрије, јер је садржај отровних материја у отпадним водама и емисија гасова знатно мањи [55, 118].

4.2.1 Утицај млекарске индустрије на животну средину

Основни задатак млекарске индустрије јесте производња довољне количине квалитетних намирница, како би се задовољиле потребе тржишта. Порастом производње непрестано долази и до повећања количина споредних продуката, тј. до отпадних материја и нуспродуката (*пример: велики број произвођача сурутку насталу током производње сира сакупља и испушта у окружење, док други део (јакко мали), користи сурутку као нуспродукт и из ње даљом прерадом добијају разне производе*) [55, 118].

Количина и врста насталог отпада током процеса прераде и производње зависи од неколико фактора. Пре свега, врсте процеса, врсте и категорије производа, као и врсте технолошког поступка током израде [118]. Иако постоји широка лепеза различитих производа, у овом раду биће анализиране врсте отпада које настају у производним линијама погона за производњу конзумног течног млека.

4.2.1.1 Процес производње конзумног течног млека

Млеко које се употребљава за људску употребу може се поделити у две основне категорије, односно на сирово (*свеже*) и тоplotно третирано (*пастеризовано и стерилизовано*) млеко. Конзумно течно млеко које се може наћи на полицама бројних дистрибутивних ланаца је најчешће подвргнуто неком од тоplotних третмана (слика 99) Без обзира на врсту тоplotног третмана, општи поступак обраде је углавном исти [55].



Слика 99. Топлотно третирано млеко (пуномасно, полу-обрано и обрано млеко)

Утицај процеса производње конзумног течног млека на животну средину може бити вишеструк. Неки загађивачи су неизбежни, док су неки својствени дизајну опреме, а неки могу настати услед лоших оперативних процедура или контроле процеса [58]. На слици 100. дат је приказ отпадних материја које настају при производњи конзумног течног млека.



Слика 100. Токови енергије (топловне и електричне) и воде, и врсте отпада насталог током производње конзумног млека (1-пријем и складиштење млека, 2-филтрација и чишћење, 3-обирање и стандардизација, 4-топловна обрада, 5-хомогенизација, 6-складиштење на хладном, 7-паковање)

Главни утицај млекарске индустрије на животну средину током процеса производње огледа се у великој потрошњи воде (током процеса чишћења и хлађења), енергије (топловне и електричне), стварању отпадних вода са високим оптерећењем органских материја и стварању других врста отпадних материја. Емисија гасова у атмосферу и бука су минимални из ове гране индустрије.

4.2.1.1.1 Течни отпад (отпадне воде)

Најважнији еколошки проблем млечне индустрије јесте стварање течног отпада, тј. стварање отпадних вода. Просечна количина отпадних вода креће се од 2-6 l/l прерађеног млека [55].

У зависности од врсте финалног производа и производних линија, количина отпадних вода знатно варира. Типични млекарски погони који прерађују око 500 m³ млека дневно, генеришу исту количину отпадних вода [124]. У табели 13. дат је приказ количине отпадних вода насталих током производње млечних производа [55].

Табела 13. Количина отпадних вода насталих током производње маслаца, сира и током производње конзумног млека (l/l прерађеног млека)

ОСНОВНА АКТИВНОСТ	КОЛИЧИНА ОТПАДНИХ ВОДА
ПРОИЗВОДЊА МАСЛАЦА	1-3
ПРОИЗВОДЊА СИРА	2-4
ПРОИЗВОДЊА ТЕЧНОГ МЛЕКА	2,5-9

Отпадне воде настале у погонима млекара могу се класификовати према извору настајања у три главне категорије. Основна подела је на [124]:

- *Процесна отпадна вода (расхладна вода);*
- *Индустријска отпадна вода;*
- *Санитарна отпадна вода.*

Процесна вода укључује воду која се користи при процесима грејања и хлађења. Ове воде не садрже велике количине полутаната (*минималне*) и након њихове употребе могу се поновно користити уз минималну обраду, или се једноставно испустити у одвод канализације. Процесни кондензат, воде из расхладних торњева, затим воде које се користе у размењивачима топлоте спадају у процесне отпадне воде, различитих су температура и проводљивости. Количина отпадних процесних вода креће се просечно у распону од 2-4 l/l прерађеног млека [55, 119].

У индустријске отпадне воде млекарске индустрије спадају воде услед губитака производа (*просипање млека и млечних производа*), воде настале током одређених технолошких процеса, као што су саламура, сурутка, отпадне воде након процеса ферментације, и воде испуштене након кварова уређаја, па чак и оперативних грешака. Количина испуштених отпадних вода креће се у распону од 0,8-1,5 l/l прерађеног млека [55, 119].

У санитарне отпадне воде спадају воде које се користе током процеса чишћења и у себи имају одређене честице хемикалија и детерџената. Углавном потичу од чишћења опреме, површина, млековода и резервоара (*танкова*). Настале санитарне воде обично се директно одводе у постројења за прераду отпадних вода, са или без мешања са индустријским водама. Вода која се употребљава за чишћење мора бити третирана пре него што се испушта у јавну канализацију или неки други водени ток [55, 119].

Без обзира на врсту извора настајања, процењује се да 90% отпадних вода које су настале у млекарским постројењима садрже трагове (*остатке*) млека и детерџената. Генерално, отпадне воде у млекарској индустрији карактеришу следеће компоненте [55]:

- *Висок садржај органских материја (отпадне воде из млекарских погона често су оптерећене млеком и остацима производа из млека, што директно утиче на повећање „ВРК₅“ (до 110.000 mg O₂/l) и „НРК“ (до 210.000 mg O₂/l));*
- *Висок садржај масти и уља (посебно отпадних вода из процеса производње маслаца);*
- *Висок садржај азота и фосфора (углавном потичу из средстава за прање и дезинфекцију);*

- **Веома променљиве вредности киселости** („*ph*“ 2-11);
- **Висока проводљивост** (посебно сира који садржи натријум хлорид);
- **Варирање температуре** (зависи од сврхе употребе воде).

Губици млека током производње су просечно од 0,5-2,5% од количине пријемног млека. У најгорим случајевима губици се крећу у распону од 3-4%, што значајно доводи до повећања полутаната у отпадној води и количине течног отпада [55].

Током производње конзумног млека, у поређењу са осталим процесима производње млечних производа, настаје мала количина течног отпада. У табели 14. дат је приказ најчешћих места настајања отпада током производње конзумног млека [55].

Табела 14. *Настајање течног отпада током производње конзумног млека*

КОНЗУМНО ТЕЧНО МЛЕКО	<i>Изливање млека из складишних резервоара</i>
	<i>Преливање млека из складишних резервоара</i>
	<i>Изливање и цурење из млеководи</i>
	<i>Насlage на површини опреме</i>
	<i>Уклањање муља током кларификације/филтрације</i>
	<i>Изливање млека услед оштећења амбалаже</i>
	<i>Оштећење у току паковања финалних производа</i>
	<i>Операције чишћења</i>

Течни отпад може настати током пријема и складиштења млека. Уколико је приликом пријема свеже млеко допремљено млеководима (*цревима*) до резервоара који нису правилно припремљени постоји могућност од контаминације, кварења, преливања и изливања самог млека (слика 101) [58].

Инсталацијом прикладних система за надгледање и контролу, њиховом поправком (*услед неисправности*), као и максималним ангажовањем особља могу се поменути недостаци превазићи и смањити губици производа током примарне фазе обраде сировог млека. Неке од најзначајнијих мера које могу значајно смањити губитке и количину течног отпада су [55, 58, 119]:

- *Приликом пражњења цистерни јако је важно да цистерне буде најмање 0,5 m изнад пријемног резервоара и да црево буде добро причвршћено како би се осигурало потпуно пражњење цистерне;*
- *Сви млеководи (прикључна црева) морају бити обележени како би се избегло погрешно повезивање и непожељно мешање сировог млека са другим материјама (нпр. црево за прање);*

- Приликом постављања, млеководи треба да буду под благим углом како би се олакшало пражњење;
- Да би се умањила могућност од просипања млека неопходно је да млеководи буду правилно осушени, односно потребно је да црева буду потпуно испразњена пре демонтаже са резервоара где се млеко складишти, јер у супротном може доћи до непотребног просипања;
- Сви танкови треба да буду опремљени мерачима. Губитак сировог млека може се догодити услед препуњености резервоара, због неадекватног праћења током пуњења истих (неисправност и/или недостатак мерача протока, мерача нивоа течности и сл.);
- Сви млеководи и резервоари потребно је да буду испразњени пре испирања водом;
- Правилна дренажа водова, као и дренажа резервоара је неопходна приликом чишћења („CIP“ чишћење) читавих система, јер ако није спроведена исправно, доћи ће до контаминације и задржавања хемикалија у системима;
- Након пражњења складишних резервоара, не би требало остављати исте дуже од једног сата без третмана чишћења. Током мешања млека долази до формирања пене, која се лепи за зидове резервоара стварајући тако наслаге, које проузрокују приањање млечне масти на бочне стране танкова утичући директно на даљу употребу сировог млека и лош квалитет готових производа.



Слика 101. Губитак услед неадекватног руковања, током примарне фазе обраде сировог млека
 а) изливање млека услед неисправности пријемног резервоара (вентил у квару), б) изливање млека током процеса истакања, услед непричвршћеног млековода

Одржавање хигијенских услова, опреме и читавих инсталација представља предуслов за квалитетну производњу млечних производа. Операције одржавања захтевају спровођење процеса чишћења и дезинфекције, до $\frac{1}{4}$ укупног радног времена. Током ових операција употребљавају се значајне количине воде, хемикалија и енергије, а такође долази и до стварања великих количина отпадних вода [55, 58].

Чишћење подразумева потпуно уклањање свих трагова млека и осталих видљивих нечистоћа. Са друге стране, дезинфекција представља елиминацију свих патогених микроорганизама који могу значајно утицати на квалитет крајњих производа [55].

Обе поменуте операције се обично изводе једна за другом. Прво следи процес чишћења, а затим процес дезинфекције, одвојеним коришћењем детерџената и дезинфекционих средстава. Без обзира на праксу, постоји и могућност истовременог коришћења. Операције чишћења и дезинфекције обухватају [55]:

- *Воду, која испуњава неколико функција, тј. омекшава и раствара прљавштине које се лепе за контактне површине, учествује у формирању раствора и детерџената и уклања остатке након дезинфекције;*
- *Топлоту за одржавање оптималних температура током процеса и електричну енергију за циркулацију раствора за чишћење кроз опрему и млеководе (код „CIP“ система);*
- *Хемикалије (детерџенти и дезинфекциона средства);*
- *Особље потребно за обављање процеса чишћења (надгледање и управљање апликацијама).*

Технике чишћења могу се сврстати у физичке (употреба притиска, температуре, четки, сунђера и метлица) и хемијске (кисели и алкални производи). Обично се користе заједно у комбинацији током процеса чишћења (слика 102) [55].



Слика 102. Шема поступка чишћења и утицај на животну средину

Физичка средства користе се за механичко уклањање прљавштине. Употребом четки и сунђера остварује се јефтиније чишћење, међутим овакав вид чишћења има своје недостатке (*дуже време чишћења, већа потрошња хемикалија-самим тим и више стварања отпадних вода, итд.*). Употребом воде под притиском остварује се низ погодности у односу на традиционалне технике. Наиме, повећањем енергије удара воде долази до разбијања масних и чврстих материја, што доводи до мање потрошње воде и потребног времена за чишћење [55].

Хемијске методе заснивају се на употреби хемијских производа које се у већини случајева примењују у облику киселих или алкалних водених раствора. Алкални детерџенти доводе до емулговања масти што их чини једноставним за уклањање, док кисели производи растварају и уклањају тврде насlage (*корице*) настале таложењем соли из млека и воде [55].

Средства за дезинфекцију такође се могу класификовати као физичка (*попут температуре*) и хемијска (*производи за дезинфекцију*). Дејство физичких третмана базира се на деловању температуре, на површине прекривене наслагама, наношењем топлоте топлим водом, паром или топлим ваздухом. Већина хемијских средстава садржи антибактеријске и гермицидне супстанце (*хемијска средства*). Зависно од врсте прљавштина које постоје на опреми, површинама и инсталацијама потребно је применити и одговарајуће третмане и дезинфекциона средства [55].

Као резултат чишћења и одржавања погона настају отпадне воде и употребљени хемијски производи који се одбацују, а поред тога у њима се налазе и органске материје настале испирањем или отапањем са третираних површина. Најчешћи отпад који се елиминише јесте органског порекла (*масти, протеини, минерали, соли*) [55].

Да би се количина насталих отпадних вода, током производње конзумног млека смањила, неопходно је приступити правилним одабирима детерџената и хемијских средстава. Имплементацијом савремених „CIP“ система, тзв. система чисто на месту, о којима је било говора у претходном делу рада, могу се остварити значајне уштеде енергије и воде, а самим тим и смањити количине насталих отпадних вода, рецикулацијом воде, хемикалија и детерџената и њиховом поновном употребом [55, 58].

4.2.1.1.2 Чврсти отпад

Највећа количина чврстог отпада који се генерише у млекарама је неорганског порекла. У ову врсту отпада убрајају се материјали који се користе при паковању готових производа и сировина (*различите врсте амбалажа-картонске, папирне, пластичне и сл.*) као и друге врсте различитих отпада чврстог порекла (*нпр. канцеларијски отп.*) [55].

Са друге стране, органски чврсти отпад настаје током процеса производње, током операција одржавања, чишћења и током рада у лабораторији. Приликом производње конзумног млека, ову врсту отпада представља талог сепаратора, тј. органски муљ настао током процеса кларификације/чишћења млека, као и одвојене материје при процесу мембранске филтрације (*код „CIP“ система-уколико јединица поседује опрему мембранске филтрације*) (табела 15) [55].

Одвојене материје, поготово оне након процеса чишћења, могу бити богате азотом, фосфором, калијумом и другим хранљивим материјама, и могу се користити као адитиви земљи. Постоје бројне опције за одлагање органског млечног отпада и оне укључују [55, 58]:

- **Израду сточне хране** (*отпад настао током прераде млека, попут муља одвајача-сепаратора, сурутке и поврат производа из појединих линија, пружа добар избор беланчевина и масти, и често се користи као храна за животиње*);
- **Компостирање** (*постројења за пречишћавање отпадних вода у млекарама могу да стварају велику количину муља. Због велике хранљиве вредности муља често се*

користи као ђубриво, компост или средство за побољшање тла. Компостирање је обично одрживо само за погоне прераде млека у регионалним областима, које имају довољно простора и где потенцијални мирис неће узнемирити суседне компаније или заједнице. Превоз органског отпада у велике објекте за компостирање може бити добра алтернатива депонијама, уколико транспортни трошкови нису превисоки);

- **Убризавање у тло или директно посипање тла** (у зависности од садржаја азота и фосфора користити се као изврсно ђубриво).

Табела 15. Чврсти отпад произведен у погонима за производњу конзумног млека

ГРУПА		ОТПАД	МЕСТО НАСТАНКА	УОБИЧАЈЕНА УПОТРЕБА
ОРГАНСКИ ОТПАД		- Одбачени производи (сировине, полупроизводи, готови произ.)	- Процес производње	- Рециклирање (сточна храна)
ОТПАД СЛИЧАН ОТПАДУ ИЗ ДОМАЋИНСТВА		- Комадићи хране	- Канцеларије	- Компостирање или складиштење на депонијама
АМБАЛАЖА И ПАКОВАЊЕ	ПРАЗНА	- Одвојени филмови - Дрвене палете - Тешке папирне кутије - Пластика - Стакло - Картон - Папир за паковање	- Пријем	- Поновна употреба или рециклирање
	ПУНА	- Пластика - Стакло - Картон - Папир за паковање	- Паковање - Складиштење - Поврат	- Одлагање или раздвајање амбалаже од производа и одвојено руковање
ОТПАД ИЗ ОПЕРАЦИЈА ОДРЖАВАЊА		- Електрични каблови - Жељезне жице	- Радне површине - Површине за одржавање	- Рециклажа или складиштење на депонијама
ОПАСНИ ОТПАД		- Искоришћено уље - Батерије - Амбалажа опасног материјала	- Лабораторије - Складишта - Радне површине - Површине које се чисте	- Транспорт, обрада и елиминација или склад. на деп. опасних материја

Да би се правилно управљало чврстим отпадом у млекарској индустрији неопходно је пре свега применити различите технике за спречавање и минимизирање његовог настанка (слика 103). Тамо где је генерисање отпада неизбежно, процесе треба организовати тако да постоји могућност за поновном употребом истог. Уколико то није изводљиво, потребно је приступити рециклажи, која подразумева прераду отпада у друге намене [51]. Од укупног

чврстог отпада који настаје у постројењима за прераду млека, у Аустралији, 73% чврстог отпада се рециклира или поново користи [58].

Следећи корак у хијерархији управљања отпадом се базира на опцијама обновљивоси (*добивање енергије-инсенерација за искоришћење топлоте из насталог отпада, или материјала-поступком компостирања*). И последњи корак, уједно и најнепожељнији, јесте одлагање чврстог и течног отпада на депоније [51]. У зависности од врсте и квалитета насталог отпада зависиће и степен имплементације техника за његово минимизирање [58].



Слика 103. Хијерархија управљања отпадом у индустрији производње млека и млечних производа

4.2.1.1.3 Емисија у атмосферу и бука

Емисије гасова, у погонима млекарске индустрије настају у котловским агрегатима. Котлови представљају главне изворе за производњу паре и топле воде припремљене за процесе производње и потребе чишћења (слика 104) [55].

Загађивачи, тј. полутанти из гасова настали током процеса сагоревања су различити и имају негативан утицај на животну средину. Ниво емисије ових загађивача варира у зависности од врсте и квалитета коришћеног горива, стања постројења и ефикасности и контроле процеса током сагоревања [55].

Горива која се најчешће користе у млекарским погонима су чврстог (*угаљ и дрво*), течног (*мазут и лож уље*) и гасовитог (*природни гас*) порекла [55]. Чврста горива карактерише висок садржај сумпора и пепела. Поред тога, обично имају трагове испарљивих и токсичних материја, односно метала као што су олово и арсен. Њихов садржај варира у зависности од квалитета и извора горива [55].



Слика 104. Шема настанка паре, употребљених сировина и врсте насталог отпада

Као и чврста горива, течна горива имају значајан садржај сумпора и могућност за стварањем чађи и честица током непотпуног сагоревања (табела 16) [55, 120, 121, 122, 123, 124, 125]. Такође, приликом складиштења ових горива потребно је приступити одговарајућим сигурносним решењима како би се избегла евентуална опасност од могућих цурења и експлозија [55].

Табела 16. Карактеристике неких енергената

ВРСТА ГОРИВА	ТОПЛОТНА МОЋ ГОРИВА	СУМПОР*	ПЕПЕО*	ЕМИСИЈА CO_2 [kg/kWh енергије]
УГАЉ	- Камени угаљ 23,87-36 MJ/kg - Мрки угаљ (и лигнит) <23,87 MJ/kg	до 5%	до 25%	Просек 0,38
ДРВО	1 kg дрвета (v=20%) - средња вредност - 14,4 MJ/kg	/	4-5%	Цепано дрво 0,0213
МАЗУТ	Најмање 40 MJ/kg	- Са малим садржајем 0,5-2% - Са високим садржајем 2-3,5%	0,1-0,4%	0,27
ПРИРОДНИ ГАС	>30,2 MJ/kg	/	/	0,199

*Садржај материја у продуктима сагоревања

Иако резерве природног гаса чине само 10% светских енергетских резерви, ово гориво се све више и више примењује с обзиром на његове бројне предности [55]. Природни гас не садржи сумпор и честице пепела које емитују емисије у атмосферу. Превентивне мере против емисија загађујућих гасова и честица заснивају се на адекватном

одржавању, чишћењу котловских постројења и контроли емисија применом корективних мера (*правилна температура издувних гасова, правилна количина ваздуха потребног са сагоревања итд.*) [55].

Друге изворе загађења које је потребно узети у обзир када су у питању емисије гасова у атмосферу јесу расхладни флуиди који се користе током рада расхладних уређаја (слика 105). Губици или цурења ових гасова имају велики утицај на животну средину, с обзиром на то да њихов негативан утицај једним делом доприноси уништењу озонског омотача [55].



Слика 105. Шема расхладног система, употребљене сировина и врсте насталог отпада

Мере које се односе на смањење емисија код расхладних система односе се на замену синтетичких расхладних флуида природним (*замена фреона-забрањени законом у многим земљама, амонијаком, угљен-диоксидом, или другим врстама природних расхладних флуида*). У табели 17. дат је приказ појединих врста фреона и период његовог разлагања у атмосфери [126].

Табела 17. Разлагање фреона у атмосфери (број година потребан за разлагање)

ГРУПА ФРЕОНА	ФРЕОН	ГОДИНА
„CFC“	R11	50
	R12	102
	R114	300
„HCFC“	R22	12,1
„HFC“	R134a	14,6

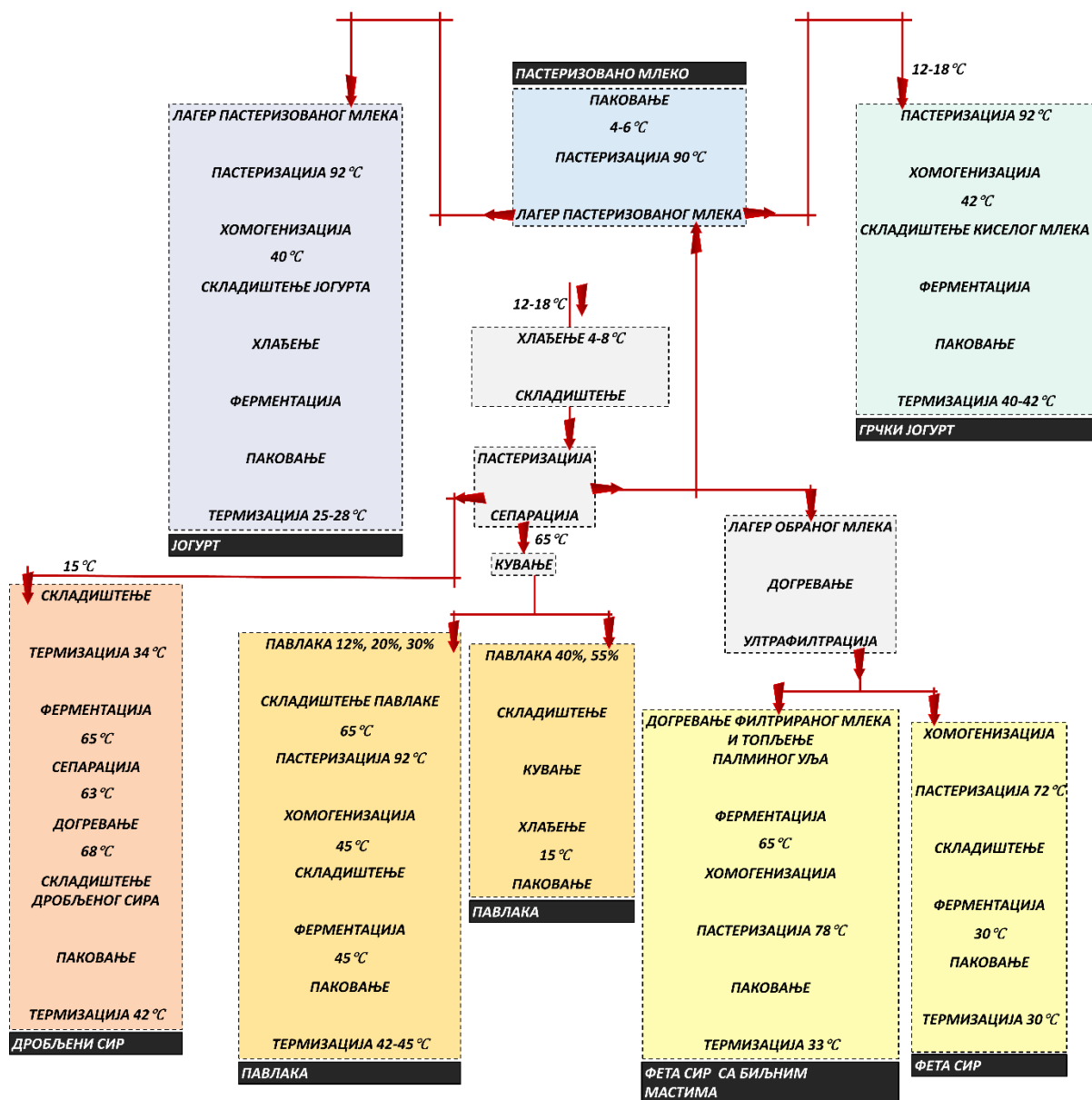
У близини урбаних средина могу се јавити проблеми услед стварања буке које производе млекарски погони, пре свега амбалажни уређаји (*пакерице*) и расхладна опрема. Други ефекат буке проузрокован је прометима камиона, како током пријема млека, тако и у тренутку испоруке готових производа [55].

Превентивне мере укључују изоловање бучних машина и просторија, смањујући буку и настале вибрације. Друга превентивна мера односи се на праћење нивоа настале буке, чиме се на неки начин омогућава смањење утицаја пре њеног настанка [55].

5. СТУДИЈА СЛУЧАЈА

Студија случаја и концепт енерго-еко менаџмента биће спроведени на млекари из централне Србије. По класификацији делатности и привредном саветнику Р. Србије, анализирана млекара припада групи средњих предузећа. У млекари се прерађује око 100 тона млека дневно.

Асортиман млекаре је разнолик, у њој се врши производња пастеризованог млека и кисело млечних-ферментисаних производа (јогурт, кисело млеко, кисела павлака и друге врсте павлака, сурутка, намази, млечни намази, различите врсте кајмака, наприка у павлаци, разне врсте сирева, качкаваља и маслаца). У предузећу има 175 запослених, од чега 70% ради у производним погонима млекаре. На слици 106. дат је шематски приказ процеса производње различитих производа анализиране млекаре.



Слика 106. Шематски приказ производних линија

Допремљено свеже (*сирово*) млеко са пријема, пре складиштења подвргава се процесу хлађења на температуру од 4-8°C. У зависности од финалних производа, целокупна количина млека се подвргава процесима пастеризације и стандардизације (*топлотни третман и добијање млека жељеног процента масноће*). Све производне линије се разликују једна од друге, услед разноликости технологија производње. Након завршених третмана и процеса производње сви готови производи се одлажу у хладњачу где се врши процес хладног складиштења, на температуру од 4-8°C. На слици 118. дат је шематски приказ процеса производње различитих производа анализираних млекаре.

Процес производње подразумева велики низ операција међу којима највише доминирају процеси грејања и хлађења. Као и што је напоменуто у претходном делу рада, управо се на ове процесе у млекарским погонима троши и највећа количина енергије.

Од енергената, у посматраној млекари, користе се дрвени брикети, електрична енергија и вода. У погону су инсталирани котловски агрегати укупне номиналне снаге од 1 MW (два топловодна котла „Центрометал“ од по 500 kW). Њиховом употребом подмирују се све потребе за топлотном енергијом, како за производне процесе, тако и за загревање објеката током зимских месеци.

Потрошња брикета износи око 3 тоне на дневном нивоу. Увидом у рачуне, и с обзиром на то да је обим производње константан током целе године, повећана потрошња брикета у зимским месецима указује да се одређена количина енергије употребљава за загревања објекта.

Од укупне количине утрошеног горива (*око 1.095 тоне дрвених брикета*), 38 тона потроши се на грејање. На основу података, и усвојеној ефикасности котла од 75% (*на основу техничке документације произвођача*) и доњој топлотној моћи коришћеног горива од 18 MJ/kg (*такође на основу одговарајуће спецификације произвођача*), око 140 MWh, или 3% топлотне енергије се употребљава за потребе грејања, док преосталих 97% (*око 4.106 MWh*) подмирује потребе за процесном топлотом.

За сваки процес, који захтева топлотну енергију, на основу усвојених специфичних топлота и мерењем температуре, израчуната је вредност потребне количине топлоте (табела 18). Топлотна енергија једнака је количини енергије потребној да се производ који се третира загреје са почетне на неку крајњу процесом захтевану температуру (јед. 1).

$$Q = \eta^{-1} \cdot M \cdot c_p \cdot \Delta t \text{ [W]} \quad (1)$$

η [-] - ефикасност система грејања

M [kg] - маса производа коју је неопходно загрејати за одређено време

c_p [kWh/kg] - специфична топлота третираног производа

Δt [°C] - разлика температуре третираног производа

Табела 18. Средње специфичне топлоте за различите производе од млека

ВРСТА ПРОИЗВОДА	СПРЕЦИФИЧНА ПОТРОШЊА ТОПЛОТЕ -просек- [kJ/kgK]
ТЕЧНО МЛЕКО	3,914
ОБРАНО МЛЕКО	3,970
ЈОГУРТ	3,5
СИР	3,27
ПАВЛАКА	3,51-3,56
КИСЕЛО МЛЕКО	3,5
КВАРК МЛЕКО	3,5

Топлотна енергија употребљена за процес термизације добија се са електричних конвективних грејалица, а утрошена количина енергије добијена је на основу номиналне снаге грејача и дневног часовног ангажовања. Потрошњу електричне енергије сваког појединачног уређаја услед променљивог оптерећења, најбоље је измерити у реалним експлоатационим условима коришћењем адекватне мерне опреме (*трофазни анализатор снаге*), или једноставно проценити на основу номиналне снаге и годишњег часовног ангажовања (јед. 2).

$$E = P \cdot T \text{ [kWh/год.]} \quad (2)$$

P [kw] - номинална снага

T [h/год.] - процењено годишње часовно ангажовање

За електричне уређаје код којих потрошња енергије зависи од више различитих фактора, као на пример код расхладних система услед разлике температура и количине сировина које подвргавају хлађењу, или спољне температуре, предлаже се мерење потрошње у дужем временском интервалу (*најмање месец дана*). Други начин подразумева израчунавање потрошње на основу количине енергије потребне за хлађење производа и вредности коефицијента перформанси расхладног уређаја (јед. 3).

$$E = Q \cdot \text{COP}^{-1} = M \cdot c_p \cdot \Delta t \cdot \text{COP}^{-1} \text{ [W]} \quad (3)$$

COP [-] - коефицијент перформанси расхладног уређаја

M [kg] - маса производа коју је потребно охладити

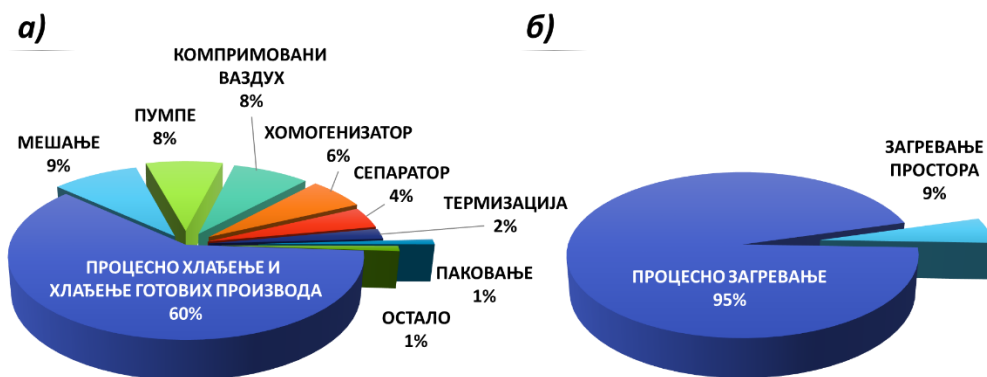
c_p [kWh/kg] - специфична топлота третираног производа

Δt [°C] - разлика температуре третираног производа

Потрошња електричне енергије креће се у просеку око *200.000 kWh* месечно. Највећа количина електричне енергије троши се на процесно хлађење и хлађење финалних производа. Како би се утврдили удели појединих потрошача, у укупној потрошњи, у млекарском погону, било је неопходно извршити низ мерења (*употребом трофазног анализатора снаге добијене су вредности свих потрошача електричне енергије у реалним*

експлоатационим условима). Распoдeлa пoтpoшњe eнepгијe (eлeктpичнe и тoплoтнe) дaтa јe рeспeктивнo нa cлици 107.

Поред приказаних графикана и потрошње, израчуната је вредност специфичне потрошње енергије за сваки производ понаособ. Потрошња финалне енергије по килограму обрађеног млека просечно износи око 0,12 kWh, док се по тони добијеног производа у просеку потроши око 0,3 kWh. Добијени резултати приказани су у табели 19.



Слика 107. Распoдeлa eнepгијe у пoсмaтpaнoм пpeдyзeћy a) пoтpoшњa eлeктpичнe eнepгијe, б) пoтpoшњa тoплoтнe eнepгијe

Табела 19. Дневна потрошња енергије за процесе добијања различитих производа и приказ индикатора потрошње

ПРОИЗВОД	ПАСТЕР. МЛЕКО		ЈОГУРТ		ПАВЛАКА 40 –55%		ПАВЛАКА 12 –30%		ДРОБЉЕНИ СИР		ФЕТА СИР		ФЕТЕЛА СИР		„GREEK“ ЈОГУРТ	
ДНЕВНА ПОТРОШЊА ЕНЕРГИЈЕ	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%
ПУМПЕ	15	2	34	1	2.8	3	4	1	38	2	167	9	183	8	9	1
МЕШАЊЕ	18	3	90	3	7	7	26	8	35	1	109	6	142	7	34	5
СЕПАРАЦИЈА	20	3	27	1	27	26	27	9	81	3	27	1	27	1	27	4
ХОМОГЕНИЗА.	/	/	140	5	/	/	30	10	/	/	75	4	73	3	56	8
ПАКОВАЊЕ	5	1	11	/	5	5	8	3	11	/	18	1	20	1	4	1
ПРОЦЕСНО ХЛАЂЕЊЕ	288	43	1.391	45	35	35	128	42	340	20	545	28	731	33	297	43
ПРОЦЕСНО ГРЕЈАЊЕ	324	48	1.404	45	24	24	83	27	1.927	74	988	51	1.016	47	265	38
ИНДИКАТОРИ ПОТРОШЊЕ ЕНЕРГИЈЕ																
СПЕЦИФИЧНА ПОТРОШЊА ЕНЕРГИЈЕ [kWh/kg готовог производа]	0.0877		0.1896		0.0808		0.0971		0.612		0.6882		0.3759		0.1199	
СПЕЦИФИЧНА ПОТРОШЊА ЕНЕРГИЈЕ [kWh/kg свежег млека]	0.0877		0.1824		0.0060		0.0184		0.1307		0.1835		0.1504		0.117	

На основу извршених анализа и систематизацијом података, који су спроведени на 150 млекара различитих производних капацитета, у САД, дошло се до броја од 22 млекаре приближног капацитета једнаког анализираној млекари у централној Србији и њеној производњи на годишњем нивоу³. У посматраним млекарама спроведена је анализа и издвојене су најчешће коришћене мере за овај сектор прехранбене индустрије. На основу добијених резултата, пет најпримењенијих мера енергетске ефикасности биће спроведене на студији случаја у овом раду (*број спроведених мера у истим предузећима*) (табела 20).

Табела 20. Најчешће примењиване мере у анализираним млекарама (САД)

БРОЈ СПРОВЕДЕНЕ МЕРЕ	СПРОВЕДЕНЕ МЕРЕ	БРОЈ МЛЕКАРА	ПЕРИОД ОТПЛАТЕ [год.]	УШТЕДА НА ГОД. НИВОУ [%]
6	Употреба ефикасних сијалица/баласта	13	2.7	28%
9	Елиминација цурења инертног гаса и компримованог ваздуха на водовима/вентилима	11	0.2	8%
8	Инсталација сензора присуства	9	1.4	19%
10	Елиминација или редуковање употребе компримованог ваздуха	7	1.8	8%
4	Инсталација/поправка изолације на пароводима	5	3,3	10%

На основу извршене енергетске ревизије разматране су мере енергетске ефикасности. За сваку од предложених мера израчуната је могућа уштеда у потрошњи примарне енергије, просечни трошкови инвестиције и прост (*просечан*) повраћај уложених средстава.

Код постојећег система расвета, предлаже се замена флуо цеви лед цевима. Поред тога, такође се предлаже и уградња сензора присуства. Имплементираним мерама, односно заменом 130 флуо цеви, могуће је смањити потрошњу електричне енергије расвете за око 10.300 kWh годишње. Предвиђени период отплате инвестиције је 1,8 година.

Потрошња електричне енергије на системе компримованог ваздуха у посматраној млекари је 8%. Мерењем је утврђено да је дневно часовно ангажовање компресора веће од пројектованог, као и да компресор ради и када нема потребе за компримованим ваздухом. На основу добијених резултата, израчуната је уштеда од 30% која се може остварити аутоматским гашењем система компримованог ваздуха, у трајању од 6 часова дневно (*искључивање компресора када нема потребе за коришћењем ваздуха*). Такође, лоцирана су цурења у систему, и њиховом санацијом процењена је уштеда од 20%.

³ Према истраживањима за потребе израде мастер рада, пронађено је 150 млекара у САД, даљом претрагом и анализирањем издвојено је 22 млекаре и приказане су спроведене мере енергетске ефикасности. Приказ млекара дат је у прилогу 2, на крају рада.

С обзиром на то, да се у анализираној млекари за потребе грејања процеса троши значајна количина енергије, разматрана је могућност изолације топловода, резервоара и котла. Имплементацијом поменутих мера, тј, изолацијом поменуте инсталације и опреме могуће је остварити уштеде топлотне енергије у распону од 5-7%. У табели 21. дат је приказ добијених вредности.

Табела 21. Резултати добијених вредности

БРОЈ СПРОВЕДЕН Е МЕРЕ	СПРОВЕДЕНЕ МЕРЕ	УШТЕДА ЕНЕРГИЈЕ [MWh/год.]	СТОПА ИМПЛЕМЕНТАЦИЈЕ [€]	ПЕРИОД ОТПЛАТЕ [год.]
1	Замена флуо цеви „LED“ цевима	10,3	2400	1,8
2	Уградња сензора присуства	7	300	1,67
3	Елиминација цурења компримованог ваздуха	96	220	0,064
4	Редукција употребе компримованог ваздуха	346,8	7000	0,56
5	Изолације на котлу и цевима	240	2000	0,45

6. ЗАКЉУЧАК

Иако трошкови енергије у млекарима широм света чине мали проценат у односу на укупне трошкове предузећа (*у Србији од 5-7%*), услед великог броја млекара које послују у овом сектору, потрошња енергије има значајан удео у укупној потрошњи енергије прехранбене индустрије и не може се лако занемарити. Због чињенице да потрошња енергија има мали удео у укупним трошковима, велики број предузећа се врло ретко и тешко одлучује на спровођење мера енергетске ефикасности, као и у њихова инвестирања. Поред тога, главни недостатак и препрека за спровођење енергетских пракси јесте недовољан број информација, када су у питању потрошња енергије и осталих сировина.

Да би се поменути недостаци избегли, а праксе управљања енергијом и заштитом животне средине подигле на виши ниво, неопходно је ангажовање читавог руководства и запослених. Спровођењем енергетских прегледа у предузећима за производњу и прераду млека и млечних производа могу се дати прецизне слике о стању предузећа и енергетске ефикасности.

Анализом постојећег стања, доносиоцима одлука омогући ће се боље разумевање тренутног стања, боље разумевање самог значаја смањења потрошње енергије. На тај начин, пружају се могућности за правилан одабир мера које је неопходно спровести, како би се смањила потрошња енергије, воде и осталих употребљених сировина. Са друге стране, ефикасним коришћењем енергије повећава се директно конкурентност пословања и промовише добробит потрошача.

Бројне мере спроведене широм света показују да се трошкови електричне и топлотне енергије, као и воде могу драстично смањити применом одговарајућих мера у млекарским погонима. Поред тога, велика већина имплементираних мера обећава веома кратке периоде отплате инвестиција, од неколико месеци до свега две године.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Z. Šumić, S. Milanović, *Osobine i sastav mleka*, 2008. [На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/osobine-i-sastav-mlijeka>
- [2] Tehnologija mleka, *Mleko*, 2017. [На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/mleko>
- [3] *Pregled aktuelnog stanja sa swot analizom za prehrambenu industriju u Srbiji*, Ministarstvo privrede, Republika Srbija, Beograd, 2017.
- [4] [На мрежи]. Доступно на линку: <https://goop.com/wellness/food-planet/11-milks-dont-come-cows/> (приступљено: јун, 2019. год.)
- [5] [На мрежи]. Доступно на линку: <https://sporteluxe.com/9-types-of-animal-milks-you-probably-dont-know-about/> (приступљено: јун, 2019. год.)
- [5] S. Sethi, S. K. Tyagi, R. K. Anurag, *Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review*, ICAR-central institute of Post-Harvest Engineering and Technology, Ludhiana, Punjab 141004 India, 2016.
- [6] Lj. Lazarević, *Klasifikacija delatnosti-Prerađivačka industrija-Proizvodnja prehrambenih proizvoda*, 2019. [На мрежи]. Доступно на линку: http://www.mena.rs/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=118%3Aklasifikacija-delatnosti-sektor-c-preraivaka-industrija&catid=37%3Akomentari-propisa&Itemid=79&lang=sr&limitstart=1
- [7] *Global Organic Milk Production Market Report*, KPMG International, June 2018.
- [8] Food Outlook, *Binnual report on global food markets*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome November 2019. [На мрежи]. Доступно на линку: <http://www.fao.org/3/CA6911EN/CA6911EN.pdf>
- [9] Eu agricultural outlook for markets and income 2018-2030, *Milk dairy product*, Agriculture and Rural Development, European Commission, 2018.
- [10] The Global Dairy Sector: *Facts*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016.
[На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2016/12/FAO-Global-Facts-1.pdf>
- [11] World: *Milk production and population, Cow milk production and population source*, FAO 2017, CLAL.it, 2019. [На мрежи]. Доступно на линку: https://www.clal.it/en/?section=produzioni_popolazione_world

- [12] *Milk and milk product statistics (Data extracted in November 2019. - Planned article update: January 2021.)*, Eurostat Statistics Explained. [На мрежи]. Доступно на линку: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Milk_and_milk_product_statistics#Milk_production
- [13] A. Simoes, *Which countries import Milk (2012-2017), Which countries export Milk (2012-2017)*, The Observatory of Economic Complexity, Media Arts and Sciences at the MIT Media Lab, 2019.
[На мрежи]. Доступно на линку: https://oec.world/en/visualize/tree_map/hs92/import/show/all/0401/2012/
- [14] D. Grujić, *Pad proizvodnje kravljeg mleka u svetu i Srbiji*, Agrokлуб.rs, 2015. [На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.agroklub.rs/stocarstvo/pad-proizvodnje-kravljeg-mleka-u-svetu-i-srbiji/20731/>
- [15] B. Drašković, I. Stošić, Z. Rajković, *Tržišna struktura i nestašice mleka u Srbiji*, Institut ekonomskih nauka Beograd, Beograd
- [16] *Statički godišnjak Republike Srbije (broj 51)*, Republički zavod za statistiku (RZS), Republika Srbija, Beograd, 2018.
- [17] *Poljoprivreda, šumarstvo i ribarstvo*, Republički zavod za statistiku (RZS), Republika Srbija, Beograd, 2019.
- [18] Komisija za zaštitu konkurencije, *Izveštaj o sprovedenoj sektorskoj analizi tržišta otkupa sirovog mleka, proizvodnje i prerade mleka i mlečnih proizvoda u 2011. i 2012. godini*, Republika Srbija, Beograd, 2013.
- [19] B. Veljković, R. Koprivica, D. Radivojević, *Mleko i mlečni proizvodi u spoljnotrgovinskom bilansu Srbije*, Agroekonomika (broj 66), Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2015.
- [20] J. Jeličić, S. Đurović, *Poljoprivredna politika-sektor mlekarske industrije-potencijal za razvoj*, Beograd, 2009.
- [21] *Stočarstvo, Proizvodi od kravljeg mleka dobijeni u mlekarama za tržište*, Republički zavod za statistiku (RZS), Republika Srbija, Beograd, 2020.
- [22] *Privredna društva*, Agencija za privredne registre (APR), Republika Srbija, Beograd, 2019.
- [23] Regionalni adresar firmi, *Kompanije-net*, Srbija, 2019. [На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.kompanije.net/>
- [24] G. Bzlund, *Tetra Pak Processing Systems AB*, Lund, Sweden, 1995.

- [25] *Jačanje kapaciteta za primenu integralne prevencije o kontrole zagađivanja u Bosni i Hercegovini*, Proizvodnja i prerada mleka, BiH, 2008
- [26] I. Vujičić, M. Vulić, *Uticaj termičkog tretmana na termostabilnost mleka*, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Novi Sad, 1991.
- [27] V. Jovanović, *Određivanje specifične težine*, Društvo veterinarar i veterinarskih tehničara grada Beograda, Beograd 1937. [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.tehnologijahrane.com/knjiga/sabirno-mesto-i-postupak-s-mlekom#toc-odreivanje-specifine-teine>
- [28] D. Ban, *Toplotna obrada mleka*, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.
- [29] Tehnologija mleka, *Mlekara*, 2017. [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/mlekara>
- [30] *Klarifikatori*, SPX Flow Technology Hungary, Budapest, Hungary. [На мрежи].
Доступно на линку:
<http://www.innozit.co.rs/Ponuda-opreme/category/135>
- [31] D. K., *Baktofugacija mleka*, [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:A0J6b0e9CbYJ:https://hrcak.srce.hr/file/104386+&cd=1&hl=sr&ct=clnk&gl=rs>
- [32] R. Savić, *Tehnološki procesi koji dovode do povećanja masti u mleku*. [На мрежи].
Доступно на линку:
<http://namirnice.vet.bg.ac.rs/001%20Studentski%20folder/002%20Higijena%20Tehnologija%20mleka/02%20MATERIJAL%20ZA%20STUDENTE/21.%20Tehnolo%C5%A1ki%20postupci,koji%20dovode%20do%20pove%C4%87anja%20masti%20u%20mleku.pdf>,
- [33] Z. Šumić, *Homogenizacija mleka*, [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/homogenizacija-mlijeka>
- [34] S. Stanišić, M. Medojević, *Uparavanje mleka u slojnim isparivačima*, tehnološki fakultet, Novi Sad. [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://hrcak.srce.hr/109947>
- [35] Dairy processing handbook, *Chapter: 6, Chapter: 6.4, Membrane technology*, Tetra Pak 2020. [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/chapter/membrane-technology>
- [36] I. Drgalić, Lj. Tratnik, *Primena i značaj mikrofiltracije i mlearskoj industriji*, Prehrambeno-biotehnološki fakultet Zagreb, Zagreb, 2004
- [37] Z. Sarić, *Tehnologija mleka i mlečnih proizvoda*, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo, 2007

- [38] *Duplikator za mleko*, Argonac. [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.argonac.rs/proizvodi/duplikator-za-mleko/>
- [39] *Duplicators*, Plevnik. [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.plevnik.eu/?FolderId=1639>
- [40] *Tunelski pasterizator*, Pigo-R. [На мрежи]. Доступно на линку:
https://www.pigo-r.com/proizvodni_program/products_sr118.php
- [41] *Machinery and Equipment Trading*, m&e trading gbmh & co kg. [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://me-trading.de/what-is-esl-milk-a-comprehensive-guide/>
- [42] *Steriflow* (Autoclaves- Sterilization-Pasteurization), Our food Solution. [На мрежи].
Доступно на линку:
<https://www.steriflow.com/en/autoclave-sterilization-dali>
- [43] *Dairy processing handbook, Chapter 9: long-life milk, uht-tretman*, Tetra Pak 2020. [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/>
- [44] *Continuous Rotary Cookers*, Thermal Processing for Food Sterilization and Preservation [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/sterilizers>
- [45] J. Andersen, *Instant and high-heat infusion*, APV Systems, Silkeborg, Denmark
- [46] Andreas Nilsson, *Steam condensation in a 2D model of an annular gap steam injector*, Department of Chemical Engineering, Lund Institute of Technology, Lund Sweden, 2007.
- [47] W. M. Roberts, C. W. Dill, *Direct-steam injection system for processing fluid milk products*, Department of Food Science and Processing, North Carolina State College, Raleigh, July 1962.
- [48] *Hydrostatic Sterilizer*, JBT Corporation, Chicago, Illinois, SAD. [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.jbtc.com/en/emea/foodtech/products-and-solutions/products/pasteurizers-and-sterilizers/hydrostatic-sterilizer?lr=1>
- [49] N. Nemet, *Ambalaža i procesna oprema za pakovanje mleka i mlečnih proizvoda*, [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/ambalaza-i-procesna-oprema-za-pakovanje-mleka-i-mlecnih-proizvoda>
- [50] D. Gordić, *Energo-eko menadžment u industriji nameštaja*, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, 2011.

- [51] Industrial Energy Efficiency Accelerator, *Guide to the dairy sector*, Company: The Carbon Trust, London, England
- [52] M. Josijević, V. Šušteršič, D. Gordić, *Ranking energy performance opportunities obtained with energy audit in dairies*, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, Kragujevac, Serbia, 2019.
- [53] R. Sims, A. Flammini, M. Puri, S. Bracco, *Opportunities For Agri-Food Chains to Become Energy-Smart*, FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Holland, November 2015.
- [54] Regional Activity Centre for Cleaner Production (RAC/CP), *Prevention of pollution in the Dairy industry*, Mediterranean Action Plan, Barcelona (Spain), Study published on may 2002.
- [55] A. Brush, E. Masanet, E. Worrell, *Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Dairy Processing Industry*, Environmental Energy Technologies Division, Sponsored by the U.S. Environmental, Ernest Orlando Lawrence, Berkeley National Laboratory, Berkeley, October 2011
- [56] A. Ladha-Sabur, S. Bakalls, P. J. Fryer, E. Lopez-Quiroga, *Mapping energy consumption in food manufacturing*, Trends in Food Science & Technology, School of Chemical Engineering, a) The University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham, B15 2TT, UK b) Faculty of Engineering, The University of Nottingham, Nottingham, NG7 2RD, UK, 2019.
- [57] P. Prasad, R. Pagan, M. Kauter and N. Price, *Eco-efficiency for the Dairy processing Industry*, The UNEP Working Group for Cleaner Production In the Food Industry, Environmental Management Centre, The University of Queensland, St Lucia, Dairy Australia, 2004.
- [58] Focus on Energy, *Dairy Processing*, Energy Best Practice Guidebook, July, 2006.
- [59] N. Lukić, Predmet: *Termoenergetski uređaji i postrojenja*, Predavanja: br. 6, Kotlovi, 2018.
- [60] N. Lukić, Predmet: *Termoenergetski uređaji i postrojenja*, Predavanja: br. 7, Sagorevanje, 2018.
- [61] B. Todorović, *Projektovanje postrojenja za centralno grejanje*, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Mašinski fakultet Beograd, Beograd, 2005.
- [62] M. Todorović, D. Živković, M. Mančić, G. Ilić, *Merenje parametara koji definišu rad gorionika vrelvodnih kotlova*, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet Niš, Niš.
- [63] *Efikasnost parnih kotlova*. [На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.scribd.com/document/424562270/efikasnost-parnih-kotlova-sarenac-docx>

- [64] J. Fejzić, I. Buljubašić, S. Eljšan, *Načini poboljšanja energetske efikasnosti i resursne efikasnosti pri proizvodnji pare za potrebe pivarske industrije*, Podružnica Termoelektrana [65] „Tuzla“ u Tuzli, Bosna i Hercegovina, mašinski fakultet, Tuzla, Bosna i Hercegovina, Tuzla. Bosna i Hercegovina, 2018.
- [66] V. Pavlović, *Ušteda energije u sistemima za proizvodnju pare*, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, 2015.
- [67] S. Simić, M. Stanojević, Ž. Džudželića, *Razmatranje mogućnosti iskorišćenja otpadnog kondenzata u cilju racionalne potrošnje energije u rafinerijama*, Mašinski fakultet u Beogradu, Beograd, Srbija.
- [68] G. Jankes, *Primeri dobre prakse EE u industrijskim preduzećima-rešenje za decentralizovano snabdevanje toplotnom energijom u pogonima procesne industrije*, Mreža za energetske efikasnost u industriji Srbije, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta u Beogradu, Medija centar, Beograd, 2011.
- [69] B. Živković, *Odmuljivanje kotlova*, KGH-Klimatizacija grejanje hlađenje
- [70] B. Živković, *Priprema vodene pare*, KGH-Klimatizacija grejanje hlađenje
- [71] M. Savić, *Uloga odvajача kondenzata sistema komo u racionalizaciji potrošnje energije*, KGH-Klimatizacija grejanje hlađenje
- [72] Termoenergetika, *Odvajачи kondenzata-katalog proizvoda*, Požega, 2008.
- [73] D. Gordić, Predmet: energo-eko menadžment, Predavanja: br. 10, *Kotlovi-mogućnost uštede energije u industrijskim termičkim sistemima*, 2018.
- [74] Ekonomajzeri, *Rekuperacija toplote*. [На мрежи]. Доступно на линку: <http://www.senerges.rs/images/Rekuperacija%20energije.pdf>
- [75] Ekonomajzeri, *Izbor kondenzacionih ekonomajzera*. [На мрежи]. Доступно на линку: <http://senerges.rs/images/Ekonomajzeri.pdf>
- [76] *Dobre prakse za uštedu toplotne energije u industriji*, 2017. [На мрежи]. Доступно на линку: <http://www.eec.co.rs/sr/dobre-prakse-za-ustedu-toplotne-energije-u-industriji/>
- [77] H. Ernst, M. Tuffner, *Regeneracija topline pomoću ekonomajzera*, Bosch Industriekessel GmbH, Zagreb-Dubrava. [На мрежи]. Доступно на линку: https://www.bosch-industrial.com/files/mng/fb021_hr.pdf
- [78] Australian industry group, *Saving energy in the dairy processing industry*, Energy saving fact sheet. [На мрежи]. Доступно на линку: https://cdn.aigroup.com.au/Environment/11_Dairy_Energy_Reduction_Factsheet.pdf

- [79] *Applications of Different Types of Steam Traps*, TLV, Japan. [На мрежи].
Доступно на линку: <https://www.tlv.com/global/ME/steam-theory/steam-trap-varieties-and-applications.html>
- [80] IvDam process control d.o.o., *Kako uštedeti novac na postrojenjima za proizvodnju industrijske pare*, Beograd. [На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.ivdamprocess.com/novosti/kako-ustedeti-novac-na-postrojenjima-za-proizvodnju-industrijske-pare/>
- [81] ESC Energy Solution Center, *Insulate Steam Pipes*, Boiler Technologies. [На мрежи].
Доступно на линку: <http://cleanboiler.org/learn-about/boiler-efficiency-improvement/steam-basics/insulate-steam-pipes/>
- [82] *Evaporate steam leak losses*, Energy efficiency, 2019. [На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.plantengineering.com/articles/evaporate-steam-leak-losses/>,
- [83] Sof Elektro d.o.o., *Kompenzacija reaktivne energije*, Kraljevo, Srbija. [На мрежи].
Доступно на линку: <http://sofelektro.rs/kompenzacija-reaktivne-snage/?lang=sr>
- [84] Epprojekt, *Ušteda električne energije do 80%*, Kragujevac, Srbija. [На мрежи].
Доступно на линку: <http://www.e-projekt.co.rs/assets/files/Kompenzacija/USTEDA%20STRUJE%20new.pdf>
- [85] M. Kostić, *Izbor pravilno korišćenje motora (energetski menadžment motora)*, Elektrotehnički institut “Nikola Tesla”, Beograd, Srbija, 2011.
- [86] B. Dugošija, *Frekventni regulatori - prednosti korišćenja -*, Momentum doo, Sremska Mitrovica. [На мрежи]. Доступно на линку: <https://momentum-automation.com/>
- [87] S. Šamšalović, *Amonijak (NH₃) kao rashladni fluid*, KGH-klimatizacija grejanje hlađenje
- [88] D. Gordić, Predmet: energo-eko menadžment, Predavanja: br. 14, *Rashladni industrijski sistemi*, 2018.
- [89] D. Gordić, Predmet: energo-eko menadžment, Predavanja: br. 9, *Struja 2-EM, Komprimovani vazduh*, 2018.
- [90] A. Dedić, *Pneumatika i hidraulika u drвноj industriji*
- [91] D. Šešlija, *Komponente tehnoloških sistema, Deo 1: Pneumatske komponente i sistemi-skripta*, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2013.
- [92] T. Grbić, D. Banić, *Analiza održavanja kompresne stanice u grafičkom poduzeću*, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb, 2017.

[93] *Stanica za pranje (C.I.P) tip pr 212*, Pigo-R, Beograd, 1994. [На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.pigo-r.com/prospekti%20PDF/PR%20212%20-%20C.I.P%20pigo.pdf>

[94] *Optimisation of cleaning-in-place system*, EREK European Resource Efficiency Knowledge Centre, 2018. [На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.resourceefficient.eu/en/measure/optimisation-cleaning-place-systems>

[95] *Energy saving with CIP technologies*, Technology & business for development, ee publishers, 2016. [На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.ee.co.za/article/endresshauser-cip-technologies-saving-you-atleast-20-energy.html>

[96] *Energy Tips-Process Heating, Reduce Air Infiltration in Furnaces*, Industrial Technologies Program, Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, Washington, January 2006. [На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.nrel.gov/docs/fy06osti/38849.pdf>

[97] [На мрежи]. Доступно на линку: <https://wichitaburner.com/services-installation/boiler-services/boiler-preventative-maintenance/>

[98] [На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.explosionpower.ch/en/improved-boiler-efficiency-in-just-a-few-steps-for-large-industrial-boilers/>

[99] [На мрежи]. Доступно на линку: <https://forum.heatinghelp.com/discussion/160394/crack-in-boiler-cover>

[100] [На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.eurotherm.com/en/process-control-applications-en/boiler-blowdown-control/>

[101] [На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.ivdamprocess.com/novosti/kako-ustedeti-novac-na-postrojenjima-za-proizvodnju-industrijske-pare/>

[102] [На мрежи]. Доступно на линку: <https://www.plantengineering.com/articles/evaporate-steam-leak-losses/>

[103] [На мрежи]. Доступно на линку: <https://elmaks.rs/prodavnica/schneider-electric-ponuda/acti-9-ihp-1c-digitalni-vremenski-prekidac-24-sata-7-dana-3/>

[104] [На мрежи]. Доступно на линку: <https://electrical-engineering-portal.com/download-center/books-and-guides/automation-control/maintenance-induction-motors>

- [105] [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.clarkfowlerelectric.com/electric-motor-repair.html>
- [106] [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.directindustry.com/prod/entrematic-dynaco/product-13921-121181.html>
- [107] [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://appliancesparescentre.co.za/maintenance-tips-for-your-commercial-refrigeration/>,
- [108] [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.achrnews.com/articles/141366-how-to-clean-coils-and-make-more-money-while-doing-it>
- [109] [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.directindustry.com/prod/lu-ve-spa/product-15397-791149.html>
- [110] [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.achrnews.com/articles/130257-the-professor-foiling-frosted-evaporator-coils>,
- [111] [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.simmengineeringgroup.com/products/dryers>
- [112] [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.hoseassemblytips.com/6-tips-for-safe-and-effective-hose-maintenance/>
- [113] [На мрежи]. Доступно на линку:
https://www.shini.com/ep_edm/en/conect_1282.html
- [114] [На мрежи]. Доступно на линку:
https://www.shini.com/ep_edm/en/conect_1282.html
- [115] [На мрежи]. Доступно на линку:
https://www.youris.com/environment/water_quality/radar_exposing_water_leaks.kl
- [116] [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.lebedouin.com/en/company-profile/manufacturing/cleaning-and-sanitation/>
- [117] [На мрежи]. Доступно на линку:
<https://www.gea.com/en/products/cleaners-sterilizers/cip-sip/cip-for-pharma.jsp>
- [118] R. Grujić, A. Odošić, S. Grujić. *Zagađenja koja nastaju u prehrambenoj industriji*, Tehnološki fakultet Univerziteta u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Univerziteta u Tuzli, Tehnološki fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, 2012.
- [119] R. Grujić, M. Jašić, *Održive tehnologije u prehrambenoj industriji*, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik, Univerzitet u Tuzli, Tehnološki fakultet Tuzla, Bosna i Hercegovina

[120] [На мрежи]. Доступно на линку:

<http://www.sombor-gas.rs/karakteristike.htm>

[121] [На мрежи]. Доступно на линку:

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:-fUDGs8ZsjwJ:www2.masfak.ni.ac.rs/uploads/articles/www2_uvod_copy.pdf+&cd=1&hl=sr&ct=clnk&gl=rs

[122] [На мрежи]. Доступно на линку:

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:h-lhwiZk_l0J:www2.masfak.ni.ac.rs/uploads/articles/www2_vrsta_goriva.pdf+&cd=1&hl=sr&ct=clnk&gl=rs

[123] [На мрежи]. Доступно на линку:

<http://euromotus.rs/ulja-za-lozenje/>

[124] [На мрежи]. Доступно на линку:

https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:J1X9s1Mn_yUJ:https://dokumen.tip.s/documents/drvena-goriva-vrste-karakteristike-i-pogodnosti-za-.html+&cd=2&hl=sr&ct=clnk&gl=rs

[125] [На мрежи]. Доступно на линку:

<https://aleksandarv94.wordpress.com/zagadenje-vazduha-oksidima-sumpora/>

[126] Ž. Vuković, D. Regodić, *Prirodni rashladni fludi*, Univerzitet Singidunum, Beograd, 10. Međunaradni naučni skup Sinergija 2012, 2012.

ДОДАТАК 1. Укупан број активних млекара у Републици Србији, јун месец 2019. године:

БР.	МЛЕКАРА	ГРАД	ТИП ПРЕДУЗЕЋА	ПОСЛОВНИ ПРИХОДИ [€/ 2017 год]	ПОСЛОВНИ РАСХОДИ [€/ 2017 год]	ТРОШКОВИ ГОРИВА И ЕНЕРГИЈЕ [€/ 2017 год]	УДЕО ПОТРОШЊЕ ЕНЕРГИЈЕ У ОДНОСУ НА РАСХОДЕ [%]
1	АД ИМЛЕК Београд	Падинска скела	Велика	223,751,197	191,824,801	7,161,127	4%
2	СОМБОЛЕД	Сомбор	Велика	55,625,046	49,316,732	1,990,907	4%
3	АД МЛЕКАРА	Шабац	Средња	27,467,573	26,619,514	1,238,195	5%
4	ГРАНИЦЕ ДОО	Границе	Средња	13,376,398	11,618,217	637,489	5%
5	МЕГГЛЕ СРБИЈА ДОО	Крагујевац	Средња	23,523,703	23,435,883	459,008	2%
6	КУЧ ЦОМПАЛУ ДОО	Крагујевац	Средња	15,672,839	15,320,153	774,015	5%
7	МЛЕКОПРОДУКТ ДОО	Зрењанин	Средња	18,405,210	18,300,945	829,548	5%
8	МИЛКОП ДОО	Рашка	Средња	9,306,465	9,109,337	145,581	2%
9	МЛЕКАРА ДОО	Лесковац	Средња	7,079,649	7,501,242	414,254	6%
10	ЛАЗАР ДОО	Блаце	Средња	11,236,129	10,826,416	695,464	6%
11	ЕКО-МЛЕК ДОО	Каоник	Средња	10,991,404	10,445,891	413,904	4%
12	ЕКОФИЛ ДОО	Београд	Мала	7,180,253	6,861,389	61,943	1%
13	МЛЕКАРА-УБ ДОО	Уб	Средња	5,271,020	4,751,972	311,354	7%
14	МЛЕКАРА ДОО Панчево	Панчево	Мала	7,048,319	7,009,120	578,806	8%
15	ЦОМПАЛУ ББ ДОО	Житиште	Средња	11,822,437	11,446,094	253,584	2%
16	МАСТЕР МИЛК ДОО	Блаце	Мала	3,484,965	4,279,351	104,624	2%
17	МЛЕКАРА ГЛОЖАНЕ	Гложане	Мала	3,462,536	3,001,318	184,293	6%
18	ЈАСТРЕБАЧКИ ЕКО БИСЕРИ	Крушевац	Мала	3,039,159	2,995,847	156,095	5%
19	МИХАЈЛОВИЋ ДОО	Параћин	Мала	2,778,748	2,731,416	185,778	7%
20	МЛЕКАРА АД ЛОЗНИЦА	Лозница	Мала	4,409,186	4,245,103	311,260	7%
21	МЛЕКАРА МАЕСТРО	Сакуле	Мала	3,861,633	3,767,703	167,002	4%
22	МЛЕКАРА МОРАВИЦА	Ариље	Мала	2,366,483	2,200,718	179,394	8%

23	МИЛКИ ДОО	Краљево	Мала	2,352,290	2,348,927	74,898	3%
24	СПАСОЈЕВИЋ ДОО	Бајина баишта	Мала	4,318,388	4,198,667	128,000	3%
25	ЕКОМИЛ	Бачка паланка	Мала	1,007,236	991,583	62,071	6%
26	ЈТЛ ЗЛАТИБОРАЦ ДОО	Смедерево	Мала	1,277,888	1,240,337	46,521	4%
27	МАКСИ МЛЕК ДОО	Крушевац	Мала	968,327	1,011,417	39,711	4%
28	БЕНИ-КОМЕРЦ	Сјеница	Мала	944,772	732,162	36,493	5%
29	БИОИМЛЕК ДОО	Прибој	Мала	930,775	925,936	39,224	4%
30	СТАРА ПЛАНИНА	Стара Планина	Мала	1,210,372	1,192,723	86,693	7%
31	МЛИНПЕК-МИЛК ДОО	Гаџин Хан	Мала	964,273	889,605	124,108	14%
32	ДОМАЋА МЛЕКАРА	Маглић	Микро	4,051,063	3,904,971	271,609	7%
33	МОКРИН-МЛЕК	Мокрин	Микро	1,617,064	1,650,622	146,152	9%
34	ЛАВ	Сјеница	Микро	903,124	890,476	21,669	2%
35	БИО-МЛЕК	Тудуво	Микро	882,479	871,068	30,272	3%
36	КАЛЧА	Шишмановац	Микро	774,911	758,431	28,821	4%
37	СТОЧАР	Брус	Микро	772,214	771,232	28,607	4%
38	ЕКО МЛЕКАРА ПРЕРАДОВИЋ	Свилојево	Микро	718,438	704,450	42,041	6%
39	СЗТР МЛЕКАРА МАРККОВАЦ	Марковац	Микро	718,438	704,450	42,041	6%
40	МЛЕКОБЕЛ	Ново Милошево	Микро	698,792	744,528	45,216	6%
41	ЗЛАТИБОР БС ДОО	Београд	Микро	693,228	675,211	12,648	2%
42	ФАРМАД ДОО	Краљево	Микро	691,802	776,234	19,860	3%
43	БАРБЕШ	Доњи барбеш	Микро	651,716	639,973	58,478	9%
44	МЛЕКСИ	Клење	Микро	644,880	636,883	32,294	5%
45	КАЧАРЕВИЋ ДОО	Мионица	Микро	625,737	509,037	46,709	9%
46	АЛПЕН МИЛЦХ ДОО	Чуруг	Микро	601,900	600,552	56,669	9%
47	ФРИГО ЛОГО	Краљево	Микро	583,483	578,183	224,652	39%
48	ПЕШТЕРКА ДОО	Тутин	Микро	581,708	551,522	61,986	11%
49	ЗЗ ЗЕЛЕНИКА ПЛУС	Акмачићи	Микро	517,094	504,710	44,046	9%
50	ВЕЛИЧКОВИЋ	Сурдулица	Микро	506,545	503,285	30,400	6%
51	ПТР МЛЕКАРА РАИЧКОВИЋ	Руско Село	Микро	463,429	513,091	34,684	7%

52	БИЉАНА КРИН ДОО	<i>Рожанство</i>	<i>Микро</i>	410,191	391,902	34,513	9%
53	ДАБОМЛЕК	<i>Локве</i>	<i>Микро</i>	397,210	394,752	26,226	7%
54	КЛАС-АРСИЋ	<i>Поточац</i>	<i>Микро</i>	381,319	380,892	/	
55	МИН ДОО	<i>Косјерић</i>	<i>Микро</i>	350,049	346,703	58,324	17%
56	ТРИШКО-КОМЕРЦ ДОО	<i>Краљево</i>	<i>Микро</i>	331,922	329,421	10,019	3%
57	ФАСС ДОО	<i>Сјеница</i>	<i>Микро</i>	330,471	318,412	28,377	9%
58	КТБ-НС	<i>Метикош</i>	<i>Микро</i>	321,860	391,142	25,851	7%
59	ДИС ТОДОРОВИЋ ДОО	<i>Ражањ</i>	<i>Микро</i>	305,175	302,640	30,459	10%
60	ФРУШКОГОРСКА МЛЕКАРА ДОО	<i>Нови Сад</i>	<i>Микро</i>	297,818	288,311	5,351	2%
61	МЛЕКОПРОМ	<i>Београд</i>	<i>Микро</i>	296,990	290,086	17,137	6%
62	ФОНТАНА ДОО	<i>Букаревац</i>	<i>Микро</i>	258,713	239,246	9,004	4%
63	МЛЕКАРА-ГЛОЖАНЕ	<i>Гложане</i>	<i>Микро</i>	253,123	405,950	751	0%
64	Мала МЛЕКАРА	<i>Силбац</i>	<i>Микро</i>	246,774	289,198	14,312	5%
65	ДРАЧЈЕ ДОО	<i>Моклиште</i>	<i>Микро</i>	242,728	232,879	/	
66	КТБ МЕТИКОШ	<i>Краљево</i>	<i>Микро</i>	227,332	217,313	60,347	28%
67	СМП ЛАЧЕ ФАМИЛУ ДОО	<i>Параћин</i>	<i>Микро</i>	195,857	180,461	17,905	10%
68	ПЕРКОМ МЛЕКАРА ДОО	<i>Милановац</i>	<i>Микро</i>	169,016	232,000	1,553	1%
69	ДУБИЊЕ ПРОМ ДОО	<i>Сјеница</i>	<i>Микро</i>	137,567	124,688	4,395	4%
70	МАГНАТ-МИЛК ДОО	<i>Сјеница</i>	<i>Микро</i>	129,143	128,717	7,143	6%
71	МИЛ ФЕЈ ДОО	<i>Велико Градиште</i>	<i>Микро</i>	127,795	127,488	27,122	21%
72	ВЕЛС	<i>Велико Село</i>	<i>Микро</i>	116,197	115,386	10,173	9%
73	ХРАНКО ДО	<i>Жељуша</i>	<i>Микро</i>	101,944	115,283	3,576	3%
74	ДОДА	<i>Прешево</i>	<i>Микро</i>	49,406	47,682	3,047	6%
75	ФРИГОГАЛУМ ПРОДУКТ ДОО	<i>Јагодина</i>	<i>Микро</i>	44,166	41,384	/	
76	ПЕТРОВ ДОО	<i>Велико Средиште</i>	<i>Микро</i>	40,402	38,354	6,452	17%
77	МЛЕКАРА МЛАВА	<i>Мелница</i>	<i>Микро</i>	39,455	77,373	18,503	24%
78	ОПШТА ЗЕМЉОРАДНИЧКА ЗАДРУГА АЕЦКОП	<i>Сврљиг</i>	<i>Микро</i>	37,065	36,246	3,311	9%

79	ДАНИ ФРАНЦЕ ДОО	Лапово	Микро	15,481	14,858	1,203	8%
80	ЕКО МЛЕКАРИЦА	Бабушница	Микро	14,244	13,920	/	
81	САНЦАК-КОМЕРЦ ДОО	Сјеница	Микро	12,802	6,205	/	
82	АМФ ТРГОВИНА	Делимеђе	Микро	12,230	14,005	/	
83	ЗЛАТАРКА ДОО	Комарин	Микро	12,196	55,525	6,870	12%
84	МОЈЕ ДРАГАЧЕВО ДОО	Гуча	Микро	10,523	5,855	1,297	22%
85	МИЛК ДМД ДОО	Крушевац	Микро	3,414	7,946	/	
86	МИХАМЛЕК ДОО	Кучура	Микро	3,004	10,190	162	2%
87	МОЈА МЛАДОСТ ДОО	Краљево	Микро	2,876	6,367	/	
88	ПЛАНИНКА ДОО	Београд	Микро	2,321	5,462	/	
89	ШУМАДИЈА ДОО	Белановица	Микро	521	21,797	1,366	6%
90	АУРОРА ДОО	Сремска каменица	Микро	/	828	/	
91	СЗР МЛЕКАРА ДАНА	Мићуново	-	/	/	/	
92	БОМЛЕК ДОО	Кањижа	Микро	/	/	/	
93	БОРСКА МЛЕКАРА ДОО	Бор	Микро	/	7,749	/	
94	БРАСВЕТЕА ДОО	Ваљево	Микро	/	5,513	/	
95	ЦАПРИСЦО ДОО	Куцура	Микро	/	/	/	
96	ЦЕЗАР МИЛЦХ ДОО	Нови сад	-	/	/	/	
97	ДАММЛЕК ДОО	Кикинда	Микро	/	/	/	
98	ЗТР МУЗА	Деч	-	/	/	/	
99	НОРОСКА ДОО	Мале Пијаце	-	/	/	/	
100	ДРАГАЧЕВСКА КРАВИЦА ДОО	Пожега	-	/	/	/	
101	СЗР ДРАГАН ПАВЛОВИЋ	Пожега	-	/	/	/	
102	СЗР ДРАГАН УРОШЕВИЋ	Горњи Милановац	-	/	/	/	
103	ПР ПАНОНИКА	Мачвански Причиновац	-	/	/	/	
104	БРАЋА ОСМАНОВИЋ ДОО	Тутин	-	/	/	/	
105	БАЋИКИЋ ДОО	Бољевац	-	/	/	/	
106	МИСТОМЛЕК	Ниш	Микро	/	/	/	
107	МЛАВА МЛЕК	Петровац	Микро	/	/	/	

108	МЛЕКАРА АС	Стара пазова	Микро	/	27,541	/	
109	НАУНПЛАНТС ДОО	Панчево	Микро	/	606	/	
110	ПЕТИБО ДОО	Чукујевац	Микро	/	/	/	
111	ПАНМЛЕК ДОО	Панчево	Микро	/	/	/	
112	КУЋА ХРАНЕ ДОО ГУЧА	Лучани	Микро	/	/	/	
113	СЕНА МЛЕК ДОО	Сјеница	Микро	/	/	/	
114	АМСТЕРДАМ ИНТЕРНАЦИОНАЛ ДОО	Сомбор	-	/	/	/	
115	ГОРЊА ЈАБЛАНИЦА- МИЈАТОВИЋ ДОО	Београд	-	/	/	/	
116	КАЧЕРКА ДОО	Белановица	Микро	/	495	/	
117	МОЈСИЊСКО БЛАГО ДОО	Трубарево	-	/	/	/	
118	РАЗВИТАК ДОО	Бујановац	-	/	/	/	
119	БАНАТ МИЛК ДОО	Нови Бечеј	-	/	/	/	
120	ЕКО-ТЕАМ-ГРОУП ДОО	Босилеград	-	/	/	/	
121	ФЕРИЈА КОМЕРЦ ДОО	Каоник	-	/	/	/	
122	ФИМИЛК ПЛУС ДОО	Панчево	-	/	/	/	
123	ГРЕАТ ФЛЕДГЛИНГ ДОО	Суботица	-	/	/	/	
124	ХСМ ЗЛАТИБОР ДОО	Златибор	-	/	/	/	
125	ИНТЕГРАЛ В ДОО	Нова Варош	Микро	/	/	/	
126	ИВАН МИЛИЋ ПР	Котража	-	/	/	/	
127	Ј&М ДРАГАЧЕВСКА КРАВИЦА ДОО	Прилипац	Микро	/	/	/	
128	КРИВОВИРСКА МЛЕКАРА ДОО	Криви Вир	-	/	/	/	
129	ЗЛАТАРАЦ С	Амзићи	-	/	/	/	
130	СЗР МЛЕКМИЛ	Аранђеловац	-	/	/	/	
131	СЗР МИЛАН АНЂЕЛКОВИЋ	Звечан	-	/	/	/	
132	МИРКОВИЋ	Бабјић	-	/	/	/	
133	МИЛИЈА МИЈАЈЛОВИЋ ПР	Шаверане	-	/	/	/	

134	МЛЕКАРА ИЛИЋ-ПОЉАНИЦА	Власе	-	/	/	/	
135	ПТР ПРОМЛЕК ПРАЊАНИ	Прањани	-	/	/	/	
136	ПР АДЕЛФИ	Бериловац	-	/	/	/	
137	МИНИ МЛЕКАРА ГУЛМЛЕК	Стапар	-	/	/	/	
138	МЛАДЕНМЛЕКО ДОО	Зајечар	-	/	/	/	
139	МЛЕЧНИ ПУТ	Нови Сад	Микро	/	51	/	
140	ГАПИД ДОО	Пирот	Микро	/	6,614	/	
141	МАЧКОВ КАМЕН ДОО	Крупањ	Микро	/	/	/	
142	МЕЛИНГА ДОО	Добановци	-	/	/	/	
143	МИЛОЈЕВИЋ ПР	Крушевац	-	/	/	/	
144	РТАЊ ДОО	Бољевац	-	/	/	/	
145	МТБ ПЛУС ДОО	Београд	-	/	/	/	
146	КРЕМКО	Краљево	-	/	/	/	
147	СИРКО ПРОМ	Тутин	-	/	/	/	
148	ЋЕНДИЋ ИМПЕРИН ОД КУСОВАЦ	Кнић	Микро	/	/	/	
149	ПАЛМАС ФООДС ДОО	Београд	-	/	/	/	
150	ПАНОНСКА МЛЕКАРА ОД СОМБОР	Сомбор	Микро	/	9	/	
151	ПИК ПЕШТЕР МЛЕКАРА ДОО	Сјеница	Микро	/	53,067	/	
152	ИНТЕГРАЛ ЕКО ДОО	Нова Варош	Микро	/	/	/	
153	БАНИМ ДОО	Београд	-	/	/	/	
154	ЕКО ДОО	Бајина башта	Микро	/	/	/	
155	АБЕЛА ДОО	Београд	Микро	/	/	/	
156	ПРОБИОТИК МИЛК ДОО	Суботица	-	/	/	/	
157	НИЦА-ТОПЛИЧКА МЛЕКАРА ДОО	Бела Вода	-	/	/	/	
158	БРАЋА ВАСИЋ ДОО	Белотић	-	/	/	/	
159	СЈЕНИЧАНКА ДОО	Сјеница	-	/	/	/	

160	Р.С.А.Б. ДОО	Параћин	-	/	/	/	
161	АЦО ДОО	Вршац	-	/	/	/	
162	МЗ-ХОМОЉКА	Изварица	Микро	/	1,835	/	
163	И ВЛЕЗРИТ ДОО	Кончуљ	Микро	/	/	/	
164	ОНИХ СБ	Жабалъ	-	/	/	/	
165	ДОО ПЕКАНИ	Лубница	-	/	/	/	
166	МЛЕКАРА И СИРАНА ЈУЖНИ КУЧАЈ ДОО	Бољевац	Микро	/	/	/	
167	МЛЕКОПРОДУКТ ДОО	Шиљеговац	Микро	/	/	/	
168	МИАМИЛК ДОО	Кнић	-	/	/	/	
169	ЛАДАГА ДОО	Београд	-	/	/	/	
170	БЕТАС МЛЕК ДОО	Ниш	Микро	/	/	/	
171	ПИМЛЕК ПЛУС ДОО	Књажевац	-	/	/	/	
172	НИМЛЕК АЛФА ДОО	Калиновац	-	/	/	/	
173	СОФРА ТИМ ДОО	Приштина	-	/	/	/	
174	ВИХОР ДОО	Врање	-	/	/	/	
175	МЛЕКО-МЕС ДОО	Адрани	-	/	/	/	
176	ШАНАЦ ФАРУК	Сјеница	-	/	/	/	
177	СПР ИЉАЈДА-КЕФИР	Морани	-	/	/	/	
178	ЕКОМЛЕК	Двориште	-	/	/	/	
179	РАНКОВИЋ	Смедерево	-	/	/	/	
180	МЛЕКАРА ММ	Батовац	-	/	/	/	
181	МЛЕКС	Љиг	-	/	/	/	
182	ТОПЛИЧАНКА	Куришумлија	-	/	/	/	
183	РЕКОРДЕРКА	Сталаћ	-	/	/	/	
184	МЛЕКАРА КОРЗО	Сјеница	-	/	/	/	
185	СЕМБИ ДОО	Београд	-	/	/	/	
186	СЕМИЛК	Стара пазова	-	/	/	/	
187	БОКАЊА С	Горович	-	/	/	/	
188	СЗР МИЛЕНКОВИЋ	Кулпин	-	/	/	/	

189	СТАНАРИЦА	Љубовија	-	/	/	/	
190	ТИКВАРА	Бачка паланка	-	/	/	/	
191	7. ЈУЛИ	Подгорац	-	/	/	/	
192	СЗТР МИНИ МЛЕКАРА	Мале Пијаце	-	/	/	/	
193	ПРОФИЛ МБ ПЛУС ДОО	Сивац	-	/	/	/	
194	ВЕЛДАФ ТИМ ДОО	Београд	-	/	/	/	
195	ФАРМА БЕРБЕРСКИ	Зрењанин	-	/	/	/	
196	ЈОКА-Д	Сурдук	-	/	/	/	
197	ЕКСТРА	Пријеполје	-	/	/	/	
198	ЈЕРМЕНЧИЋ	Сокобања	-	/	/	/	
199	33 БЕРБЕШАНКА	Доњи барбеш	Микро	/	/	/	
200	ЕКОЛЕНД	Дуго Поље	-	/	/	/	
201	ПАНДИРАЛО	Мирановчка Кула	-	/	/	/	
202	33 РУДНО 07	Рудно	-	/	/	/	
203	ЕУРО-МИЛК	Обрва	-	/	/	/	
204	ЗЛАТИБОРСКЕ ДАРИ ДОО	Ужице	Микро	/	/	/	
205	ЗМИЈАНАЦ ДОО	Зајечар	-	/	/	/	
206	МИНИ МЛЕКАРА ТОМИЋ	Шашанци	-	/	/	/	
207	ЈЕ-ЛИ-ЦЕ	Кочино Село	Микро	/	/	/	
208	НИНО И АЛЕКС	Севце	-	/	/	/	

Класификација привредних друштава према критеријуму привредног саветника, јун 2019. године:

ВЕЛИЧИНА ПРАВНОГ ЛИЦА	ПРО. БР. ЗАПОСЛЕНИХ	ПОСЛОВНИ ПРИХОДИ	ПРО. ПОСЛ. ИМОВИНА
1	2	3	4
<i>Велика</i>	<i>изнад 250</i>	<i>изнад 35,000,000 €</i>	<i>изнад 17,500,000 €</i>
<i>Средња</i>	<i>од 50 до 250</i>	<i>од 8,800,000 до 35,000,000 €</i>	<i>од 4,400,000 до 17,500,000 €</i>
<i>Мала</i>	<i>од 10 до 50</i>	<i>од 700,000 до 8,800,000 €</i>	<i>од 350,000 до 4,400,000 €</i>
<i>Микро</i>	<i>испод 10</i>	<i>испод 700,000 €</i>	<i>испод 350,000 €</i>

Класификација млекара према величини правног лица (тип млекаре):

ТИП МЛЕКАРЕ	БРОЈ
<i>Велика</i>	<i>2</i>
<i>Средња</i>	<i>11</i>
<i>Мала</i>	<i>18</i>
<i>Микро</i>	<i>92</i>
<i>/</i>	<i>85</i>
<i>Укупно</i>	<i>208</i>

Додатак 2. Приказ анализираних млекара у САД, јун 2020. године:

МЛЕКАРА 1	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]	Потрошња топлотне енергије [€]
https://iac.university/assessment/UD0995	2019	Сир	38,270,000	43	6,000	6,350	476,809	166,153
Мере	1	2	3	4	5	6		
Уштеда [€/год.]	26,091	63,802	12,378	62,446	6,472	52,193		
Имплементација [€]	1,335	1,602	3,115	10,408	-	15,892		
Период отплате [год.]	0.6	0.3	3.0	2.0	-	3.7		
Годишња уштеда [%]	5.5%	38%	2.6%	38%	1.4%	11%		

МЛЕКАРА 2	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]	Потрошња топлотне енергије [€]
https://iac.university/assessment/IA0566	2016	Маслац	65,860,000	45	8,760	18,143	362,299	48,363
Мере	7	8	6	9	10	11		
Уштеда [€/год.]	45,700	41,535	241,752	20,997	13,713	6,323		
Имплементација [€]	5,984	4,539	50,533	174	890	62		
Период отплате [год.]	1.6	1.3	2.6	0.1	0.8	0.1		
Годишња уштеда [%]	12.6%	11.5%	66.7%	5.8%	28.4%	1.7%		

МЛЕКАРА 3	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]		Потрошња топлотне енергије [€]	
https://iac.university/assessment/WM0092	2016	Сир	53,400,000	53	8,736	17,000	289,053		176,277	
Мере	6	9	12							
Уштеда [€/год.]	233,241	33,322	11,791							
Имплементација [€]	4,450	1,264	334							
Период отплате [год.]	0.2	0.5	0.3							
Годишња уштеда [%]	80.7%	11.5%	4.1%							

МЛЕКАРА 4	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]		Потрошња топлотне енергије [€]	
https://iac.university/assessment/BS0070	2016	Млеко у праху	120,150,000	72	8,760	11,340	868,911		1,088,386	
Мере	2	12	13	14	15	6	16			
Уштеда [€/год.]	145,141	32,318	22,994	11,524	4,464	2,350	1,719			
Имплементација [€]	11,200	662	662	4,005	12	521	38			
Период отплате [год.]	0.9	0.2	0.3	4.2	0.0	2.7	0.27			
Годишња уштеда [%]	13.3%	3.7%	2.6%	1.3%	0.51%	0.27%	0.20%			

МЛЕКАРА 5 https://iac.university/assessment/SF0464	<i>Година процене</i>	<i>Врста производа</i>	<i>Приход од продаје [€]</i>	<i>Запослених</i>	<i>Број радних сати [h/год.]</i>	<i>Производња финалних производа [t/год.]</i>	<i>Потрошња електричне енергије [€]</i>	<i>Потрошња топлотне енергије [€]</i>
	2015	Сир	14,240,000	50	3,822	454	71,674	32,896
<i>Мере</i>	17	18	8					
<i>Уштеда [€/год.]</i>	9,441	85,483	66,344					
<i>Имплементација [€]</i>	-	1,885	2,525					
<i>Период отплате [год.]</i>	-	0.3	0.5					
<i>Годишња уштеда [%]</i>	28.7%	119.3%	92.6%					

МЛЕКАРА 6 https://iac.university/assessment/SF0464 4	<i>Година процене</i>	<i>Врста производа</i>	<i>Приход од продаје [€]</i>	<i>Запослених</i>	<i>Број радних сати [h/год.]</i>	<i>Производња финалних производа [t/год.]</i>	<i>Потрошња електричне енергије [€]</i>	<i>Потрошња топлотне енергије [€]</i>
	2014	Разни производи	89,000,000	400	7,200	14,464	364,661	520,767
<i>Мере</i>	19	20	3	6	21	10	22	12
<i>Уштеда [€/год.]</i>	344,921	292,910	218,481	210,877	161,759	142,834	37,166	1100
<i>Имплементација [€]</i>	35,244	2,383	13,893	41,353	1,371	21,449	1,574	27
<i>Период отплате [год.]</i>	1.2	0.1	0.8	2.4	0.1	1.8	0.51	0.3
<i>Годишња уштеда [%]</i>	66.2%	56.2%	59.9%	57.8%	31.1%	27%	7.1%	0.30%

МЛЕКАРА 7	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]		Потрошња топлотне енергије [€]	
https://iac.university/assessment/BS0037	2014	Сир и маслац	67,452,095	328	2,600	2	44,852		29,842	
Мере	4	6	23	24						
Уштеда [€/год.]	1,153	9,046	7,198	278						
Имплементација [€]	481	2,741	512	19						
Период отплате [год.]	5.0	3.5	0.9	0.8						
Годишња уштеда [%]	3.9%	20.2%	16.0%	0.9%						

МЛЕКАРА 8	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]		Потрошња топлотне енергије [€]	
https://iac.university/assessment/IA0516	2014	Млечне ароме	26,700,000	87	8,568	7,686	232,554		204,419	
Мере	7	11	9							
Уштеда [€/год.]	65,308	38,736	13,852							
Имплементација [€]	9,147	2,572	335							
Период отплате [год.]	1.7	0.6	0.3							
Годишња уштеда [%]	28.1%	16.7%	6.0%							

МЛЕКАРА 9 https://iac.university/assessment/MZ0112	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]		Потрошња топлотне енергије [€]	
	2013	Осушени м. Про.	14,685,000	121	6,000	1,560	454,738		166,438	
Мере	6	8	12	17						
Уштеда [€/год.]	91,592	68,534	15,112	512,640						
Имплементација [€]	12,691	2,670	-	2,020						
Период отплате [год.]	1.7	0.5	-	0.0						
Годишња уштеда [%]	20.1%	15.1%	3.3%	308.0%						

МЛЕКАРА 10 https://iac.university/assessment/SU0336	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]		Потрошња топлотне енергије [€]	
	2013	Органско млеко	681,925	5	2,912	953	894		1,431	
Мере	12	6								
Уштеда [€/год.]	331	2,670								
Имплементација [€]	-	11,396								
Период отплате [год.]	-	51.2								
Годишња уштеда [%]	37.0%	3.6%								

МЛЕКАРА 11	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]	Потрошња топлотне енергије [€]
https://iac.university/assessment/MZ0092	2012	Сладолед	182,450,000	243	8,232	26,837	381,344	259,673
Мере	2	10	25	9	11			
Уштеда [€/год.]	159,730	102,464	74,749	16,191	6,056			
Имплементација [€]	4,005	890	3,327	234	125			
Период отплате [год.]	0.3	0.1	0.5	0.2	0.2			
Годишња уштеда [%]	61.5%	39.5%	19.6%	4.2%	1.6%			

МЛЕКАРА 12	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]	Потрошња топлотне енергије [€]
https://iac.university/assessment/SF0407	2012	Сир и "whey"	80,100,000	98	8,616	23,587	602,243	322,061
Мере	20	9	4					
Уштеда [€/год.]	85,066	55,023	15,347					
Имплементација [€]	598	598	1,156					
Период отплате [год.]	0.1	0.1	0.9					
Годишња уштеда [%]	26.4%	9.1%	4.8%					

МЛЕКАРА 13	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]		Потрошња топлотне енергије [€]	
https://iac.university/assessment/SF0404	2011	Сир Моцарела	68,530,000	460	6,080	23,587	321,135		141,190	
Мере	9	18	8							
Уштеда [€/год.]	23,955	2,745	14,664							
Имплементација [€]	-	20	2,603							
Период отплате [год.]	-	0.1	2.1							
Годишња уштеда [%]	7.5%	0.9%	0.3%							

МЛЕКАРА 14	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]		Потрошња топлотне енергије [€]	
https://iac.university/assessment/BD0393	2011	Сир	8,900,000	130	6,264	4,082	275,839		289,518	
Мере	6	11	8							
Уштеда [€/год.]	152,596	2,147	1,655							
Имплементација [€]	95,230	9	267							
Период отплате [год.]	7.5	0.0	1.9							
Годишња уштеда [%]	55.3%	0.8%	0.6%							

МЛЕКАРА 15	<i>Година процене</i>	<i>Врста производа</i>	<i>Приход од продаје [€]</i>	<i>Запослених</i>	<i>Број радних сати [h/год.]</i>	<i>Производња финалних производа [t/год.]</i>	<i>Потрошња електричне енергије [€]</i>	<i>Потрошња топлотне енергије [€]</i>
https://iac.university/assessment/IA0377	2005	Сир-осушени	111,250,000	100	8,400	20,412	235,464	1,208,728
<i>Мере</i>	9	26	6	8	10	27	23	
<i>Уштеда [€/год.]</i>	17,900	20,837	47,419	42,314	35,799	21,232	92,916	
<i>Имплементација [€]</i>	153	71	5,763	1,926	890	4,450	213.6	
<i>Период отплате [год.]</i>	0.1	0.0	1.6	2.4	1.9	2.9	4.9	
<i>Годишња уштеда [%]</i>	7.6%	8.8%	20.1%	17.97%	3.0%	1.8%	0,39%	

МЛЕКАРА 16	<i>Година процене</i>	<i>Врста производа</i>	<i>Приход од продаје [€]</i>	<i>Запослених</i>	<i>Број радних сати [h/год.]</i>	<i>Производња финалних производа [t/год.]</i>	<i>Потрошња електричне енергије [€]</i>	<i>Потрошња топлотне енергије [€]</i>
https://iac.university/assessment/SU0220	2005	Протеини	88,110,000	115	8,760	11,023	327,165	775,873
<i>Мере</i>	28	29	30	9	2	26	6	
<i>Уштеда [€/год.]</i>	186,195	5,212	503,178	41,460	85,803	24,254	4,486	
<i>Имплементација [€]</i>	-	-	8,900	681	2,474	594	363	
<i>Период отплате [год.]</i>	-	-	0.2	0.2	0.3	0.3	1.0	
<i>Годишња уштеда [%]</i>	24.0%	1.6%	64.9%	12.7%	11.1%	7%	1.4%	

МЛЕКАРА 17	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]	Потрошња топлотне енергије [€]
https://iac.university/assessment/BD0289	2005	Осушени м. Про.	3,115,000	20	5,304	907	21,049	113,652
Мере	21	31	26	8	23	5	32	4
Уштеда [€/год.]	66,099	24,297	3,311	8,224	8,224	5,169	615,168	3364.2
Имплементација [€]	3,115	6,141	935	1,584	1,584	-	93,450	512.64
Период отплате [год.]	0.6	3.0	3.4	2.3	3.3	4.3	5.3	6.3
Годишња уштеда [%]	314.0%	9.6%	1.3%	0.6%	7.2%	25%	-	0.03%

МЛЕКАРА 18	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]	Потрошња топлотне енергије [€]
https://iac.university/assessment/OR0479	2005	Маслац	19,580,000	22	5,928	8,164	69,304	59,874
Мере	5	10						
Уштеда [€/год.]	210,930	71,663						
Имплементација [€]	89	712						
Период отплате [год.]	1%	12%						
Годишња уштеда [%]	304.4%	119.7%						

МЛЕКАРА 19	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]	Потрошња топлотне енергије [€]
https://iac.university/assessment/SU0184	2004	Млечни прои.	84,550,000	440	8,736	13,608	692,030	242,189
Мере	11	9	8	26	3	29	6	
Уштеда [€/год.]	106,608	81,093	37,145	94,796	60,011	26,486	44,055	
Имплементација [€]	-	890	511	2,300	2,145	1,780	14,012	
Период отплате [год.]	-	0.1	0.2	0.3	0.4	0.8	3.8	
Годишња уштеда [%]	15.4%	11.7%	5.4%	13.7%	8.7%	3.8%	6.4%	

МЛЕКАРА 20	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]	Потрошња топлотне енергије [€]
https://iac.university/assessment/IC0076	2004	Швајцарски сир	59,630,000	82	8,760	16,783	240,678	1,012,933
Мере	10	20	4	6	8	7	9	
Уштеда [€/год.]	144,436	22,780	3,695	66,846	55,194	24,147	30,118	
Имплементација [€]	43,945	2,403	655	11,965	7,060	5,037	890	
Период отплате [год.]	3.7	1.3	2.1	2.1	1.5	2.5	0.4	
Годишња уштеда [%]	14.3%	2.2%	0.36%	27.8%	22.9%	10.0%	12.5%	

МЛЕКАРА 21	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]	Потрошња топлотне енергије [€]
https://iac.university/assessment/OR0442	2003	Сир	57,850,000	60	5,616	19,294	334,951	261,495
<i>Мере</i>	7	33	11					
<i>Уштеда [€/год.]</i>	19,135	7,031	3,088					
<i>Имплементација [€]</i>	10,413	-	-					
<i>Период отплате [год.]</i>	0.5	-	-					
<i>Годишња уштеда [%]</i>	5.7%	2.1%	0.9%					

МЛЕКАРА 22	Година процене	Врста производа	Приход од продаје [€]	Запослених	Број радних сати [h/год.]	Производња финалних производа [t/год.]	Потрошња електричне енергије [€]	Потрошња топлотне енергије [€]
https://iac.university/assessment/IA0325	2003	Сир-осушени	53,400,000	60	7,488	454	312,918	553,356
<i>Мере</i>	10	30	9	11	6			
<i>Уштеда [€/год.]</i>	16,077	47,897	852	452	4,871			
<i>Имплементација [€]</i>	890	16,020	218	22	9,821			
<i>Период отплате [год.]</i>	0.1	0.3	0.3	0.0	2.0			
<i>Годишња уштеда [%]</i>	2.9%	8.7%	0.3%	0.1%	1.6%			

Приказ спроведених мера у анализираним млекарама, у САД:

Број мере	Спроведене мере	Број млекара	Период отплате [год.]	Уштеда [%]
6	Употреба ефикасних сијалица/баласта	13	2.7	28%
9	Елиминација цурења инертног гаса и компримованог ваздуха на водовима/вентилима	11	0.2	8%
8	Инсталација сензора присуства	9	1.4	19%
10	Анализа продуката сагоревања	7	1.2	39%
11	Елиминација или редуковање употребе компримованог ваздуха	7	1.8	8%
4	Инсталација/поправка изолације на пароводима	5	3.3	10%
12	Употреба ефикасних каишева ЕМ	5	0.3	10%
2	Поправка или замена одвајача кондензата	4	0.5	31%
7	Употреба високо ефикасних ЕМ	4	1.6	30%
26	Инсталација компресора на хладним местима	4	1.0	8%
3	Оптимизација фактора снаге	3	1.4	24%
5	Искључивање опреме ван радног времена	3	2.2	110%
20	Поправка и елиминација цурења паре	3	0.5	28%
17	Редукција вишка ваздуха током сагоревања	2	0.1	169%
18	Редукција илуминације/осветљење на минимум	2	0.2	60%
21	Опоравак топлоте са опреме	2	0.3	173%
29	Употреба синтетичких уља (компресори)	2	0.8	3%
30	Употреба економајзера за загревање воде	2	0.3	85%
1	Употреба фреквентних регулатора ЕМ	1	0.6	5%
13	Плаћање рачуна на време	1	0.3	3%
14	Правилан распоред одржавања опреме	1	4.2	1%

15	Редукција употребе клима уређаја	1	-	1%
16	Смањење инфилтрације топлог ваздуха у просторије хладног складиштења	1	0.3	1%
19	Предгревање ваздуха за сагоревање отпадног топлотом	1	1.2	66.0%
22	Изолација резервоара напојне воде	1	0.5	7%
23	Инсталација рол врата/гумених трака/аутоматских врата	1	0.9	21%
24	Изолација уређа за транспорт хладних и топлих флуида	1	0.8	1%
25	Изолација опреме	1	0.5	20%
27	Употреба топлог ваздуха за процес сагоревања	1	2.9	2%
28	Редовно чишћење котловских цеви	1	-	24%
31	Замена постојећих "HVAC" система ефикаснијим	1	3.0	10%
32	Инсталација аутоматских пакерица	1	5.3	
33	Рад система за хлађење на нижим притисцима	1	-	25%